

Общий каталог

SKF





Марка SKF® сегодня охватывает много больше продуктов и услуг, чем когда-либо ранее, и предоставляет больше возможностей для заказчиков.

Сохраняя лидерство в области производства подшипников, эталонное качество которых признано во всем мире, SKF открывает новые перспективы технического прогресса, продукции и сервиса, превращаясь в поставщика реальных решений реальных проблем, позволяющих клиентам достигнуть большей прибыльности своих предприятий.

Эти решения включают в себя методы повышения продуктивности не только за счет применения инновационных изделий, удовлетворяющих конкретным требованиям заказчика, но и за счет использования передовых компьютерных технологий имитационного моделирования, предоставления консультационных услуг, реализации программ оптимизации производственных активов и самой совершенной в отрасли технологии управления снабжением.

SKF – это по-прежнему самые лучшие подшипники качения, но теперь еще и многое другое.

SKF – компания инженерных решений

Общие сведения

Предисловие	5
SKF – компания инженерных решений	10
Содержание.....	14

Мера	Единица	Перевод			
Длина	дюйм	1 мм	0,03937 дюйма	1 дюйм	25,40 мм
	фут	1 м	3,281 футов	1 фут	0,3048 м
	ярд	1 м	1,094 ярда	1 ярд	0,9144 м
	миля	1км	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.футов	1 кв.фут	0,0929 м ²
Объем	куб. дюйм	1 см ³	0,061 куб.дюйма	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 ам. галлона	1 ам. галлон	3,7854 л
Скорость	фут/с	1м/с	3,28 фут/с	1 фут/с	0,30480 м/с
	миль/час	1 км/час	0,6214 миль/час	1 миль/час	1,609 км/час
Масса	унция	1 г	0,03527 унции	1 унция	28,350 г
	фунт	1 кг	2,205 фунта	1фунт	0,45359 кг
	короткая тонна	1 тонна	1,1023 кор.тонны	1 кор.тонна	0,90719 тонна
	длинная тонна	1 тонна	0,9842 дл.тонны	1 дл.тонна	1,0161 тонна
Плотность	фунт/куб.дюйм	1 г/см ³	0,0361 фунт/куб дюйм	1 фунт/куб. дюйм	27,680 г/см ³
Сила	-сила	1 Н	0,225 фунт-силы	1 -сила	4,4482 Н
Давление, напряжение	фунт/кв.дюйм	1 МП	145 фунт/кв. дюйм	1 фунт/кв. дюйм	$6,8948 \times 10^3$ Па
Момент	фунт-сила-дюйм	1Нм	8,85 фунт-сила- дюйм	1 фунт-сила- дюйм	0,113 Нм
Мощность	фут-фунт/с	1 Вт	0,7376 фут-фунт/с	1 фут-фунт/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	$t_F = 1,8 t_C + 32$

Предисловие

Предыдущее издание Общего каталога SKF впервые увидело свет в 1989 году. С тех пор оно было переведено на 16 языков и разошлось по всему миру общим тиражом более 1 миллиона экземпляров. Представленная в последнем издании каталога «новая теория ресурса SKF» стала одним из основных технических стандартов. Столь широкое применение и профессиональное признание позволяет говорить об авторитетности Общего каталога SKF в масштабе всей отрасли.

Впоследствии Общий каталог был переведен в электронный формат, что способствовало повышению его доступности и удобства пользования. Его электронная версия под названием «Интерактивный инженерный каталог» имеется на CD, а также доступна на интернет-сайте www.skf.com.

Настоящее новое издание Общего каталога также выходит в электронном и печатном форматах и содержит множество исправлений, дополнений и изменений, призванных повысить ценность изложенной в нем информации.

В настоящем предисловии представлены основные разделы каталога, посвященные как теоретическим вопросам, так и техническим характеристикам продукции, а также другая информация, касающаяся важности понимания общих возможностей SKF.

Общий каталог: краткие сведения

Новое издание Общего каталога SKF содержит данные практически по всем стандартным подшипникам качения и принадлежностям, которые требуются как производителям промышленного оборудования, так и потребителям для ремонтных нужд. Для поддержания высочайшего уровня сервиса, SKF стремится к тому, чтобы стандартный ассортимент удовлетворял требованиям большинства потребителей, а

продукцию SKF можно было приобрести в любой стране.

Содержащиеся в настоящем каталоге данные отражают уровень развития техники и производственный потенциал SKF по состоянию на начало 2006 года. Эти данные могут отличаться от представленных в более ранних изданиях каталога из-за изменения конструкции изделий, совершенствования технологий и методов расчета.

В целях постоянного улучшения качества изделий SKF оставляет за собой право вносить необходимые изменения в материалы, конструкцию и методы производства, а также изменения, обусловленные совершенствованием технологии.

Единицы измерения, используемые в настоящем каталоге, соответствуют стандарту ISO (Международная организация по стандартизации) 1000:1992 и Международной системе единиц СИ.

Теоретическая часть – принципы выбора и применения подшипников

Теоретическая часть охватывает основы подшипниковой техники, знание которых необходимо для конструирования подшипникового узла. Разделы расположены в порядке, соответствующем обычной последовательности работы инженера-конструктора.

Важные новшества в теоретической части

- Новая модель расчета трения подшипников качения.
- Уточненные величины номинальных частот вращения в зависимости от допустимых рабочих температур на основе новой модели трения.

Предисловие

- Новая модель расчета требуемой вязкости смазочного материала.
- Новый метод расчета срока службы смазочного материала, а также оптимальных интервалов смазывания подшипников пластичной смазкой.
- Материалы, представленные в различных разделах теоретической части каталога, приводятся с учетом развития техники и накопленного в последние годы опыта практического применения подшипников.
- Технический сервис SKF, предоставляемый для отдельных подшипников, машины или даже целого предприятия – от выбора подшипника и производства расчетов до монтажа, мониторинга и техобслуживания – представлен в разделе «Оптимизация производственных активов».

Техническая часть – обозначения, описание и технические характеристики подшипников

Таблицы подшипников содержат все технические данные, необходимые для их выбора в зависимости от условий применения. Информация, относящаяся к отдельным типам подшипников, представленных в каталоге, изложена перед соответствующими таблицами подшипников.

Заметные новшества в технической части

Впервые представлена продукция:

- подшипниковые узлы ICOS®
- радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали
- сферические роликоподшипники с уплотнениями
- торOIDальные роликоподшипники CARB®
- гибридные радиальные шарикоподшипники
- подшипники INSOCoAT®
- высокотемпературные шарикоподшипники и подшипниковые узлы типа Y
- подшипники NoWear®
- подшипники с антифрикционным заполнителем Solid Oil.

Исследования показали, что такие факторы, как монтаж, смазывание и техобслуживание, оказывают существенно большее влияние на

ресурс подшипника, чем предполагалось ранее. По этой причине были включены следующие материалы:

- изделия SKF для технического обслуживания и смазывания
- приборы и системы SKF для мониторинга состояния машин.

Некоторые нововведения заслуживают особого упоминания, т.к. они предоставляют важные преимущества, обеспечивающие улучшение рабочих характеристик или повышение производительности.

Так, например, совершенствование конструкции некоторых изделий позволяет создавать более компактные машины без ухудшения, а иногда даже с улучшением рабочих характеристик. Уменьшение размеров также предполагает снижение веса, а значит, влечет за собой снижение трения, рабочих температур, расхода смазочных материалов и потребления энергии, что, в результате, дает большую экономию и прибыльность.

С целью повышения удобства нахождения данных по различной продукции во всем объеме информации каталога, эти изделия представлены под следующими названиями:

- подшипники SKF Explorer – новый класс подшипников с улучшенными характеристиками
- подшипники, оптимизированные под конкретные условия эксплуатации, – стандартные подшипники, модифицированные для работы в особых условиях
- мехатронные узлы – комбинации подшипников и электронных датчиков.

Эти инновационные изделия являются важнейшими новыми продуктами, представленными в настоящем каталоге. Для удобства пользователя ниже приведено краткое описание этих продуктов.

Подшипники SKF Explorer – новый класс подшипников с улучшенными характеристиками

Подшипники SKF Explorer – это новый класс радиальных и радиально-упорных шарикоподшипников, цилиндрических роликоподшипников, сферических роликоподшипников,

тороидальных роликоподшипников CARB и сферических упорных роликоподшипников, обеспечивающий значительное улучшение ключевых рабочих параметров. Этот новый и непревзойденный уровень характеристик подшипников был достигнут SKF благодаря глубоким знаниям в области применения подшипников в сочетании с накопленным опытом трибологических исследований, совершенствования материалов, оптимизации процессов конструирования и производства.

Используя передовые технологии анализа и моделирования и проведя серию подтверждающих испытаний, инженеры SKF сумели доказать, что подшипники SKF Explorer обеспечивают значительное улучшение главных рабочих параметров. В зависимости от типа подшипника и области его применения, эти параметры включают уровень шума, вибрацию, срок службы, стабильность размеров, динамическую грузоподъемность и тепловыделение (момент трения). Поскольку эти параметры недостаточно учтены в стандартизованных методах расчета, расчет ресурса подшипников SKF Explorer производится с использованием модифицированных коэффициентов.

По размерам подшипники SKF Explorer взаимозаменяемы с вышеуказанными типами стандартных подшипников. Для их идентификации в таблицах подшипников они обозначены звездочкой (*), расположенной непосредственно перед обозначением подшипника.

Создание подшипников SKF Explorer

Достижение исключительно высоких рабочих характеристик подшипников SKF Explorer стало возможным только благодаря инновационной разработке изделий и дальнейшему совершенствованию производства подшипников, обеспечивающему строгое соответствие техническим нормам. Исследовав взаимодействие между всеми деталями подшипника, инженеры SKF добились увеличения эффективности смазывания и уменьшения трения, износа и воздействия загрязнений. Для этого международная научно-исследовательская группа исследовала каждую деталь на микроуровне, а затем разработала новые технологии производства изделий, соответствующих новому стандарту качества.

Подшипники SKF Explorer отличаются целым рядом технических новшеств, некоторые из которых перечислены ниже:

- Улучшенная подшипниковая сталь.
Подшипники SKF Explorer производятся из исключительно чистой и однородной стали с минимальным содержанием примесей. Т.к. по степени чистоты эта улучшенная сталь выходит за пределы существующей классификации, SKF разработала новые методы расчета, учитывающие этот фактор.

- Уникальная технология термообработки SKF
Для максимального использования преимуществ сверхчистой стали инженеры SKF разработали и внедрили уникальные технологии термообработки стали, позволяющие оптимизировать устойчивость подшипника к эксплуатационным повреждениям без ущерба его термостабилизации. Показатель износостойкости вырос настолько, что инженеры SKF не смогли составить точный прогноз долговечности при помощи существующих методов расчета с использованием старых коэффициентов.

- Повышение качества обработки поверхностей. Обработка всех контактирующих поверхностей (тел качения и дорожек качения) была усовершенствована с целью повышения эффективности смазывания и снижения уровня шума и вибрации. Это способствовало созданию подшипников и подшипниковых узлов, включая уплотнения, которые отличаются плавностью вращения, меньшей рабочей температурой, требуют меньше смазки и технического обслуживания.

Радиальные шарикоподшипники и конические роликоподшипники

Со времени выхода в свет предыдущего Общего каталога в конструкцию радиальных шарикоподшипников и конических роликоподшипников было внесено много изменений, улучшающих их рабочие характеристики. В соответствии с производственной стратегией SKF эти усовершенствования были в достаточной степени реализованы в конструкции некоторых типоразмеров подшипников, которые получили сертификацию класса подшипников SKF Explorer. Эти типоразмеры радиальных шарикоподшипников снабжены улучшенными уплотнениями, характеризующимися повышенной точностью и качеством обработанных поверхностей, отличающимися пониженным уровнем шума и вибрации, а также повышенной точностью вращения. Аналогичным образом для

многих типоразмеров конических роликоподшипников производится более тщательная обработка поверхностей для улучшения смазывания. Их отличает значительно меньший уровень шума и вибрации, а использование сверхчистых сталей в сочетании с улучшенной термообработкой значительно увеличивает их ресурс. Поскольку все эти параметры недостаточно учтены в стандартизованных уравнениях, расчет ресурса таких типоразмеров радиальных шарикоподшипников и конических роликоподшипников производится с использованием модифицированных коэффициентов – так же, как и для подшипников класса SKF Explorer.

Подшипники, оптимизированные под конкретные условия эксплуатации

Эти подшипники имеют стандартные размеры, однако отличаются некоторыми особенностями, благодаря которым они могут работать в особых условиях. При правильном применении они могут полностью заменить дорогостоящие подшипники, изготавливаемые на заказ. Кроме того, они позволяют уменьшить время простоя оборудования, поскольку, как правило, поставляются со склада. Эта группа подшипников SKF включает:

- Гибридные радиальные шарикоподшипники с керамическими шариками и кольцами из подшипниковой стали. Эти подшипники хорошо работают в условиях аварийных ситуаций и могут эксплуатироваться в экстремальных условиях и при высоких частотах вращения. Присущие им электроизолирующие свойства делают их особенно пригодными для работы в электродвигателях и электроинструментах.
- Подшипники INSOCAOT, с электроизолирующими покрытием из оксида алюминия на посадочных поверхностях внутреннего и наружного колец. Эти подшипники могут использоваться в сложных электрических машинах, а также в качестве замены обычных подшипников в действующих машинах и оборудовании.
- Подшипники и подшипниковые узлы для экстремальных температур. Диапазон их рабочих температур от -150 до $+350$ °C, благодаря чему они являются идеальным выбором для печных вагонеток, печных рольгангов хлебозаводов и холодильных установок.

- Подшипники NoWear имеют специальное покрытие, позволяющее им работать в тяжелых условиях, включая отсутствие или недостаточность нагрузки и плохое смазывание и попадание загрязнений.
- Подшипники с антифрикционным наполнителем Solid Oil применяются в тех случаях, когда использование обычных способов смазывания пластичной смазкой или маслом неэффективно или нецелесообразно с практической точки зрения.

Мехатронные узлы – подшипники со встроенными датчиками

Мехатронные подшипниковые узлы SKF могут использоваться для мониторинга или управления механизмами. В настоящем каталоге представлен краткий обзор мехатронных узлов и разработок SKF, которые хорошо зарекомендовали себя в автомобильной и других отраслях промышленности. Более подробную информацию о мехатронных изделиях и возможностях их применения можно получить в ближайшем представительстве SKF.

Сведения о подшипниках со встроенными датчиками, входящих в стандартную номенклатуру изделий SKF, а также их технические данные, можно найти в соответствующем разделе технической части каталога.

Прочие изделия SKF

В данном разделе приведено краткое описание всех подшипников качения, подшипников скольжения, уплотнений и т.д., не перечисленных в технической части каталога. При наличии дополнительной информации, дается ссылка на соответствующий электронный/печатный источник SKF.

Системные решения SKF

В основу разработки эффективных системных решений была положена обширная база знаний SKF в области применения подшипников и предъявляемых к ним высоким требованиям.

Некоторые из этих решений не связаны с подшипниками. Это четко выражает стремление SKF выйти за рамки традиционного применения подшипников и сделать шаг в сторону использования других технологий из области мехатроники и электроники. Вот некоторые из наиболее

важных системных решений, предлагаемых SKF в настоящее время:

- Copperhead для вибромашин
- ConRo для машин непрерывного литья заготовок
- решения для бумагоделательных машин
- решения для печатных машин
- решения для автомобильных трансмиссий
- решения для рельсовых транспортных средств
- решения для ветроэнергетики

Другие каталоги SKF

Несмотря на то, что Общий каталог содержит более 1 100 стр. информации об изделиях SKF, он не дает исчерпывающего представления о полном ассортименте продукции, выпускаемой компанией SKF. Подробная информация о многих других изделиях SKF, которые не приведены в настоящем каталоге, имеется в следующих печатных каталогах:

- игольчатые подшипники
- прецизионные подшипники
- подшипники и подшипниковые узлы типа Y
- шарирные подшипники и головки штоков
- принадлежности подшипников
- корпуса подшипников
- уплотнения

Краткое описание этих изделий можно найти в разделе «Прочие изделия SKF» на стр. 1081, или на интернет-сайте www.skf.com.

Информацию о широком ассортименте подшипниковых изделий для линейного перемещения, шариковых и роликовых винтах и приводных механизмах линейного перемещения можно найти в отдельном каталоге SKF «Системы линейного перемещения», который можно получить в ближайшем представительстве SKF или на интернет-сайте linarmotion.skf.com

Интерактивный инженерный каталог SKF

Этот каталог SKF имеется в электронном формате на на интернет-сайте www.skf.com.

Интерактивный инженерный каталог SKF содержит исчерпывающую информацию о следующих изделиях SKF:

- подшипники качения, включая принадлежности
- подшипниковые узлы
- корпуса подшипников
- подшипники скольжения
- уплотнения

Электронный формат каталога обеспечивает быстрый поиск требуемой информации, а также возможность расчета таких критических конструктивных параметров, как,

- номинальный и модифицированный ресурс (L_{10} и L_{nm})
- требуемая вязкость смазочного материала
- эквивалентная нагрузка на подшипник
- минимальная нагрузка на подшипник
- динамическая осевая грузоподъемность цилиндрических роликоподшипников
- трение
- частоты подшипников
- ресурс смазочного материала уплотненных подшипников
- осевое смещение в подшипниках CARB
- допуски и посадки вала
- допуски и посадки отверстия корпуса

Кроме того, с интернет-сайта могут быть загружены двух- и трехмерные чертежи изделий в 50 форматах CAD.

SKF – лучший поставщик

Общий каталог SKF – при всем объеме имеющейся в нем информации – лишь один из многих предоставляемых ресурсов, которыми пользуются наши клиенты. Существует также много других дополнительных преимуществ, которые делают выбор в пользу SKF выгодным вложением средств, а именно:

- упрощенная процедура выбора подшипника
- возможность поставки в любую страну
- политика постоянного обновления продукции
- современные технические решения
- обширные инженерно-технические знания практически во всех отраслях промышленности.

SKF – компания инженерных решений

Компания SKF 100 лет назад изобрела самоустанавливающийся подшипник и в процессе своего развития превратилась в компанию инженерных решений, использующую уникальный потенциал знаний, накопленный в пяти областях, с целью создания уникальных решений для своих клиентов. Эти пять областей охватывают не только подшипники, подшипниковые узлы и уплотнения, но и смазочные материалы и системы смазывания, критичные для обеспечения долговременной работы подшипников; мехатронные узлы, интегрирующие знания в области механики и электроники в более эффективные системы линейного перемещения и подшипники с встроенными датчиками; а также широкий спектр услуг – от проектирования и управления запасами до мониторинга состояния оборудования и создания систем надежности.

Несмотря на расширение сферы деятельности, SKF продолжает сохранять мировое лидерство в области разработки, производства и маркетинга подшипников качения, а также сопутствующих изделий, например, манжетных уплотнений. Кроме того, SKF удерживает прочные позиции на расширяющемся рынке систем линейного перемещения, прецизионных подшипников для аэрокосмической

отрасли, шпинделей для станков и услуг по техническому обслуживанию промышленного оборудования.

Группа SKF получила сертификат ISO 14001, международный стандарт по охране и рациональному использованию окружающей среды, а также OHSAS 18001, стандарт по здравоохранению и мерам безопасности. Отдельные службы получили сертификат качества в соответствии с ISO 9000 и QS 9000.

Имея в своем составе около 100 предприятий и торговых компаний в 70 странах мира, SKF является крупнейшей международной компанией. Кроме того, 15 000 тысяч наших дистрибуторов и дилеров, офисы по всему миру, а также сеть интернет-магазинов и глобальная торговая сеть способствуют максимальной доступности изделий и услуг SKF. По сути технические решения SKF доступны в любое время и в любом месте. Сегодня престиж марки SKF как никогда высок, что неудивительно – ведь за ней стоит компания инженерных решений, готовая представить изделия мирового класса и интеллектуальные ресурсы, а также разработать индивидуальную программу для достижения успеха.





© Airbus – photo: e'm company, H. Gouss

Развитие мехатронных технологий

SKF обладает уникальным опытом в области быстро развивающихся мехатронных технологий – от создания мехатронных приводных модулей для авиационной и автомобильной отраслей до модулей движения рабочих органов автопогрузчиков. SKF первой использовала мехатронные технологии для создания авиационных приводов и тесно сотрудничает со всеми крупнейшими аэрокосмическими компаниями. Например, практически все самолеты типа Airbus снабжены разработанными SKF мехатронными системами управления полетом.

SKF также является лидером в области мехатронных технологий для автомобильной отрасли и принимала участие в разработке мехатронных систем управления и тормозов для двух концепт-каров. Дальнейшее развитие мехатронной технологии привело к созданию полностью электрического автопогрузчика, для которого SKF разработала мехатронные узлы, заменившие гидравлические приводы всех органов управления погрузчика.





Обуздание энергии ветра

Развитие ветроэнергетики обеспечивает доступ к экологически чистому источнику электроэнергии. SKF тесно сотрудничает с мировыми лидерами в области производства ветроэнергетических установок, разрабатывая высокопроизводительные и надежные турбины и поставляя специальные подшипники и системы мониторинга состояния, позволяющие увеличить срок службы оборудования ветроэнергетических установок, работающих в отдаленных и труднодоступных местах.



Новое «средство от простуды»

В условиях суровых зим, особенно в северных странах, низкие температуры приводят к заклиниванию буксовых подшипников в результате смазочного голодания. SKF разработала новое семейство синтетических смазочных материалов, состав которых сохраняет требуемую вязкость даже при этих экстремальных для подшипников температурах. Знания SKF позволяют производителям и конечным пользователям преодолеть эксплуатационные проблемы, вызываемые экстремально низкими или высокими температурами. Например, изделия SKF работают в различных условиях окружающей среды – от хлебопекарных печей до холодильных камер быстрого замораживания.



Пылесос-«чистюля»

Электродвигатель и его подшипники являются сердцем многих электробытовых приборов. SKF в тесном контакте с производителями бытовой техники работает над улучшением технических характеристик приборов, снижением их себестоимости, уменьшением веса и энергопотребления. Одним из результатов такого сотрудничества являются пылесосы нового поколения с повышенной мощностью всасывания. Знания SKF в области технологии малых подшипников также используются производителями электроинструментов и офисного оборудования.



Лаборатория на скорости 320 км/час

Наряду со всемирно известными исследовательскими центрами SKF в Европе и США гонки Формулы 1 создают уникальные условия для совершенствования технологии подшипников. Вот уже более 50 лет изделия, технологии и знания SKF помогают команде Scuderia Ferrari оставаться грозной силой в гонках F1 (в гоночном автомобиле Ferrari в среднем используется более 150 деталей, изготовленных SKF). Полученные при этом знания и опыт мы воплощаем в изделиях, которые поставляем автомобильным компаниям и на рынок запчастей по всему миру.



Оптимизация эффективности производственных активов

Через свое специальное подразделение SKF Reliability Systems компания SKF предлагает широкий выбор комплексных услуг по оптимизации производственных активов – от оборудования и программного обеспечения для мониторинга состояния до разработки стратегии техобслуживания и оказания инженерного содействия в целях повышения надежности оборудования. В целях повышения эффективности и производительности некоторые промышленные предприятия выбрали интегрированное решение по внедрению системы техобслуживания, согласно которому SKF выполняет весь комплекс работ на основании подрядного контракта с фиксированной стоимостью.



Планирование устойчивого роста

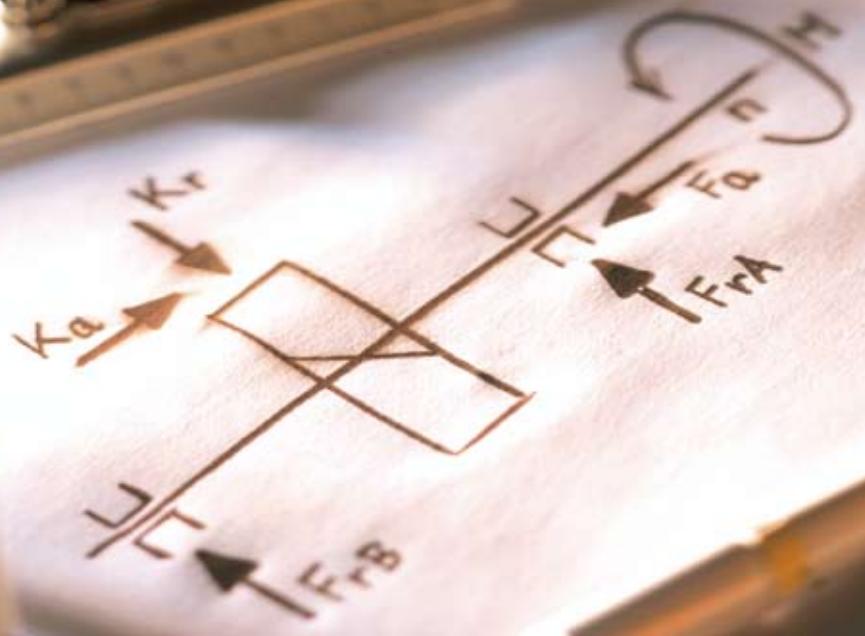
По самой своей природе подшипники вносят позитивный вклад в охрану окружающей среды. Уменьшение трения увеличивает КПД машин, делая их более экономичными с точки зрения потребления энергии и смазочных материалов. SKF постоянно повышает планку качества своей продукции, способствуя появлению нового поколения высокоеффективных изделий и оборудования. Заботясь о будущем, SKF планирует и реализует свою глобальную политику и производственные технологии таким образом, чтобы помочь защитить и сохранить невосполнимые природные ресурсы Земли. Мы продолжаем политику устойчивого роста, не забывая об ответственности за сохранение окружающей среды.

Содержание

Принципы выбора и применения подшипников

Терминология подшипников	20
Типы подшипников	23
Выбор типа подшипника.....	33
Пространство для подшипника	35
Нагрузки	37
Перекос.....	40
Точность.....	40
Скорость	42
Малошумное вращение.....	42
Жесткость.....	42
Осьевое смещение.....	43
Монтаж и демонтаж.....	44
Встроенные уплотнения.....	45
Матрица: Тип подшипника – конструкция и характеристики.....	46
Выбор размера подшипника	49
Системный подход и надежность подшипника	50
Грузоподъемность и ресурс	51
Выбор размера подшипника по формулам ресурса	52
Динамические нагрузки на подшипник	73
Выбор размера подшипника по статической грузоподъемности	76
Примеры расчетов	78
Расчетные средства SKF	82
Инженерный консалтинг SKF	84
Ресурсные испытания SKF	85
Трение	87
Оценка момента трения.....	88
Уточненный расчет момента трения.....	88
Новая модель SKF для расчета момента трения	89
Фрикционные характеристики гибридных подшипников	102
Пусковой крутящий момент.....	103
Потери мощности и температура подшипника	103
Примеры расчетов	104
Скорости и вибрация.....	107
Номинальные частоты вращения	108
Предельные частоты вращения	114
Особые случаи.....	114
Возникновение вибрации в подшипнике	115
Влияние подшипника на вибрацию машины.....	115
Подшипники – общие сведения	117
Размеры.....	118

Допуски	120
Внутренний зазор подшипника.....	137
Материалы подшипников качения	138
Сепараторы.....	144
Обозначения подшипников	147
Применение подшипников	159
Подшипниковые узлы	160
Радиальная фиксация подшипников	164
Осевая фиксация подшипников	199
Конструкция сопряженных деталей	204
Предварительный натяг подшипников	206
Узлы уплотнений	218
Смазывание	229
Смазывание пластичной смазкой	231
Пластичные смазки.....	231
Пластичные смазки SKF	236
Повторное смазывание	237
Процедуры повторного смазывания	242
Смазывание маслом	248
Монтаж и демонтаж	257
Общая информация.....	258
Монтаж	261
Демонтаж.....	268
Хранение подшипников	273
Ревизия и очистка	273
Надежность и сервис	275
Интегрированная платформа.....	276
Концепция «Оптимизации производственных активов»	276
Технологические и сервисные решения SKF	277
Диагностические приборы	280
Технические данные	
Радиальные шарикоподшипники	287
Радиально-упорные шарикоподшипники	405
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники.....	469
Цилиндрические роликоподшипники	503
Конические роликоподшипники.....	601
Сферические роликоподшипники.....	695
Тороидальные роликоподшипники CARB	779
Упорные шарикоподшипники	837
Упорные цилиндрические роликоподшипники.....	863
Упорные сферические роликоподшипники	877
Высокотехнологичные изделия	893
Мехатроника	955
Принадлежности подшипников.....	973
Корпуса подшипников.....	1031
Изделия для технического обслуживания и смазывания.....	1069
Прочие изделия SKF	1081
Индекс изделий.....	1121



Принципы выбора и применения подшипников

Типы подшипников.....	23
Выбор типа подшипника	33
Выбор размера подшипника	49
Трение.....	87
Скорости и вибрация	107
Подшипники – общие сведения	117
Применение подшипников	159
Смазывание.....	229
Монтаж и демонтаж.....	257
Надежность и сервис	275

Принципы выбора и применения подшипников

Подшипниковый узел состоит не только из подшипников, но и сопряженных деталей, например, вала и корпуса, которые являются неотъемлемой частью конструкции подшипникового узла. Важность смазочного материала и уплотнений трудно переоценить. Реализация технического потенциала подшипника зависит от наличия соответствующего смазочного материала, достаточной защиты от коррозии и проникновения посторонних веществ. Загрязненность оказывает негативное влияние срок службы подшипника, поэтому смазочные материалы и уплотнения являются частью бизнеса SKF.

Для конструирования подшипникового узла необходимо

- выбрать подходящий тип подшипника
- определить подходящий размер подшипника,

но это еще не все. Должны быть приняты решения в отношении

- подходящей формы и конструкции других деталей узла
- типа посадки, внутреннего зазора или преднатяга подшипника
- фиксирующих устройства
- эффективных уплотнений
- типа и количества смазочного материала
- способов установки и демонтажа и т.д.

Каждое отдельное решение влияет на рабочие характеристики, надежность и экономичность подшипникового узла.

Требуемый объем работ зависит от наличия опыта разработки аналогичных подшипниковых узлов. При отсутствии опыта, возникновении необходимости выполнения специальных требований или особого учета стоимости подшипникового узла объем работы увеличится и будет включать, например, более точные расчеты и/или проведение испытаний.

SKF производит широкий ассортимент подшипников различных типов, серий, исполнений и размеров. Самые распространенные из них перечислены в разделе «Индекс обозначений», стр. 1121. Некоторые конструктивные группы подшипников SKF отсутствуют в настоящем каталоге. Информацию о большинстве из них можно найти в специальных каталогах или «Интерактивном инженерном каталоге SKF» на интернет-сайте www.skf.com.

В последующих разделах вводной части каталога, посвященной общим техническим вопросам, инженер, занимающийся разработкой подшипниковых узлов, найдет необходимую исходную информацию, которая расположена в порядке, соответствующем обычной последовательности выполнения работ. По понятным причинам предоставление информации по всем конструкциям подшипниковых узлов невозможно. Поэтому во многих местах каталога содержится ссылка на техническую службу SKF, созданную для оказания комплексной технической поддержки, включая выбор и расчет подходящего подшипника. Чем выше технические требования, предъявляемые к подшипниковому узлу, и чем меньше конструкторский опыт, тем больше оснований у заказчика воспользоваться услугами этой службы.

Информация, содержащаяся в общей теоретической части каталога, как правило, относится ко всем подшипникам качения или, по крайней мере, к какой-либо группе подшипников. Специальную информацию, касающуюся каждого конкретного типа подшипника, можно найти только во вступительных статьях соответствующих разделов технической части каталога. Дополнительные каталоги и брошюры, посвященные особым случаям применения подшипников, предоставляются по запросу. Подробную информацию практически по всем подшипникам качения, подшипниковым узлам, подшипникам скольжения, уплотнениям и т.д. можно также найти в «Интерактивном инженерном каталоге SKF» на интернет-сайте www.skf.com.

Следует отметить, что приведенные в таблицах подшипников величины грузоподъемности и частот вращения, а также граничной нагрузки по усталости существенно округлены.

Терминология подшипников

Для лучшего усвоения часто употребляемых терминов на **стр. 20 и 21** даны их определения, которые снабжены пояснительными рисунками. Подробный перечень терминов подшипников и их определения можно найти в издании ISO 5593:1997: Подшипники качения – Словарь терминов.

Индекс обозначений

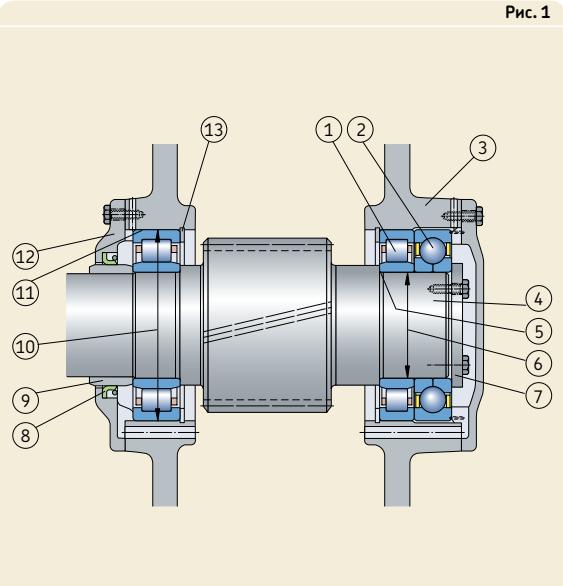
Ассортимент изделий, представленный в настоящем каталоге, включает примерно 10 000 типоразмеров подшипников качения, принадлежностей и корпусов подшипников. Для поиска изделия по его обозначению, например, 6208-2RS1, начиная со **стр. 1121** приводится индекс, содержащий обозначение серий. В данном случае серия обозначения – 62-2RS1. Обозначения в индексе расположены в алфавитном порядке. Номер страницы, указанный напротив каждого обозначения, соответствует номеру страницы, с которой начинаются таблицы соответствующих изделий.

Терминология подшипников

Подшипниковый узел (→ рис. 1)

- 1 цилиндрический роликоподшипник
- 2 шарикоподшипник с четырехточечным контактом
- 3 корпус
- 4 вал
- 5 заплечик вала
- 6 диаметр вала
- 7 торцовая шайба
- 8 манжетное уплотнение вала
- 9 дистанционное кольцо
- 10 диаметр отверстия корпуса
- 11 отверстие корпуса
- 12 крышка
- 13 стопорное кольцо

Рис. 1



Радиальные подшипники (→ рис. 2 и 3)

- 1 внутреннее кольцо
- 2 наружное кольцо
- 3 тело качения: шарик, цилиндрический ролик, игольчатый ролик, конический ролик, сферический ролик
- 4 сепаратор
- 5 уплотняющее устройство:
уплотнение – из эластомерного материала, контактное (см. рисунок) или бесконтактное – защитная шайба – из листовой стали
- 6 посадочный диаметр наружного кольца
- 7 отверстие внутреннего кольца
- 8 диаметр заплечика внутреннего кольца
- 9 диаметр заплечика наружного кольца
- 10 канавка под стопорное кольцо

Рис. 2

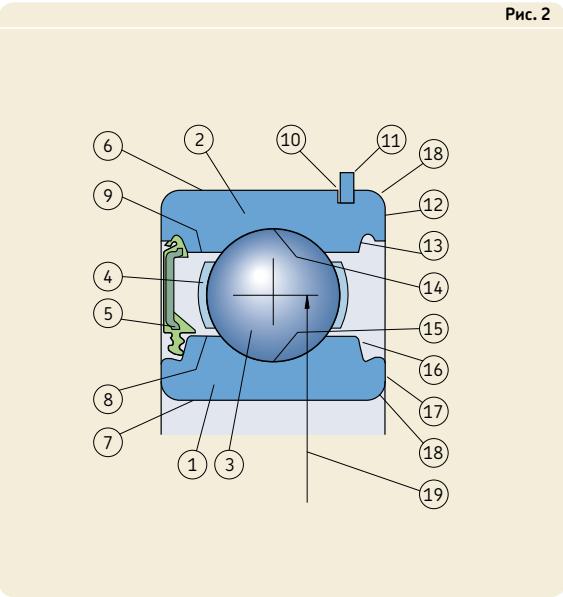
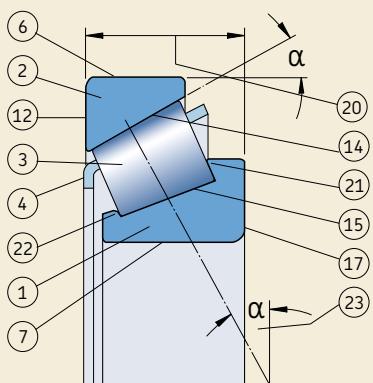
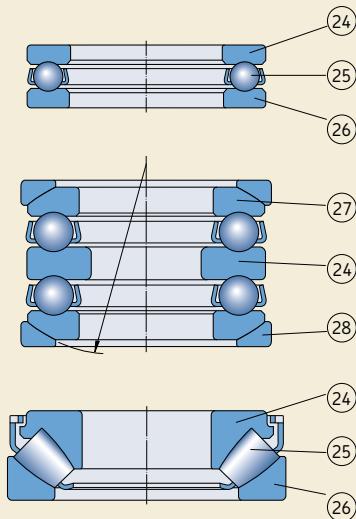


Рис. 3



- 11 стопорное кольцо
- 12 торцевая плоскость наружного кольца
- 13 канавка под установку уплотнения
- 14 дорожка качения наружного кольца
- 15 дорожка качения внутреннего кольца
- 16 канавка, сопряженная с кромкой уплотнения
- 17 торцевая плоскость внутреннего кольца
- 18 фаска
- 19 средний диаметр подшипника
- 20 общая ширина подшипника
- 21 направляющий борт
- 22 удерживающий борт
- 23 угол контакта

Рис. 4



Упорные подшипники

(→ рис. 4)

- 24 тугое кольцо
- 25 комплект тел качения с сепаратором
- 26 свободное кольцо
- 27 свободное кольцо со сферической опорной поверхностью
- 28 сферическое подкладное кольцо



Типы подшипников

Радиальные подшипники



Радиальные шарикоподшипники

Однорядные, с пазом и без паза для ввода шариков

открытые (1)

с защитными шайбами

с уплотнениями (2)

с канавкой под стопорное кольцо, со стопорным кольцом или без него

однорядные тонкостенные
открытые (3)

с уплотнениями

двухрядные (4)

Радиально-упорные шарикоподшипники однорядные

для одиночного и универсального монтажа (5)

однорядные прецизионные¹⁾

для одиночного монтажа (6)

для универсального монтажа

комплекты согласованных подшипников

двуярдные

с цельным внутренним кольцом (7)

открытые

с защитными шайбами

с уплотнениями

с составным внутренним кольцом

Сноска → стр. 31

Типы подшипников

Радиальные подшипники



8

Шарикоподшипники с четырехточечным
контактом (8)



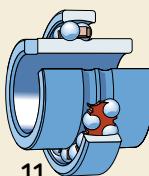
9



10

Самоустанавливающиеся шарикоподшип-
ники

с цилиндрическим или коническим отверстием
открытые (9)
с уплотнениями (10)

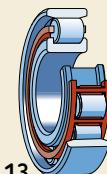


11

с широким внутренним кольцом (11)



12

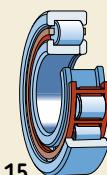


13

Цилиндрические роликоподшипники
однорядные
типа NU (12)
типа N (13)



14



15

типа NJ (14)
типа NUP (15)



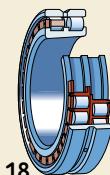
16

фасонное кольцо (16)
для подшипников типа NU и NJ

Радиальные подшипники



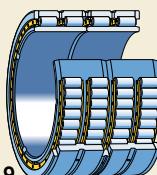
17



18

Цилиндрические роликоподшипники двухрядные¹⁾

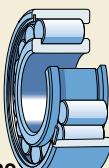
- с цилиндрическим или коническим отверстием типа NNU (17)
- типа NN (18)
- типа NNUP



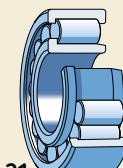
19

четырехрядные²⁾

- с цилиндрическим или коническим отверстием открытые (19)
- с уплотнениями



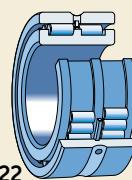
20



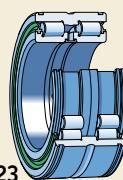
21

Бессепараторные цилиндрические роликоподшипники

- однорядные
 - типа NCF (20)
 - типа NJG (21)



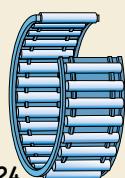
22



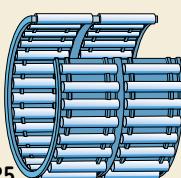
23

двуярдные

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



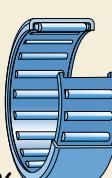
24



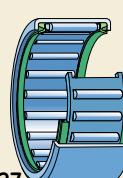
25

Комплекты игольчатых роликов с сепаратором³⁾

- однорядные (24)
- двуярдные (25)



26



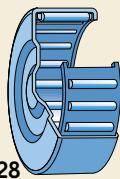
27

Игольчатые подшипники со штампованным наружным кольцом³⁾

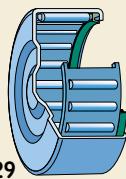
- одно- и двуярдные
 - открытые (26)
 - с уплотнениями (27)

Сноска → стр. 31

Типы подшипников



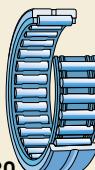
28



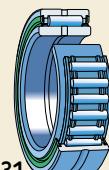
29

Радиальные подшипники

Игольчатые подшипники со штампованным наружным кольцом и закрытым торцом³⁾
однорядные и двухрядные
открытые (28)
с уплотнением (29)



30

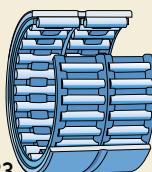


31

Игольчатые подшипники с бортами³⁾
однорядные и двухрядные
без внутреннего кольца (30)
с внутренним кольцом
открытые
с уплотнениями (31)



32



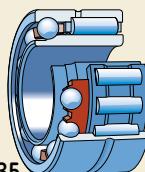
33

Игольчатые подшипники без бортов³⁾
однорядные и двухрядные
с внутренним кольцом (32)
без внутреннего кольца (33)

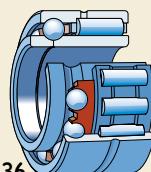


34

Самоустанавливающиеся игольчатые подшипники³⁾
без внутреннего кольца
с внутренним кольцом (34)

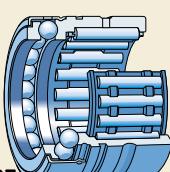


35

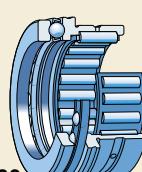


36

Комбинированные игольчатые подшипники³⁾
Игольчатые роликовые/радиально-упорные
шариковые подшипники
одинарные (35)
двойные (36)



37

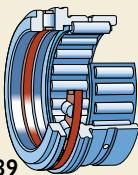


38

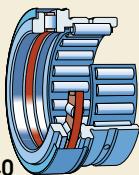
Игольчатые роликовые/упорные
шарикоподшипники
с бесseparatorным упорным шарикопод-
шипником (37)
с комплектом шариков с сепаратором
с крышкой или без крышки (38)

Сноска → стр. 31

Радиальные подшипники

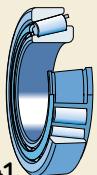


39

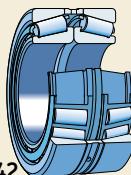


40

Игольчатые роликовые/цилиндрические
упорные роликоподшипники
без крышки (39)
с крышкой (40)



41



42

Конические роликоподшипники
однорядные
одиночные подшипники (41)
комплекты согласованных подшипников
х-образная схема (42)
о-образная схема
схема tandem

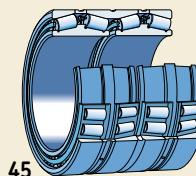


43



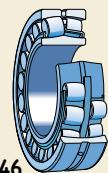
44

двуярдные²⁾
конфигурация TDO (о-образная) (43)
конфигурация TDI (х-образная) (44)



45

четырехрядные²⁾
конфигурация TQO (45)
конфигурация TQ

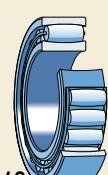


46

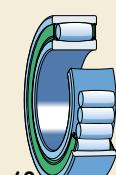


47

Сферические роликоподшипники
с цилиндрическим или коническим отверстием
открытые (46)
с уплотнениями (47)



48

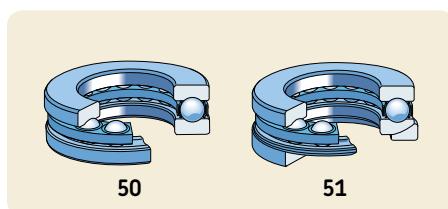


49

Тороидальные роликоподшипники CARB
с цилиндрическим или коническим отверстием
открытые с сепаратором (48)
с максимальным количеством роликов без
сепаратора
с уплотнениями (49)

Сноска → стр. 31

Типы подшипников



50

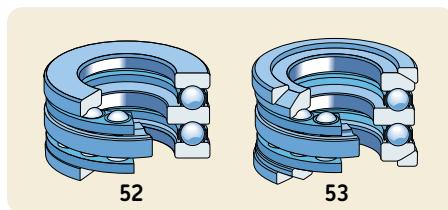
51

Упорные подшипники

Упорные шарикоподшипники

одинарные

с плоским свободным кольцом (50)
со сферическим свободным кольцом
с подкладным кольцом (51) или без

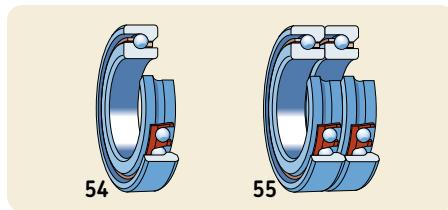


52

53

двойные

с плоскими свободными кольцами (52)
со сферическими свободными кольцами
с подкладными кольцами (53) или без



54

55

Упорно-радиальные шарикоподшипники¹⁾

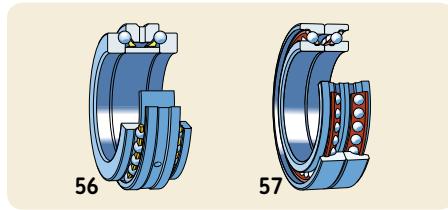
прецзионные подшипники

однорядные

для одиночного монтажа (54)

для универсального монтажа

комплекты согласованных подшипников (55)



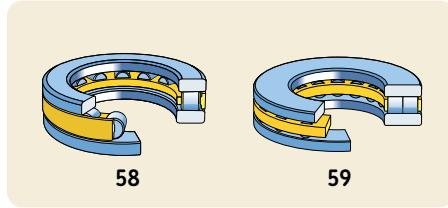
56

57

двуярусные

стандартная конструкция (56)

высокоскоростная конструкция (57)



58

59

Упорные цилиндрические роликоподшипники

одинарные

однорядные (58)

двуярусные (59)

детали

комплекты упорных цилиндрических

роликов с сепаратором

тугие и свободные кольца

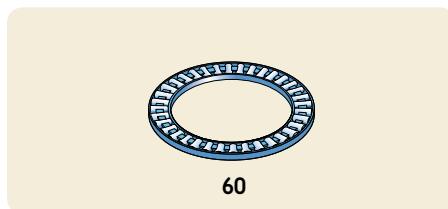
Упорные игольчатые подшипники³⁾

одинарные (60)

комплекты игольчатых роликов с сепаратором

тугие и свободные кольца

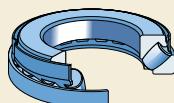
упорные кольца



60

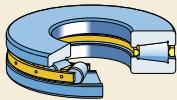
Сноска → стр. 31

Упорные подшипники



61

Упорные сферические роликоподшипники одинарные (61)



62



63

Упорные конические роликоподшипники²⁾ одинарные

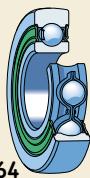
с крышкой и без крышки (62)

для нажимных винтов прокатных станов
двойные (63)

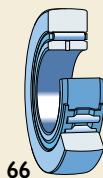
Сноска → стр. 31

Типы подшипников

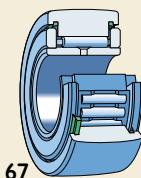
Подшипники – опорные ролики



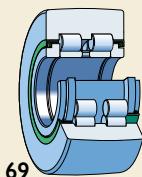
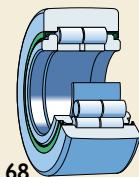
Шарикоподшипники – опорные ролики
однорядный шарикоподшипник-опорный ролик (64)
двуярдный шарикоподшипник-опорный ролик (65)



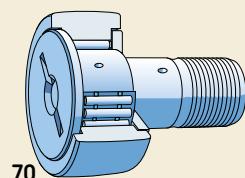
Роликоподшипники – опорные ролики³⁾
игольчатые без осевой фиксации
с уплотнениями или без таковых
без внутреннего кольца
с внутренним кольцом (66)



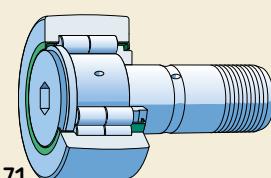
игольчатые с упорными кольцами в качестве осевых направляющих
с уплотнениями или без таковых
с сепаратором (67)
бессепараторные



с цилиндрическими роликами в качестве осевых направляющих
с лабиринтными уплотнениями (68)
с уплотнениями (69)
с уплотнениями – пружинными кольцами



Опорные ролики с цапфой³⁾
игольчатые с шайбой в качестве осевой направляющей
с уплотнениями или без таковых
без эксцентриситета (70)
с эксцентричным посадочным кольцом
с сепаратором (70)
без сепаратора



с цилиндрическими роликами
с лабиринтными уплотнениями (71)
с уплотнениями
без эксцентриситета (71)
с эксцентричным посадочным кольцом

Сноска → стр. 31

Подшипники типа Y



72

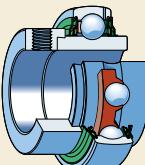


73

Подшипники типа Y (корпусные подшипники⁴⁾ с фиксацией стопорным винтом
внутреннее кольцо, удлиненное с одной стороны (72)
внутреннее кольцо, удлиненное с двух сторон (73)



74



75

с эксцентриковым стопорным кольцом
внутреннее кольцо, удлиненное с одной стороны (74)
внутреннее кольцо, удлиненное с двух сторон (75)



76

с коническим отверстием
внутреннее кольцо, удлиненное с двух сторон (76)
для монтажа на закрепительной втулке



77

со стандартным внутренним кольцом
для установки на валу с натягом (77)



78

с шестигранным отверстием (78)
с квадратным отверстием

¹⁾ см. Каталог SKF «Прецизионные подшипники» или «Интерактивный инженерный каталог SKF»

²⁾ см. «Интерактивный инженерный каталог SKF»

³⁾ см. каталог SKF «Игольчатые подшипники» или «Интерактивный инженерный каталог SKF»

⁴⁾ см. каталог SKF «Подшипники и подшипниковые узлы типа Y» или «Интерактивный инженерный каталог SKF»



Выбор типа подшипника

Пространство для подшипника	35
Нагрузки	37
Величина нагрузки	37
Направление нагрузки	37
Перекос	40
Точность	40
Скорость	42
Малошумное вращение	42
Жесткость	42
Осевое смещение.....	43
Монтаж и демонтаж.....	44
Цилиндрическое отверстие	44
Коническое отверстие	44
Встроенные уплотнения.....	45
Матрица: Тип подшипника – конструкция и характеристики	46

Выбор типа подшипника

Каждый тип подшипников имеет характерные особенности, обусловленные его конструкцией, которые делают его более или менее пригодным для работы в определенных условиях. Так, например, радиальные шарикоподшипники способны воспринимать умеренные радиальные и осевые нагрузки. Они обладают малым трением и могут быть изготовлены в премиумном и малошумном исполнении. Поэтому их предпочитают устанавливать в электродвигателях малого и среднего размера.

Сферические и торOIDальные роликоподшипники способны нести очень тяжелые нагрузки и являются самоустанавливающимися. Эти свойства объясняют их востребованность, к примеру, в тяжелом машиностроении, где большие нагрузки приводят к изгибу вала и перекосам.

Однако, во многих случаях выбор типа подшипника требует учета и сравнения друг с другом нескольких факторов, поэтому общие правила установить невозможно. Цель представленной здесь информации – указать на наиболее важные факторы, которые следует учитывать при выборе типа стандартного подшипника, и тем самым, помочь правильно выбрать тип подшипника в зависимости от следующих требований

- имеющегося пространства
- величин нагрузки
- величин перекоса
- точности вращения
- частоты вращения
- малошумности вращения
- жесткости
- величины осевого смещения
- особенностей монтажа и демонтажа
- наличия встроенных уплотнений.

На стр. 46 и 47 приведена сводная таблица (матрица) типов стандартных подшипников с указанием особенностей конструкции, рабочих характеристик и пригодности для работы в определенных условиях эксплуатации. Подробную информацию об отдельных типах подшипников, включая их характеристики и варианты исполнения, можно найти в соответствующих разделах настоящего каталога. В сводной таблице не представлены типы подшипников узкоспециального назначения.

Матрица дает относительно поверхностное представление о классификации типов под-

шипников, т.к. ограниченное количество символов не позволяет провести четкое различие между некоторыми их характеристиками. Так например, жесткость подшипникового узла, состоящего из радиально-упорных подшипников или конических роликоподшипников, также зависит от приложенной силы преднатяга и частоты вращения, на которую оказывает влияние точность подшипника и сопряженных деталей, а также конструкция сепаратора. Тем не менее, матрица на стр. 46 и 47 позволяет сделать правильный выбор подшипника. Следует также отметить, что окончательный выбор оказывает влияние общая стоимость и наличие комплектующих подшипникового узла.

Другие важные условия, которые необходимо соблюдать при проектировании подшипникового узла, включая грузоподъемность и срок службы, трение, допустимые скорости вращения, внутренний зазор подшипника или преднатяг, смазывание и уплотнение, подробно освещены в отдельных разделах настоящего каталога.

Полный ассортимент изделий SKF в настоящем каталоге не представлен. По вопросам получения специальных каталогов и брошюр по подшипникам, которые не представлены ниже, просим обращаться в ближайшее представительство SKF.

Пространство для подшипника

Во многих случаях один из основных размеров подшипника – диаметр отверстия – обусловлен общей конструкцией машины и диаметром вала.

Для валов малого диаметра могут использоваться все типы шарикоподшипников, самыми распространенными из них являются радиальные шарикоподшипники; также могут использоваться игольчатые подшипники (→ рис. 1). Для валов большого диаметра, наряду с радиальными шарикоподшипниками, могут применяться цилиндрические, сферические и конические роликоподшипники (→ рис. 2).

Если радиальное пространство ограничено, следует выбирать подшипники с малым попечерным сечением, особенно с малой высотой поперечного сечения, т.е. подшипники серий диаметров 8 и 9. Комплекты игольчатых подшипников с сепаратором, игольчатые роликоподшипники со штампованным наружным кольцом и игольчатые роликоподшипники без внутреннего кольца (→ каталог SKF «Игольчатые роликоподшипники») (→ рис. 3), а также некоторые серии радиальных и радиально-упорных шарикоподшипников, цилиндрических, конических, сферических и торOIDальных роликоподшипников могут быть решением в таких случаях.

Рис. 1

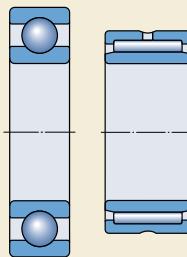


Рис. 2

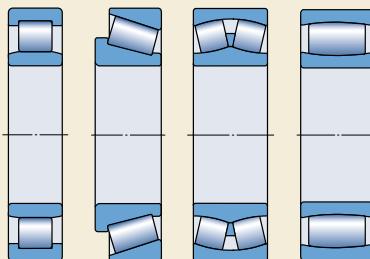
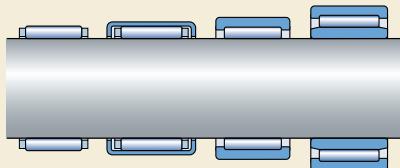


Рис. 3



Выбор типа подшипника

Если ограничено осевое пространство, то наряду с различными типами комбинированных игольчатых роликоподшипников (**→ рис. 4**), могут использоваться некоторые серии цилиндрических роликоподшипников и радиальных шарикоподшипников для радиальных и комбинированных нагрузок соответственно (**→ рис. 5**). Для восприятия преимущественно осевых нагрузок могут использоваться комплекты упорных игольчатых роликов с сепаратором (с тугими кольцами и без них), а также упорные шарикоподшипники и цилиндрические упорные роликоподшипники (**→ рис. 6**).

Рис. 4

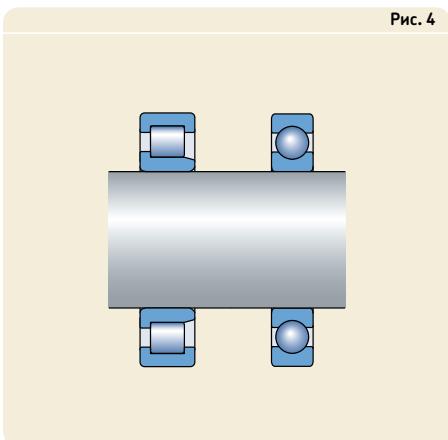


Рис. 5

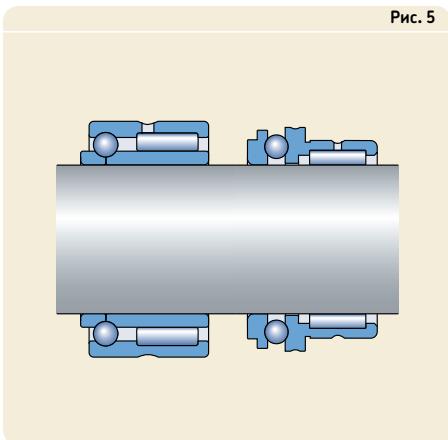


Рис. 6

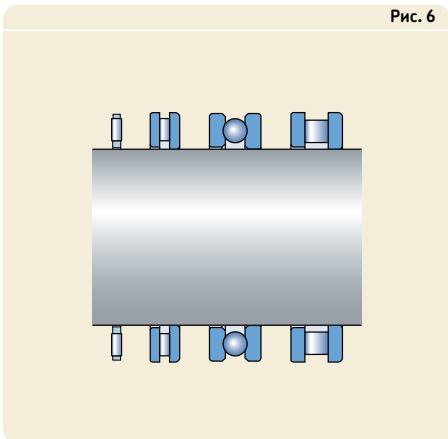
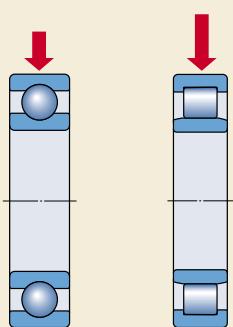


Рис. 7

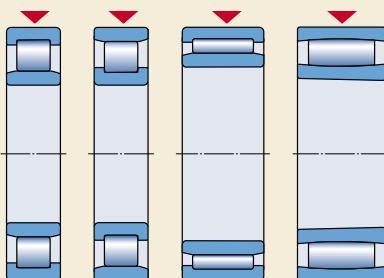


Нагрузки

Величина нагрузки

Величина нагрузки — это один из факторов, который обычно обуславливает выбор размера используемого подшипника. В целом, роликоподшипники способны воспринимать более значительные нагрузки по сравнению с шарикоподшипниками того же размера (→ рис. 7), а подшипники с максимальным количеством тел качения (бессепараторные подшипники) способны нести более тяжелые нагрузки по сравнению с соответствующими подшипниками, снаженными сепараторами. Шарикоподшипники используются в основном для малых и средних нагрузок. Для тяжелых нагрузок и валов большого диаметра больше подходят роликоподшипники.

Рис. 8



Направление нагрузки

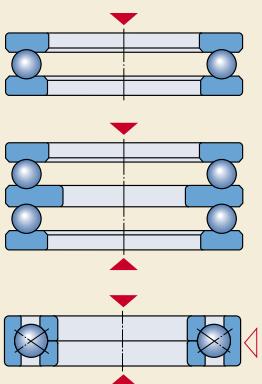
Радиальная нагрузка

За исключением цилиндрических роликоподшипников типа NU и N, а также игольчатых и торOIDальных роликоподшипников, способных воспринимать только радиальную нагрузку (→ рис. 8), все остальные радиальные подшипники, помимо радиальных нагрузок, способны воспринимать определенную осевую нагрузку (→ «Комбинированная нагрузка»).

Осевая нагрузка

Упорные шарикоподшипники и подшипники с четырехточечным контактом (→ рис. 9) подходят для легких и средних нагрузок, действующих исключительно в осевом направлении. Одинарные упорные шарикоподшипники способны воспринимать нагрузки, действующие только в одном направлении; для восприятия нагрузок, действующих в обоих направлениях, необходимы двойные упорные шарикоподшипники.

Рис. 9



Выбор типа подшипника

Рис. 10

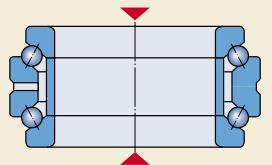
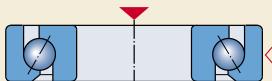
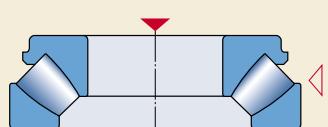
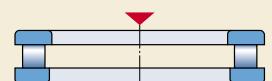


Рис. 11



Упорно-радиальные шарикоподшипники могут воспринимать средние осевые нагрузки при вращении с большой частотой вращения; одинарные подшипники также способны воспринимать радиальные нагрузки, действующие одновременно с осевыми, в то время как двойные подшипники обычно используются только для осевых нагрузок (→ рис. 10).

Для средних и тяжелых осевых нагрузок, действующих в одном направлении, подходят игольчатые и конические упорные роликоподшипники, а также сферические упорные роликоподшипники (→ рис. 11), которые также способны воспринимать одновременно действующие радиальные нагрузки. Для тяжелых переменных осевых нагрузок можно использовать два цилиндрических упорных роликоподшипника или два согласованных сферических упорных роликоподшипника.

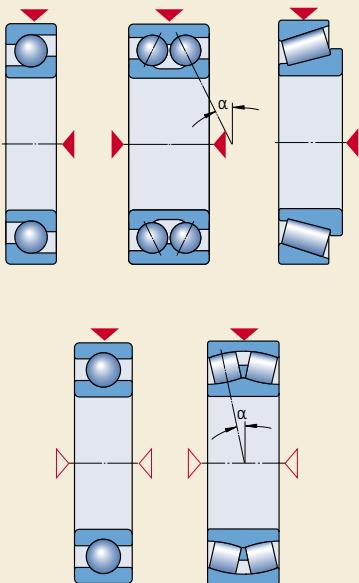
Комбинированная нагрузка

Комбинированная нагрузка складывается из радиальной и осевой нагрузок, действующих одновременно. Способность подшипника нести осевую нагрузку определяется величиной угла контакта α – чем больше угол контакта, тем больше подходит подшипник для восприятия осевых нагрузок. Это выражается величиной расчетного коэффициента Y , которая уменьшается с увеличением угла контакта α . Величины этого коэффициента для подшипников определенного типа или для отдельных типо-размеров подшипников можно найти во вступительных статьях соответствующих разделов или непосредственно в таблицах. Осевая грузоподъемность радиального шарикоподшипника зависит от его внутренней конструкции и величины внутреннего зазора (→ раздел «Радиальные шарикоподшипники», начиная со стр. 287).

Для комбинированных нагрузок чаще всего используются одно- и двухрядные радиально-упорные шарикоподшипники и однорядные конические роликоподшипники, хотя радиальные шарикоподшипники и сферические роликоподшипники также пригодны в этом случае (→ рис. 12). Кроме того, если величина составляющей комбинированной нагрузки невелика, могут использоваться самоустанавливающиеся шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники типа NJ и NUP или типа NJ и NU с фасонными кольцами типа HJ (→ рис. 13).

Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники, конические роликоподшипники,

Рис. 12



цилиндрические роликоподшипники типа NJ и NU + HJ, а также сферические упорные роликоподшипники способны воспринимать осевые нагрузки, действующие только в одном направлении. Для осевых нагрузок переменного направления эти подшипники должны устанавливаться в сочетании со вторым подшипником. Поэтому однорядные радиально-упорные шарикоподшипники могут поставляться как «универсальные подшипники» для парного монтажа или в виде специальных комплектов, состоящих из двух согласованных однорядных подшипников (→ разделы «Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники», стр. 409, и «Спаренные однорядные конические роликоподшипники», стр. 671).

Если осевая составляющая комбинированной нагрузки велика, то для ее восприятия может быть использован отдельный подшипник. Наряду с упорными подшипниками, эту функцию могут выполнять некоторые радиальные подшипники, например, радиальные шарикоподшипники или шарикоподшипники с четырехточечным контактом (→ рис. 14). В таком случае, чтобы подшипник воспринимал только осевую нагрузку, его наружное кольцо должно быть установлено в корпусе с радиальным зазором.

Рис. 13

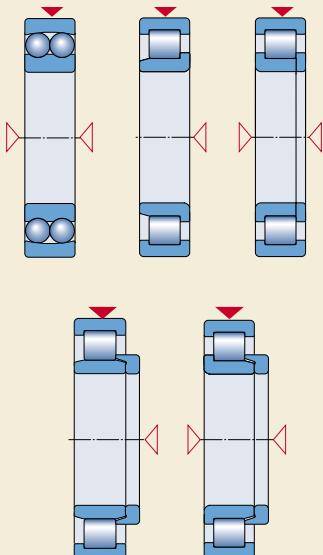
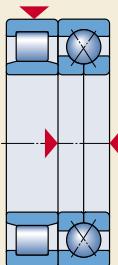


Рис. 14



Моментная нагрузка

Если нагрузка действует на подшипник эксцентрично, возникает опрокидывающий момент. Несмотря на то, что двухрядные подшипники и, в частности, радиальные или радиально-упорные шарикоподшипники могут воспринимать опрокидывающие моменты, в таких случаях лучше использовать спаренные однорядные радиально-упорные шарикоподшипники или конические роликоподшипники с расположением по О-образной или Х-образной схеме (→ рис. 15).

Перекос

Угловые перекосы вала относительно корпуса возникают, например, при изгибах вала, образующихся под воздействием рабочих нагрузок, когда посадочные места подшипника в корпусе имеют разную высоту или когда валы опираются на подшипники, установленные в разных корпусах, находящихся на слишком большом расстоянии друг от друга.

Жесткие подшипники, т.е. радиальные шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники, способны компенсировать без ущерба лишь очень незначительные перекосы. С другой стороны, самоустанавливающиеся подшипники, то есть самоустанавливающиеся шарикоподшипники, сферические и торOIDальные роликоподшипники, а также сферические упорные роликоподшипники (→ рис. 16), способны компенсировать перекосы, возникающие под воздействием рабочих нагрузок, а также начальные погрешности механической обработки деталей или монтажа. Допустимые величины перекоса приведены во вступительных статьях соответствующих разделов. В тех случаях, когда прогнозируемые перекосы превышают допустимые величины, просим обращаться в техническую службу SKF.

Упорные шарикоподшипники со сферическими подкладными кольцами, подшипниковые узлы типа Y и самоустанавливающиеся игольчатые роликоподшипники (→ рис. 17) могут компенсировать перекос, возникающий вследствие изначальной погрешности при механической обработке или монтаже.

Точность

В подшипниковых узлах, требующих большой точности вращения (например, в шпиндельных узлах станков), а также работающих на очень высоких частотах вращения, используются подшипники повышенной точности.

Во вступительных статьях каждого раздела, посвященного определенному типу подшипников, содержится информация о классах точности, в соответствии с которыми изготавливаются подшипники этого типа. SKF также производит полную номенклатуру прецизионных подшипников, включая однорядные радиально-упорные шарикоподшипники, одно- и двухрядные цилиндрические роликоподшипники, а также одинарные и двойные радиально-упорные шарикоподшипники (→ каталог SKF «Прецизионные подшипники»).

Рис. 15

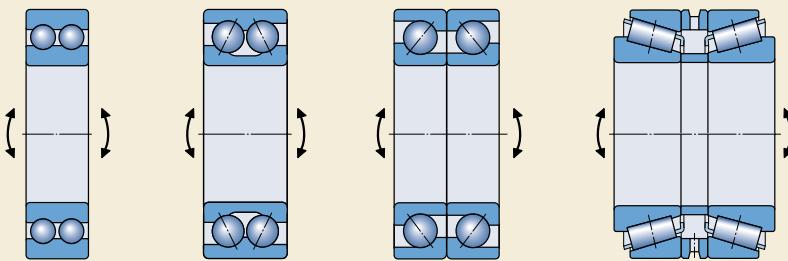


Рис. 16

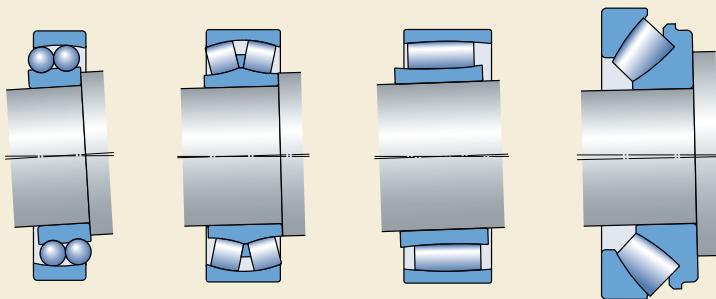
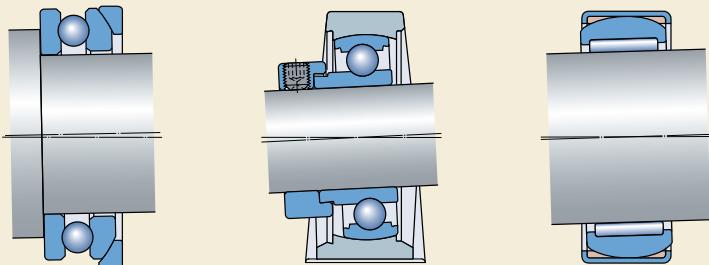


Рис. 17



Скорость

Эксплуатационная скорость подшипников ограничивается допустимой рабочей температурой, поэтому для высоких частот вращения наиболее пригодны подшипники с малым трением и, соответственно, низким тепловыделением.

В условиях преимущественно радиальных нагрузок самыми скоростными являются радиальные и самоустанавливающиеся шарикоподшипники (→ **рис. 18**), а в условиях комбинированных нагрузок – радиально-упорные шарикоподшипники (→ **рис. 19**). Это относится в особенности к прецизионным радиально-упорным или радиальным шарикоподшипникам с керамическими телами качения.

В силу особенностей конструкции упорные подшипники не способны работать на таких же высоких скоростях, как радиальные подшипники.

Малошумное вращение

В некоторых случаях шум, производимый подшипниками, например, в небольших электродвигателях бытовых электроприборов или офисного оборудования, является важным фактором, определяющим выбор подшипника. Для таких случаев SKF производит специальные радиальные шарикоподшипники

Жесткость

Жесткость подшипника качения характеризуется величиной упругих деформаций подшипника под нагрузкой. Обычно эти деформации очень малы, и ими можно пренебречь. Однако в некоторых случаях, например, для узлов шпинделей станков или ведущих валов-шестерён, жесткость подшипника является важным фактором.

В силу особенностей контакта между телами и дорожками качения роликоподшипники, например, цилиндрические или конические роликоподшипники (→ **рис. 20**), имеют большую жесткость, чем шарикоподшипники. Жесткость подшипника может быть увеличена за счет преднатяга (→ раздел «Предварительный натяг подшипников», стр. 206).

Рис. 18

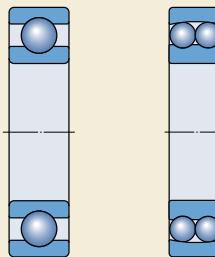


Рис. 19



Рис. 20

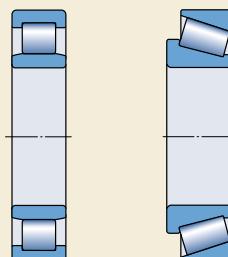
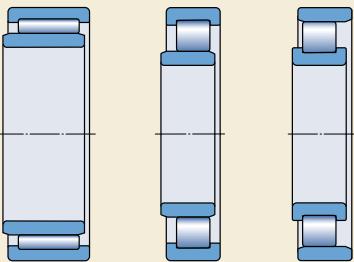


Рис. 21



Осевое смещение

Валы или другие вращающиеся детали машин обычно опираются на фиксирующие и нефикссирующие подшипники (→ раздел «Подшипниковые узлы» стр. 160).

Фиксирующие подшипники обеспечивают осевую фиксацию детали машины в обоих направлениях. Наиболее подходящими для этого являются подшипники, способные нести комбинированные нагрузки или обеспечивать осевое направление вращения в сочетании со вторым подшипником (→ матрица, стр. 46 и 47).

Нефикссирующие подшипники допускают перемещение вала в осевом направлении, за счет чего подшипник не перегружается, например, в результате теплового расширения вала. В качестве нефикссирующих подшипников подходят игольчатые роликоподшипники и цилиндрические роликоподшипники типа NU и N (→ рис. 21), цилиндрические роликоподшипники типа NJ и некоторые бесцеппараточные роликоподшипники.

В тех случаях, когда величина осевого смещения должна быть сравнительно большой и существует вероятность перекоса вала, идеальным выбором нефикссирующего подшипника будет тороидальный роликоподшипник CARB (→ рис. 22).

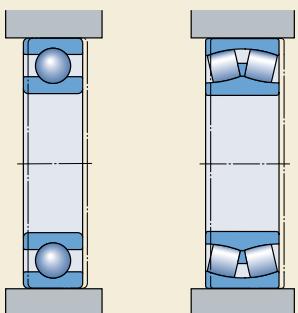
Все эти подшипники допускают осевые перемещения вала относительно корпуса внутри подшипника. Допустимые величины осевого смещения внутри подшипника приводятся в соответствующих таблицах подшипников.

Если неразборные подшипники, например, радиальные шарикоподшипники или сферические роликоподшипники (→ рис. 23) используются в качестве нефикссирующих, посадка одного из колец должна быть свободной (→ раздел «Радиальная фиксация подшипников», стр. 164).

Рис. 22



Рис. 23



Монтаж и демонтаж

Цилиндрическое отверстие

Подшипники с цилиндрическим отверстием проще в монтаже и демонтаже, особенно если для обоих колец требуется посадка с натягом. Разборные подшипники предпочтительны в тех случаях, когда требуется частый монтаж и демонтаж, т.к. кольцо с комплектом тел качения и сепаратором этих подшипников может устанавливаться отдельно от другого кольца. Это относится к шарикоподшипникам с четырехточечным контактом, цилиндрическим, игольчатым и коническим роликоподшипникам (→ рис. 24), а также упорным роликоподшипникам.

Коническое отверстие

Подшипники с коническим отверстием (→ рис. 25) могут устанавливаться на конических шейках валов, либо на цилиндрических посадочных местах на валах при помощи закрепительной или стяжной втулки (→ рис. 26) или ступенчатой втулки.

Рис. 24

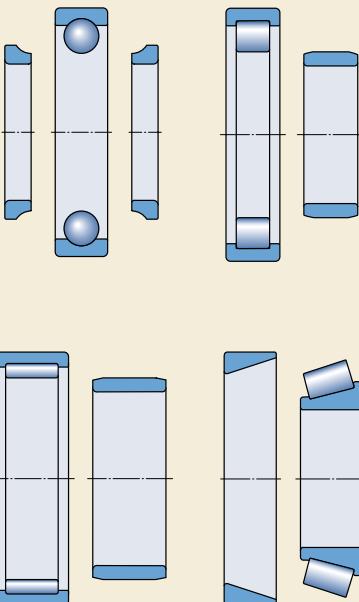


Рис. 25

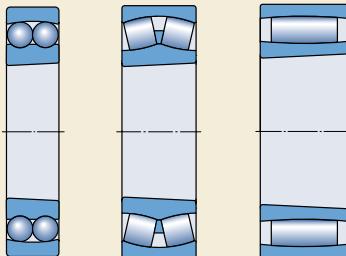
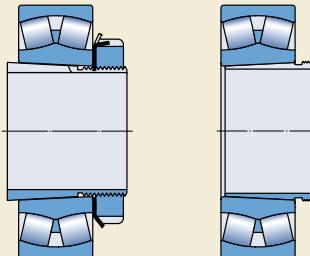


Рис. 26



Встроенные уплотнения

Рис. 27

Выбор уплотнения имеет большое значение для устойчивой работы подшипника. SKF поставляет подшипники со встроенными уплотнениями следующих типов

- с защитными шайбами (→ рис. 27)
- с уплотнениями малого трения (→ рис. 28)
- с контактными уплотнениями (→ рис. 29),

которые обеспечивают экономичные и компактные решения для многих областей применения подшипников. Имеется большое количество исполнений уплотнений для

- радиальных шарикоподшипников
- радиально-упорных шарикоподшипников
- самоустанавливающихся шарикоподшипников
- цилиндрических роликоподшипников
- игольчатых роликоподшипников
- сферических роликоподшипников
- торOIDальных роликоподшипников CARB
- опорных роликов,
- подшипников и подшипниковых узлов типа Y.

Все подшипники со встроенными уплотнениями с обеих сторон заполнены пластичной смазкой надлежащего качества и в требуемом количестве.

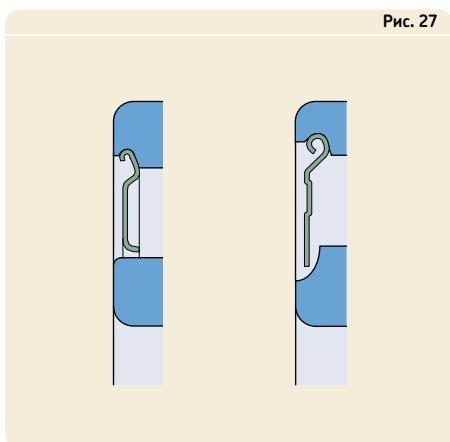


Рис. 28

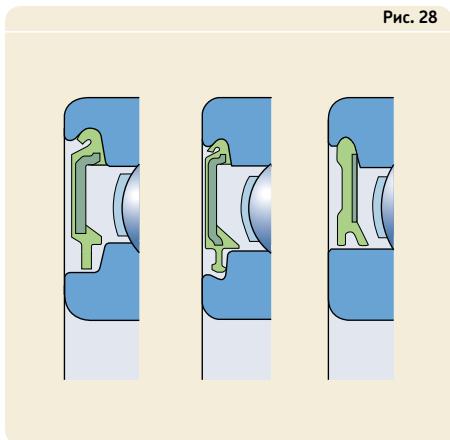
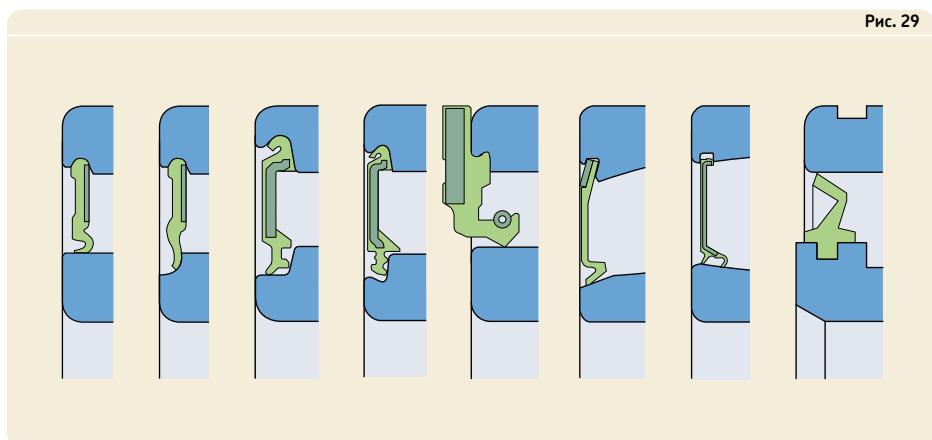


Рис. 29



Выбор типа подшипника

Матрица дает лишь самые общие рекомендации, поэтому в каждом конкретном случае необходимо делать более тщательный выбор на основе ранее приведенных данных или более подробной информации, содержащейся во вступительных статьях разделов, посвященных подшипникам соответствующего типа. В случае если указаны несколько типов подшипников, соответствующая информация приведена с той же буквой, которая обозначает отдельный тип подшипника.

Условные обозначения

- +++ отлично
- ++ хорошо
- + удовлетворительно
- плохо
- непригоден
- ← в одном направлении
- ↔ в обоих направлениях

Типы подшипников – конструкция и характеристики

Конструкция

	коническое отверстие	защитные шайбы или уплотнения	самоустанавливающийся	неразборный	разборный
--	----------------------	-------------------------------	-----------------------	-------------	-----------

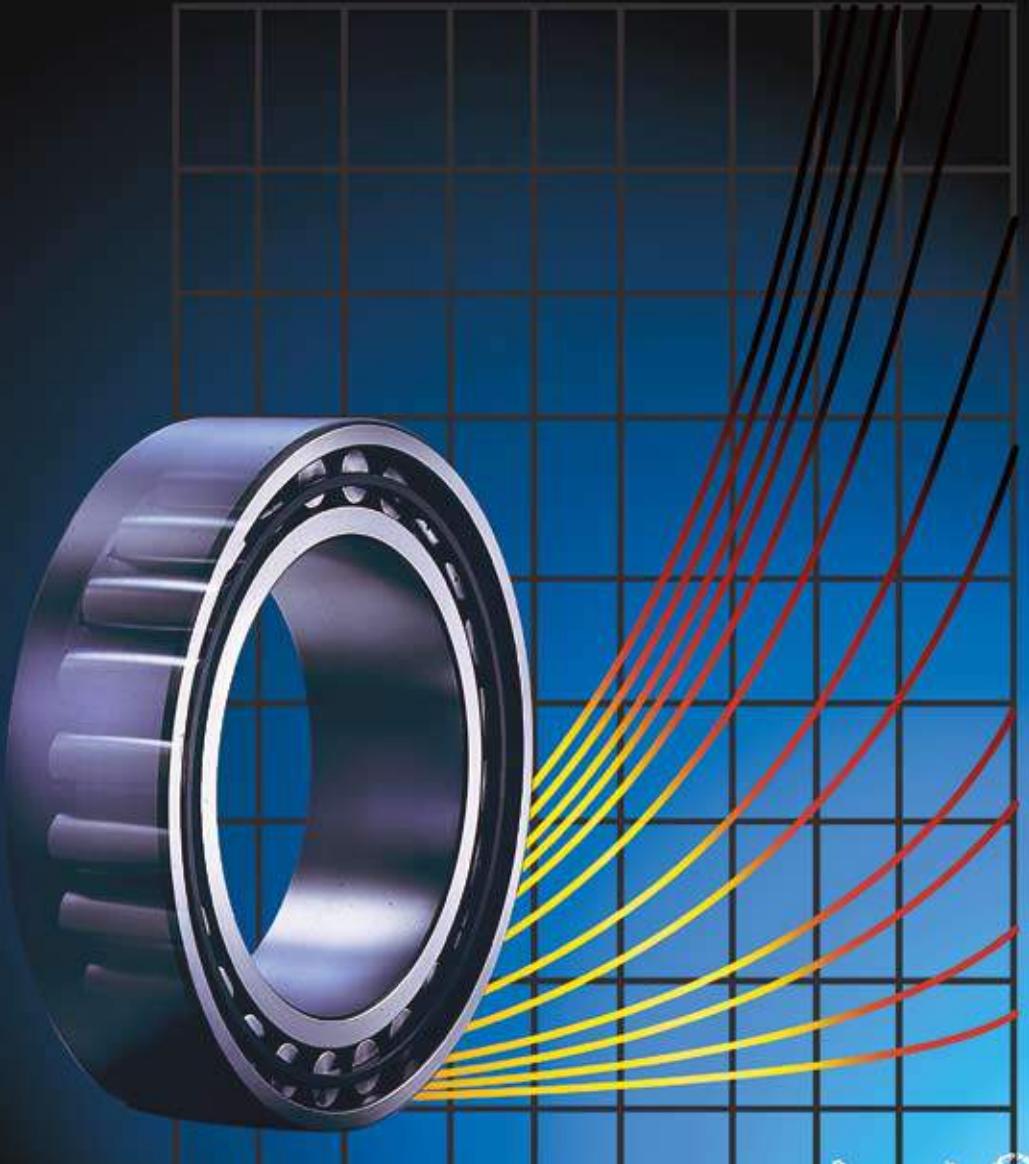
Тип подшипника

Радиальные шарикоподшипники		a			
Радиально-упорные шарикоподшипники, однорядные					
спаренные однорядные, двухрядные с четырехточечным контактом		b	a, b	c	
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники					
Цилиндрические роликоподшипники с сепаратором					
бессепараторные, однорядные			a	b	
бессепараторные, двухрядные		d			
Игольчатые подшипники с кольцами		a			
комплекты/штампованные кольца		b, c			
комбинированные подшипники		b, c			
Конические роликоподшипники, однорядные					
спаренные однорядные					
Сферические роликоподшипники					
Тороидальные роликоподшипники CARB с сепаратором					
бессепараторные					
Упорные шарикоподшипники со сферическим подкладным кольцом					
Упорные игольчатые подшипники Упорные цилинд. роликоподшипники					
Упорные сферические роликоподшипники					

Характеристики

Пригодность подшипников для

		Чисто радиальная нагрузка		Чисто осевая нагрузка		Комбинированная нагрузка		Моментная нагрузка		Высокая скорость вращения		Высокая точность вращения		Большая жесткость		Малошумность хода		Малое трение		Компенсация перекоса в процессе вращения		Компенсация погрешностей выверки (начальных)		Фиксирующие подшипниковые узлы		Нефиксированные подшипниковые узлы		Осевое смещение в подшипнике	
+		+	↔	+	↔	a - b +	a + + + b +	a + + + b +	+	+++	+++	-	-	++	↔	+ +	↔	+ +	↔	+	-	-	-	-	-	-			
a + b ++		b a + b ++	↑	++	↔	-	a ++ b +	a + + + b ++	+	a ++ b +	a ++ b +	-	-	++	↔	+ +	↔	+ +	↔	-	-	-	-	-	-	-			
++		+	↔	++	↔	+	+	++	+	+	+	-	-	-	-	++	↔	++	↔	+	-	-	-	-	-	-			
-		++	↔	+	↔	+	++	+	+	+	+	-	-	-	-	++	↔	++	↔	-	-	-	-	-	-	-			
+	-	-	-	--	--	+++	++	-	++	+++	+++	+++	+++	++	↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
++	--	--	--	--	--	++	++	++	++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
++	a b + c d ↔	a b + c d ↔	-	-	++	++	++	++	+	++	-	-	-	-	-	c d + b ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔			
+++	-	+	-	--	-	+	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	+	↔	+	↔	+	-	-	-	-	-	-			
+++	-	c d + b ↔	-	+	-	+	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	c d + b ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔	a b + c d ↔				
++	--	--	--	--	-	+	a + +	++	+	+	+	-	-	-	-	c + +	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
++	--	--	--	--	-	+	+	++	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
+	c + + ↔	↔	+	-	+	+	+	++	+	-	-	-	-	-	-	+	↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
++	++	↔	+++	↔	-	+	+	++	+	+	-	-	-	-	-	++	↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
+++	a b + c ↔	a b + c ↔	a b + c ↔	a b + c -	+	+	a b + + + c + +	+	+	-	-	-	-	-	-	a b + c ↔	a b - c --	a b - c --	a b - c --	a b - c --	a b - c --	a b - c --	a b - c --						
+++	+	↔	+++	↔	-	+	+	++	+	+	+	+++	+++	+++	+++	++	↔	+	-	-	-	-	-	-	-	-			
+++	--	--	--	--	-	+	+	++	+	+	+	+++	+++	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
+++	--	--	--	--	-	+	+++	+	-	+++	+++	+++	+++	+++	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
--	a + b ↔	-	-	-	-	++	a	+	-	+	-	-	-	-	-	a + b ↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
--	a + b ↔	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	a + b ↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
--	+	-	-	-	-	a + b ++	++	-	-	-	-	-	-	-	-	+	↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
--	+++	↔	-	--	-	+	++	++	-	+	+	+++	+++	+++	+++	++	↔	-	-	-	-	-	-	-	-	-			



$$L_{\text{lim}} = a_1 a_{\text{SKF}} \left(\frac{C}{P} \right)^P$$

Выбор размера подшипника

Системный подход и надежность подшипника	50
Грузоподъемность и ресурс.....	51
Динамические нагрузки на подшипник и ресурс.....	51
Статические нагрузки на подшипник	51
Выбор размера подшипника по формулам ресурса	52
Номинальный ресурс.....	52
Номинальный ресурс SKF	52
Коэффициент ресурса a_{SKF}	53
Условия смазывания – относительная вязкость K	59
Влияние антизадирных (EP) добавок	61
Коэффициент загрязненности η_c	62
Особый случай – поправочный коэффициент a_{23}	68
Расчет ресурса для изменяющихся рабочих условий	70
Влияние рабочей температуры.....	71
Требуемый ресурс	71
Динамические нагрузки на подшипник.....	73
Расчет динамических нагрузок на подшипник	73
Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник	74
Требуемая минимальная нагрузка.....	75
Выбор размера подшипника по статической грузоподъемности.....	76
Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник	76
Требуемая статическая грузоподъемность	77
Проверка показателей статической грузоподъемности.....	78
Примеры расчетов.....	78
Расчетные средства SKF	82
Интерактивный инженерный каталог	82
Программа SKF bearing beacon	82
Программа Orpheus	82
Программа Beast	83
Другие программы.....	83
Инженерный консалтинг SKF	84
Специализированные компьютерные программы	84
Ресурсные испытания SKF	85

Выбор размера подшипника

Прежде всего, выбор размера подшипника, предназначенного для работы в определенных условиях, может производиться на основе показателей его грузоподъемности относительно прилагаемых нагрузок, а также требований, касающихся его срока службы и надежности. Величины динамической грузоподъемности C_d и статической грузоподъемности C_0 приведены в таблицах подшипников. Проверка условий динамического и статического нагружения подшипника должна производиться отдельно. Динамические нагрузки должны обобщать весь репрезентативный спектр условий нагружения подшипника. Спектр нагрузок должен включать все пиковые нагрузки, которые могут возникать даже в редких случаях. Статические нагрузки включают в себя не только нагрузки, которые действуют на подшипник в состоянии покоя или на небольших частотах вращения ($n < 10 \text{ об/мин}$), но и тяжелые ударные нагрузки (как правило, кратковременные).

Системный подход и надежность подшипника

В уравнении ресурса SKF напряжение, возникающее под воздействием внешних нагрузок, рассматривается совместно с напряжениями, вызываемыми поверхностью топографией, смазыванием и кинематикой поверхностей контактов качения. Учет влияния на подшипник этой системы комбинированных напряжений позволяет повысить точность прогнозирования реаль-

ной работоспособности подшипника в конкретных условиях эксплуатации.

Т.к. теория ресурса подшипников сложна и ее подробное описание не входит в задачи настоящего каталога, ее упрощенное «каталожное» описание представлено в разделе «Теория ресурса SKF». Это дает возможность полностью реализовать потенциал подшипников, сделать разумный выбор в пользу подшипника меньшего размера, и осознать степень влияния смазывания и загрязненности на его ресурс.

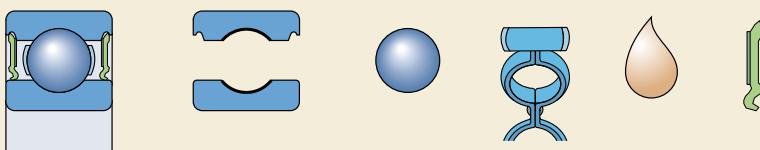
В большинстве случаев усталость металла поверхностей контактов качения является основным механизмом разрушения подшипников качения. Поэтому критерий усталости дорожки качения, как правило, достаточен для выбора типоразмера подшипника качения, предназначенного для работы в определенных условиях. Несмотря на то, что такие международные стандарты, как ISO 281, основаны на теории усталости металла поверхностей контактов качения, важно помнить, что подшипник в сборе необходимо рассматривать как систему, в которой ресурс каждой детали, например, сепаратора, смазочного материала и уплотнения (→ **рис. 1**), если таковое присутствует, вносит свой равнозначный, а в некоторых случаях главный вклад в эффективный ресурс подшипника. В теории оптимальный срок службы подшипника достигается тогда, когда все его детали служат одинаково долго.

Другими словами, расчетный ресурс подшипника будет соответствовать его реальному сроку службы тогда, когда сроки службы других составляющих его компонентов будут не

Рис. 1

Ресурс подшипниковой системы

$$L_{\text{подшипника}} = f(L_{\text{дорожек качения}}, L_{\text{тел качения}}, L_{\text{сепаратора}}, L_{\text{смазочного материала}}, L)$$



меньше усталостного ресурса подшипника. Дополнительные факторы могут включать сепаратор, уплотнение и смазочный материал. На практике усталость металла в подавляющем большинстве случаев является главным фактором.

Грузоподъемность и ресурс

Динамические нагрузки на подшипник и ресурс

Величина динамической грузоподъемности C используется для расчетов характеристик динамически нагруженного подшипника, т.е. подшипника, который вращается под нагрузкой. Она выражает величину нагрузки на подшипник, которая обеспечивает номинальный ресурс 1 миллион оборотов согласно ISO 281:1990. При этом предполагается, что эта нагрузка постоянна по величине и направлению и является радиальной для радиальных подшипников и осевой, для упорных подшипников.

Величины динамической грузоподъемности подшипников SKF определяются согласно ISO 281:1990. Величины грузоподъемности, указанные в настоящем каталоге, действительны для подшипников из хромистой стали с закалкой на минимальную твердость 58 HRC, работающих при нормальных рабочих условиях.

Улучшение характеристик материалов и совершенствование технологии производства позволило компании SKF внедрить в производство подшипники класса SKF Explorer. Поскольку эти подшипники имеют улучшенные характеристики, для расчета величины их динамической грузоподъемности по методике ISO 281:1990 следует использовать модифицированные величины коэффициентов.

Ресурс подшипника качения определяется

- количеством оборотов или
- количеством рабочих часов при заданной частоте вращения,

которое подшипник способен выдержать до появления первых признаков усталостного разрушения металла (выкрашивание, растрескивание с отслаиванием) на одном из его колец или телах качения.

Практический опыт показывает, что идентичные по внешнему виду подшипники, работающие в одинаковых условиях, имеют

различный индивидуальный ресурс. Поэтому для расчета размера подшипника необходимо более четкое определение термина «ресурс». Все приводимые SKF данные динамической грузоподъемности основаны на ресурсе, которым предположительно обладают (или превышают) 90 % достаточно большой группы одинаковых подшипников.

Существует несколько других понятий ресурса подшипника. Одно из них – «срок службы», т.е. фактический ресурс подшипника при определенных рабочих условиях до выхода из строя. Следует иметь ввиду, что прогнозирование ресурса подшипника возможно только с использованием статистических методов. Расчет ресурса относится только к группе подшипников и определенной степени надежности, т.е. помимо этого в 90 % случаев причиной реальных отказов подшипников является не усталость, а загрязнения, износ, перекосы, коррозия или последствия повреждения сепаратора, смазочного материала или уплотнений.

Еще одна разновидность ресурса – «заявленный ресурс». Это ресурс, устанавливаемый органами надзора, например, на основе данных гипотетической нагрузки и частоты вращения, которые устанавливаются этими же органами надзора. Как правило, это номинальный ресурс L_{10} , установленный на основе опыта эксплуатации подшипников в аналогичных условиях.

Статические нагрузки на подшипник

Величина статической грузоподъемности C_0 используется в расчетах в тех случаях, когда подшипники

- вращаются очень медленно ($n < 10$ об/мин)
- совершают медленные колебательные движения
- находятся в неподвижном состоянии продолжительное время.

Также важно проверить коэффициент запаса для таких кратковременных нагрузок, как ударные или тяжелые пиковые нагрузки, действующие на вращающийся (динамически нагруженный) подшипник или подшипник, находящийся в состоянии покоя.

Выбор размера подшипника

Согласно стандарту ISO 76:1987 базовая статическая грузоподъемность соответствует расчетному напряжению в центре контакта наиболее нагруженного тела качения/дорожки качения, и составляет

- 4 600 МПа для самоустанавливающихся шарикоподшипников
- 4 200 МПа для других шарикоподшипников
- 4 000 МПа для всех роликоподшипников.

Это напряжение создает общую остаточную деформацию тела и дорожки качения, составляющую приблизительно 0,0001 диаметра тела качения. Рассматриваемые нагрузки включают только радиальные для радиальных подшипников и осевые, действующие строго по центральной оси, для упорных подшипников.

Проверка соответствия статических нагрузок на подшипник производится по статическому коэффициенту запаса, который определяется как

$$s_0 = C_0 / P_0,$$

где

C_0 = статическая грузоподъемность, кН

P_0 = эквивалентная статическая нагрузка на подшипник, кН

s_0 = статический коэффициент запаса.

Для расчета величины эквивалентной статической нагрузки на подшипник должна использоваться величина максимальной нагрузки на подшипник. Дополнительную информацию о рекомендуемых величинах коэффициента запаса и методику его расчета можно найти в разделе «Выбор размера подшипника по статической грузоподъемности», стр. 76.

Выбор размера подшипников по формулам ресурса

Номинальный ресурс

Номинальный ресурс подшипника согласно ISO 281:1990 составляет

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

Если частота вращения подшипника постоянна, вычисление ресурса зачастую удобнее производить в рабочих часах по формуле

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

где

L_{10} = номинальный ресурс (при надежности 90 %), миллионы оборотов

L_{10h} = номинальный ресурс (при надежности 90 %), рабочие часы

C = динамическая грузоподъемность 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

Номинальный ресурс SKF

Номинальный ресурс современных высококачественных подшипников может значительно отличаться от реального срока службы в определенных условиях эксплуатации. Конкретный срок службы подшипника зависит от целого ряда факторов, включая условия смазывания, степень загрязненности, наличие перекосов, правильность монтажа и условия окружающей среды.

Поэтому методика ISO 281:1990/Amd 2:2000 предполагает включение в уравнение ресурса коэффициента модифицированного ресурса, который учитывает условия смазывания и загрязненности подшипника, а также граничную нагрузку по усталости материала.

Согласно методике ISO 281:1990/Amd 2:2000 производители подшипников также должны рекомендовать соответствующий метод расчета коэффициента модифицированной ресурса подшипника в зависимости от условий его эксплуатации. При расчете коэффициента a_{SKF} используется тот же принцип граничной нагрузки по усталости P_u , что и при расчете других деталей машин. Величины граничной нагрузки по усталости приведены в таблицах подшипников. Кроме того, коэффициент ресурса a_{SKF} учитывает фактические условия смазывания (относи-

тельную вязкость η) и коэффициент уровня загрязненности подшипника η_c .

Уравнение ресурса SKF, соответствующее требованиям ISO 281:1990/Amd 2:2000, выглядит следующим образом:

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

При постоянной частоте вращения ресурс может быть рассчитан в рабочих часах по формуле:

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

где

L_{nhm} = ресурс SKF (при надежности 100 – $n^{1/2}$ %), миллионы оборотов

L_{nhmh} = ресурс SKF (при надежности 100 – $n^{1/2}$ %), рабочие часы

L_{10} = номинальный ресурс (при надежности 90 %), миллионы оборотов

a_1 = поправочный коэффициент надежности (**→ табл. 1**)

a_{SKF} = коэффициент ресурса SKF (**→ диаграммы 1–4**)

C = динамическая грузоподъемность, кН

P = эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник, кН

¹⁾ Параметр n характеризует вероятность отказа, т.е. разницу между требуемой и 100 % надежностью

n = частота вращения, об/мин

p = показатель степени:

= 3 для шарикоподшипников

= 10/3 для роликоподшипников

В некоторых случаях удобнее выражать ресурс подшипника не в миллионах оборотов или часах, а в других единицах. Например, ресурс буксовых подшипников, используемых в рельсовых транспортных средствах, обычно выражается в пройденных километрах. Для упрощения расчета ресурса подшипника в различных единицах в **табл. 2, стр. 58**, приведены наиболее употребительные переводные формулы.

Коэффициент ресурса a_{SKF}

Как указывалось ранее, этот коэффициент зависит от отношения граничной нагрузки по усталости к эквивалентной нагрузке (P_u/P), условий смазывания (относительная вязкость η) и уровня загрязненности подшипника (η_c). В зависимости от типа подшипника величины коэффициента a_{SKF} можно определить по одной из следующих четырех диаграмм, где представлены кривые зависимости между η_c (P_u/P) стандартных подшипников SKF / подшипников класса SKF Explorer и различными величинами коэффициента вязкости η :

Диаграмма 1: Радиальные шарикоподшипники, **стр. 54**.

Диаграмма 2: Радиальные роликоподшипники, **стр. 55**.

Диаграмма 3: Упорные шарикоподшипники, **стр. 56**.

Диаграмма 4: Упорные роликоподшипники, **стр. 57**.

Кривые построены для типичных величин и коэффициентов запаса, обычно ассоциируемых с пределами усталостной прочности других механических деталей. Учитывая допущения, присущие уравнению ресурса SKF, даже если рабочие условия точно определены, использование величин a_{SKF} свыше 50 не имеет смысла.

Таблица 1

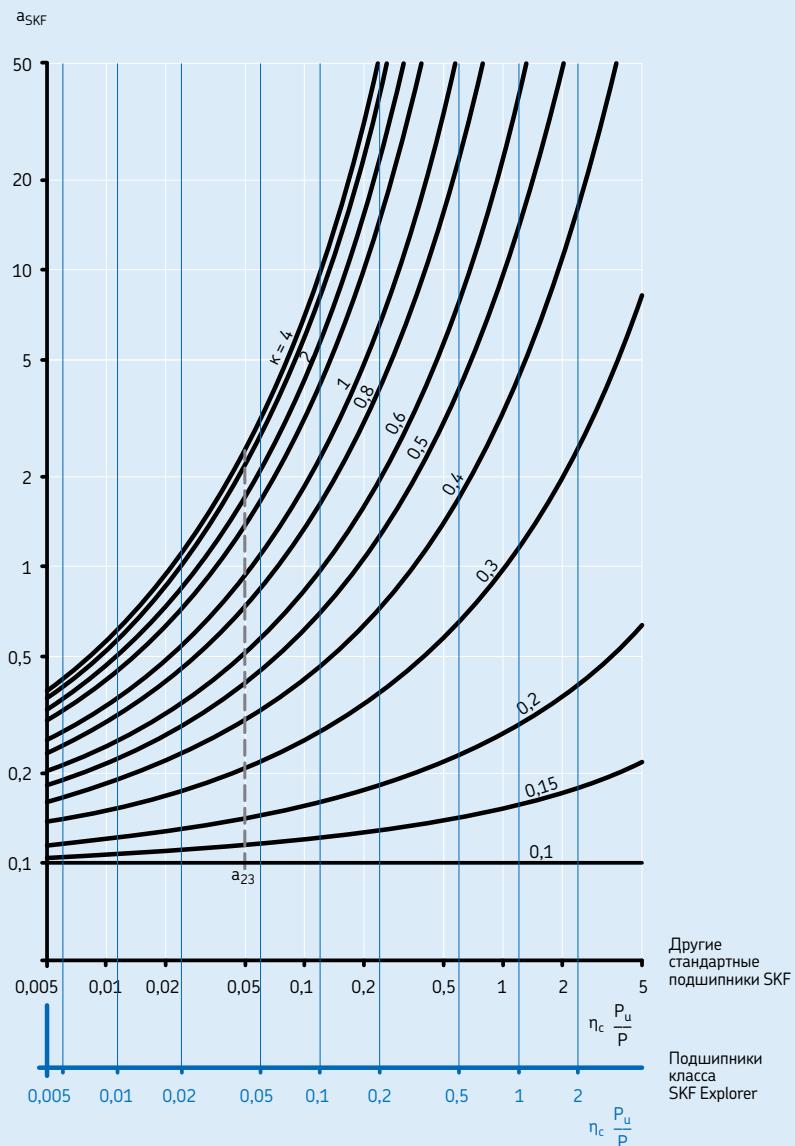
Величины поправочного коэффициента ресурса a_1

Надежность %	Вероятность отказа n %	Ресурс SKF L_{nhm}	Коэффициент a_1
90	10	L_{10m}	1
95	5	L_{5m}	0,62
96	4	L_{4m}	0,53
97	3	L_{3m}	0,44
98	2	L_{2m}	0,33
99	1	L_{1m}	0,21

Выбор размера подшипника

Диаграмма 1

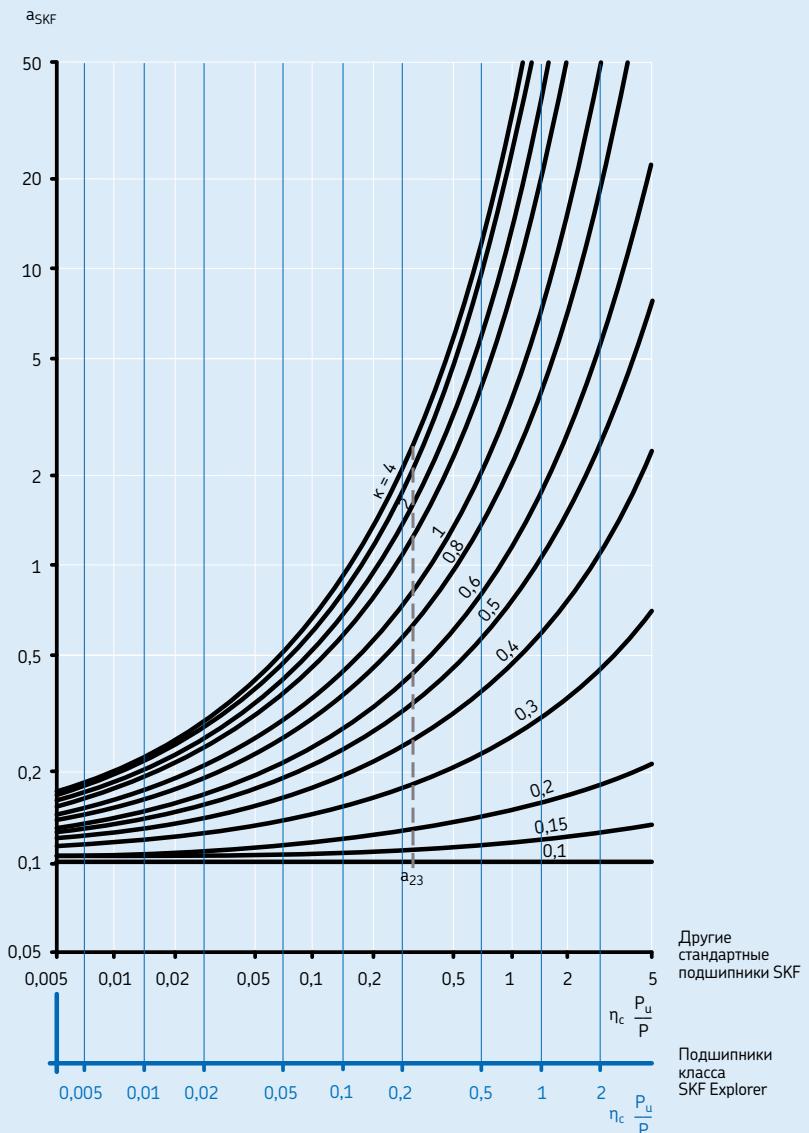
Коэффициент a_{SKF} для радиальных шарикоподшипников



Если $k > 4$, использовать кривую для $k = 4$

Т.к. величина $\eta_c (P_u/P)$ стремится к нулю, a_{SKF} стремится к 0,1 для всех величин k

Пунктирной линией обозначено местоположение старой шкалы a_{23} (k), где $a_{SKF} = a_{23}$

Коэффициент a_{SKF} для радиальных роликоподшипников

Если $k > 4$, использовать кривую для $k = 4$

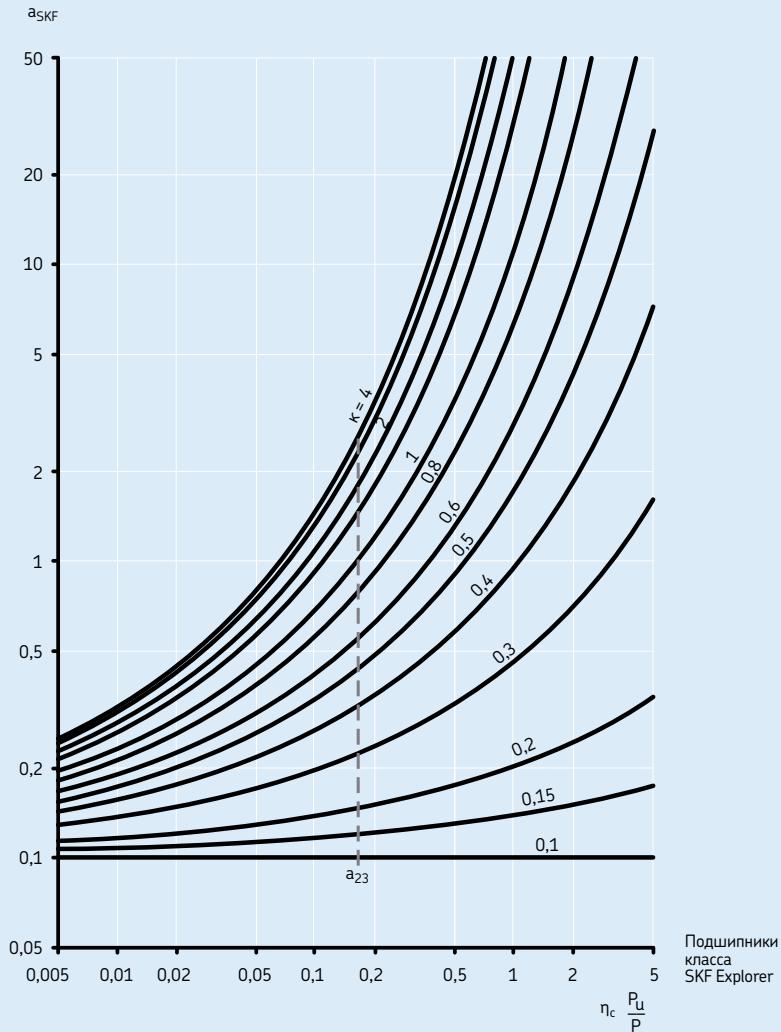
Т.к. величина $\eta_c (P_u/P)$ стремится к нулю, a_{SKF} стремится 0,1 для всех величин k

Пунктирной линией обозначено местоположение старой шкалы a_{23} (k), где $a_{SKF} = a_{23}$

Выбор размера подшипника

Диаграмма 3

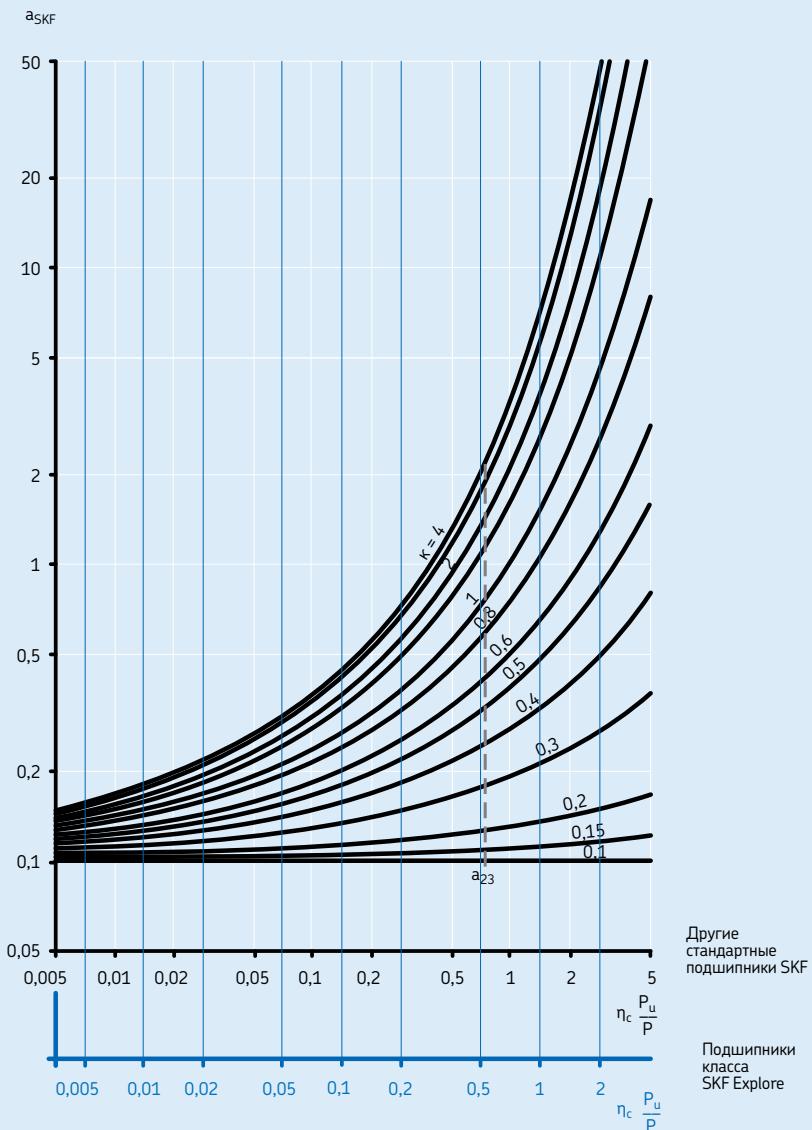
Коэффициент a_{SKF} для упорных шарикоподшипников



Если $k > 4$, использовать кривую для $k = 4$

Т.к. величина $\eta_c (P_u/P)$ стремится к нулю, a_{SKF} стремится 0,1 для всех величин k

Пунктирной линией обозначено местоположение старой шкалы a_{23} (k), где $a_{SKF} = a_{23}$

Коэффициент a_{SKF} для упорных роликоподшипников

Если $k > 4$, использовать кривую для $k = 4$

Т.к. величина $n_c (P_u/P)$ стремится к нулю, a_{SKF} стремится 0,1 для всех величин k

Пунктирной линией обозначено местоположение старой шкалы a_{23} (k), где $a_{SKF} = a_{23}$

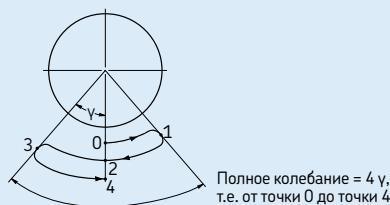
Выбор размера подшипника

Расчет коэффициента ресурса a_{SKF}

Инженерные программы SKF – CADalog или «Интерактивный инженерный каталог SKF» на интернет-сайте www.skf.com – также могут помочь в расчетах величин коэффициента a_{SKF} . Кроме того, компанией SKF разработаны современные компьютерные программы, позволяющие производить расчет ресурса непосредственно на уровне напряжения контакта качения с учетом других факторов, влияющих на ресурс подшипника, например, таких, как перекос, отклонение вала и деформация корпуса (→ раздел «Расчетные средства SKF», стр. 82).

Таблица 2

Коэффициенты пересчета ресурса



Основные единицы	Переводной коэффициент			
	Миллионы оборотов	Рабочие часы	Миллионы километров пробега	Миллионы колебательных циклов
1 миллион оборотов	1	$\frac{10^6}{60 n}$	$\frac{\pi D}{10^3}$	$\frac{180}{2 \gamma}$
1 рабочий час	$\frac{60 n}{10^6}$	1	$\frac{60 n \pi D}{10^9}$	$\frac{180 \times 60 n}{2 \gamma 10^6}$
1 миллион километров	$\frac{10^3}{\pi D}$	$\frac{10^9}{60 n \pi D}$	1	$\frac{180 \times 10^3}{2 \gamma \pi D}$
1 миллион колебательных циклов ¹⁾	$\frac{2 \gamma}{180}$	$\frac{2 \gamma 10^6}{180 \times 60 n}$	$\frac{2 \gamma \pi D}{180 \times 10^3}$	1

D = диаметр колеса транспортного средства, м

n = частота вращения, об/мин

γ = амплитуда колебания (угол макс. отклонения от центрального положения), градусы

¹⁾ недействительны для малых амплитуд ($\gamma < 10$ градусов)

УСЛОВИЯ СМАЗЫВАНИЯ – ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЯЗКОСТЬ К

Эффективность смазочного материала главным образом определяется степенью разделения контактирующих поверхностей качения. Для образования смазочной пленки достаточной толщины смазочный материал должен обладать определенной минимальной вязкостью при достижении подшипником рабочей температуры. Условия смазывания описываются коэффициентом вязкости κ как отношение фактической вязкости v к номинальной вязкости v_1 , требуемой для достаточного смазывания. При этом обе эти величины рассматриваются для рабочей температуры смазочного материала (\rightarrow раздел «Выбор смазочного масла», стр. 252).

$$\kappa = \frac{v}{v_1},$$

где

κ = относительная вязкость

v = фактическая вязкость смазочного материала при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$

v_1 = номинальная вязкость, зависящая от среднего диаметра подшипника и частоты вращения, $\text{мм}^2/\text{с}$

Для образования смазочной пленки достаточной толщины между контактирующими поверхностями качения смазочный материал должен иметь определенную минимальную вязкость при рабочей температуре. Величину номинальной вязкости v_1 , требуемой для достаточного смазывания, можно получить из **диаграммы 5, стр. 60**, зная величины среднего диаметра подшипника $d_m = 0,5 (d + D)$, мм и частоты вращения подшипника n , об/мин. Эта диаграмма была исправлена с учетом результатов последних трибологических исследований подшипников качения.

Если величина рабочей температуры подшипника известна из опыта или может быть определена каким-либо иным образом, соответствующая величина вязкости смазочного материала при соответствующей международным стандартам эталонной температуре 40 °C может быть найдена по **диаграмме 6, стр. 61** или рассчитана. Данная диаграмма построена для индекса вязкости 95. В **табл. 3** приведена классификация вязкости согласно ISO 3448:

1992 с указанием диапазона вязкости для каждого класса при 40 °C. Некоторые типы подшипников, например, сферические роликоподшипники, конические роликоподшипники и упорные сферические роликоподшипники, обычно имеют более высокую рабочую температуру, чем подшипники других типов, например, радиальные шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники, при сравнимых рабочих условиях.

Таблица 3

Классификация вязкости ISO согласно ISO 3448			
Класс вязкости ISO	Пределы кинематической вязкости при 40 °C		
	средн.	мин.	макс.
$\text{мм}^2/\text{с}$			
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 1 000	1 000	900	1 100
ISO VG 1 500	1 500	1 350	1 650

Выбор размера подшипника

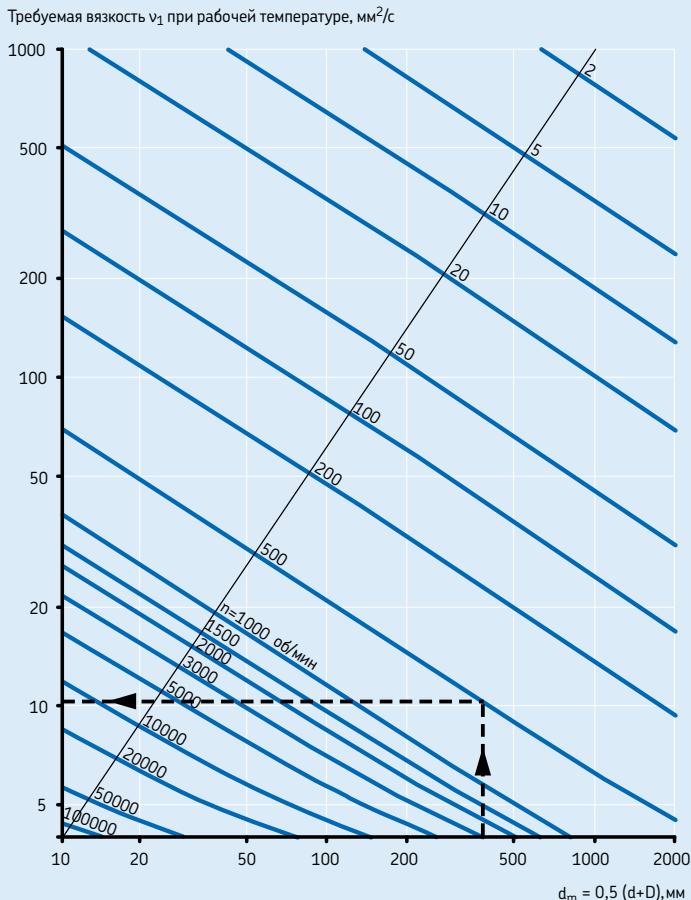
Пример расчета

Подшипник, имеющий диаметр отверстия $d = 340$ мм и наружный диаметр $D = 420$ мм, должен работать при частоте вращения $n = 500$ об/мин. Т.к. $d_m = 0,5(d + D)$, $d_m = 380$ мм, из **диаграммы 5** минимальная номинальная вязкость v_1 , требуемая для обеспечения достаточного смазывания при рабочей температуре, составляет примерно $11 \text{ mm}^2/\text{с}$. Если предположить, что рабочая температура подшипника составляет 70°C , то по **диаграмме 6**, находим,

что требуется смазочный материал класса вязкости ISO VG 32, имеющий фактическую вязкость v не менее $32 \text{ mm}^2/\text{с}$ при температуре 40°C .

Диаграмма 5

Номинальная кинематическая вязкость при рабочей температуре



Влияние антизадирных (EP) добавок

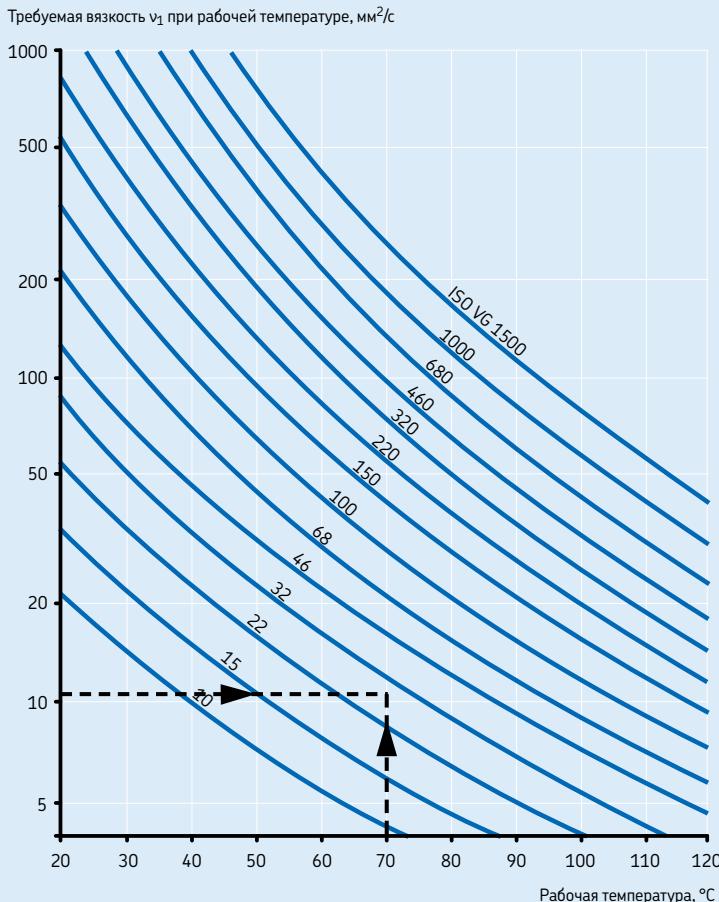
Как известно, использование некоторых видов антизадирных (EP) добавок может продлить срок службы подшипника за счет улучшения некоторых характеристик смазочного материала. Например, если $k < 1$ и коэффициент загрязненности $\eta_c \geq 0,2$, то согласно DIN ISO 281 Приложение 1:2003 при расчете можно использовать величину $k = 1$ при условии использования проверенных эффективных добавок EP. В этом случае величина коэффи-

циента ресурса a_{SKF} должна быть ≤ 3 , но не ниже величины a_{SKF} для обычных смазочных материалов.

Для остального диапазона коэффициент a_{SKF} может определяться по фактическим величинам k . В случае сильной загрязненности, т.е. при $\eta_c < 0,2$, предполагаемая эффективность применения добавок EP должна быть подтверждена испытаниями. См. также информацию относительно добавок EP в главе «Смазывание» стр. 229.

Диаграмма 6

Кинематическая вязкость при рабочей температуре классификация ISO VG



Выбор размера подшипника

Коэффициент загрязненности η_c

Данный коэффициент был введен для учета уровня загрязненности смазочного материала при расчете ресурса подшипника. Влияние загрязненности на усталость подшипника зависит от целого ряда параметров, включая размер подшипника, относительную толщину смазочной пленки, размер и распределение твердых загрязняющих частиц, тип загрязнений (мягкие, твердые частицы и т.д.). Поскольку влияние перечисленных параметров на ресурс подшипника носит сложный характер и многие параметры с трудом поддаются количественному анализу, назначить точные общезначимые величины η_c , не представляется возможным. Однако некоторые рекомендуемые величины приведены в табл. 4.

Если расчет ресурса безотказно работающего подшипника ранее производился с использованием коэффициента a_{23} , то соответствующую (неявную) величину коэффициента η_c можно рассчитать исходя из оценки коэффициента a_{SKF} на основе коэффициента a_{23} , как поясняется в разделе «Особый случай – поправочный коэффициент a_{23} », стр. 68.

Следует иметь в виду, что данный метод, вероятно, позволит определить лишь примерную величину коэффициента загрязненности η_c для конкретных условий эксплуатации. Второй метод определения величины коэффициента η_c состоит в количественном выражении уровня загрязненности и использовании этой величины в качестве исходных данных для оценки величины η_c .

Таблица 4

Условие	Коэффициент η_c ⁽¹⁾ для подшипников с диаметром $d_m < 100 \text{ mm}$	
Особая чистота Размер частиц примерно равен толщине смазочной пленки Лабораторные условия	1	1
Высокая степень чистоты Масло профильтровано через фильтр особо тонкой очистки Типичные условия для подшипников с уплотнениями и пластичной смазкой	0,8 ... 0,6	0,9 ... 0,8
Нормальная чистота Масло профильтровано через фильтр тонкой очистки Типичные условия для подшипников с защитными шайбами и пластичной смазкой	0,6 ... 0,5	0,8 ... 0,6
Малая загрязненность Малая загрязненность смазочного материала	0,5 ... 0,3	0,6 ... 0,4
Типичная загрязненность Типичные условия для подшипников без встроенных уплотнений при грубой очистке масла, наличии частиц износа и проникновении загрязняющих частиц извне	0,3 ... 0,1	0,4 ... 0,2
Сильная загрязненность Сильно загрязненная среда подшипника и недостаточное уплотнение подшипникового узла.	0,1 ... 0	0,1 ... 0
Очень сильная загрязненность (при экстремальных величинах загрязненности η_c может находиться за пределами шкалы, что вызывает более существенное уменьшение ресурса от ее величины по уравнению для L_{nM})	0	0

¹⁾ Шкала η_c указывает только типичный уровень загрязненности твердыми частицами. Загрязненность водой или другими жидкостями, вызывающими уменьшение ресурса подшипника, не учитывается. В случае очень сильной загрязненности ($\eta_c = 0$) отказ вызывается износом и фактический ресурс подшипника может быть меньше его名义ального ресурса

Классификация загрязнений ISO и характеристика фильтра

Стандартный метод классификации уровня загрязненности систем смазки регламентирован стандартом ISO 4406:1999. Эта система классификации основана на преобразовании результата подсчета количества твердых частиц в код по шкале загрязненности (**→ табл. 5 и диаграмма 7, стр. 65.**)

Один из методов оценки уровня загрязненности масла подшипника состоит в подсчете количества твердых частиц под микроскопом. При этом методе используются две шкалы, соответствующие количеству частиц с размерами более 5 мкм и более 15 мкм. Второй метод предполагает использование автоматических счетчиков твердых частиц и трех шкал,

которые соответствуют количеству частиц с размерами более 4 мкм, более 6 мкм и более 14 мкм. Таким образом, классификация уровня загрязненности включает три номера по шкалам загрязненности.

Типичные примеры уровня загрязненности смазочного масла по этой классификации -/15/12 (A) или 22/18/13 (B) представлены на **диаграмме 7, стр. 65.**

Пример А означает, что масло содержит от 160 до 320 частиц ≥ 5 мкм и от 20 до 40 частиц ≥ 15 мкм на 1 мл масла. Хотя в идеальных условиях смазочные масла должны непрерывно фильтроваться, жизнеспособность системы фильтрации зависит от оптимального соотношения роста затрат на фильтрацию и увеличения срока службы подшипника.

Характеристика фильтра является показателем его эффективности. Эффективность фильтров определяется как коэффициент β , относящийся к частицам установленного размера. Чем выше величина β , тем выше эффективность фильтра по задержанию частиц определенного размера. Поэтому необходимо обращать внимание как на величину β , так и на установленный размер частиц. Параметр фильтра β выражается в виде отношения между количеством частиц определенного размера до и после фильтрации и может быть вычислен по следующей формуле:

$$\beta_x = \frac{n_1}{n_2},$$

где

β_x = параметр фильтра применительно к частицам размера x

x = размер частиц, мкм

n_1 = количество частиц на единицу объема (100 мл) с размерами больше x мкм до фильтра

n_2 = количество частиц на единицу объема (100 мл) с размерами больше x мкм после фильтра

Примечание

Параметр фильтра β относится только к одному размеру частиц в мкм, что выражается индексом, например, β_3 , β_6 , β_{12} , и т.д. Например, параметр « $\beta_6 = 75$ » означает, что только 1 из 75 частиц размером 6 мкм или крупнее проходит через фильтр.

Таблица 5

Классификация ISO – шкала загрязненности		
Количество частиц на миллилитр свыше	до	Код масла
2 500 000		> 28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
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
2,5	5	9
1,3	2,5	8
0,64	1,3	7
0,32	0,64	6
0,16	0,32	5
0,08	0,16	4
0,04	0,08	3
0,02	0,04	2
0,01	0,02	1
0,00	0,01	0

Выбор размера подшипника

Определение величины η_c при известном уровне загрязненности

При смазывании маслом, если известно значение уровня его загрязненности, полученное путем микроскопного подсчета или автоматического анализа частиц (по методике ISO 4406:1999) или опосредованно, по величине параметра фильтрации применительно к системе циркуляции масла, полученные данные можно использовать для определения величины коэффициента загрязненности η_c . При этом следует иметь в виду, что величину коэффициента η_c невозможно определить путем одного лишь измерения уровня загрязненности масла. Она в большой степени зависит от условий смазывания, т.е. от относительной вязкости k и размера подшипника. Здесь приводится упрощенный метод определения величины коэффициента η_c по методике DIN ISO 281 Приложение 4:2003. Коэффициент загрязненности η_c определяют на основе кода шкалы загрязненности масла (или коэффициента фильтрации, применяемого для конкретной системы смазывания), используя величины среднего диаметра подшипника $dm = 0,5(d + D)$, мм, и коэффициента вязкости k (→ **диаграммы 8 и 9, стр. 66**).

Диаграммы 8 и 9 содержат типичные величины коэффициента η_c для циркуляционного смазывания маслом с различной степенью фильтрации и различными уровнями загрязненности масла. Аналогичные величины уровня загрязненности допустимо использовать в тех случаях, когда использование масляной ванны практически не приводит к увеличению содержания загрязняющих частиц в системе.

С другой стороны, если количество частиц в масляной ванне продолжает увеличиваться из-за усиленного износа или попадания загрязняющих частиц извне, это должно быть отражено в выборе величины коэффициента η_c , соответствующего системам смазки масляной ванной, как определено методикой DIN ISO 281 Приложение 4:2003.

Для смазывания пластичной смазкой величина h_c также может определяться аналогичным образом, хотя измерение уровня загрязненности может быть затруднено и поэтому устанавливается методом простой качественной оценки.

Диаграммы 10 и 11, стр. 67, содержат типичные величины коэффициента η_c для

смазывания пластичной смазки в условиях особой и нормальной чистоты.

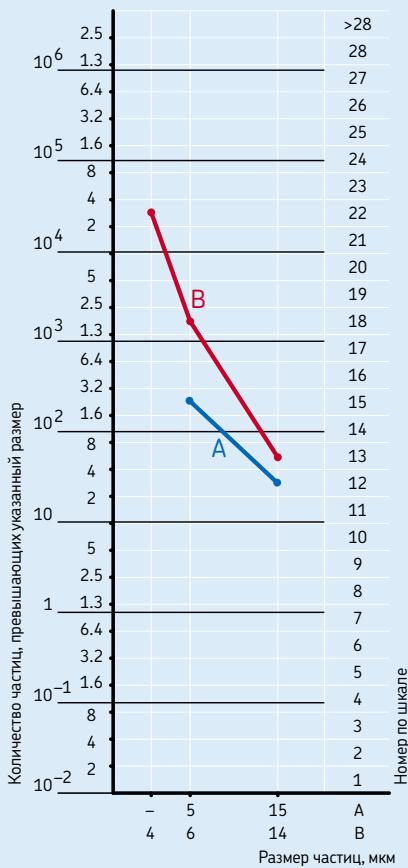
При необходимости определения величины коэффициента h_c для других степеней загрязненности при смазывании циркуляцией масла, масляной ванной и пластичной смазкой рекомендуем обратиться к методике DIN ISO 281, Приложение 4:2003 или в техническую службу SKF.

Представление о влиянии загрязнений на усталостный ресурс подшипника дает следующий пример. Несколько радиальных шарикоподшипников 6305 с уплотнениями и без уплотнений были испытаны в условиях сильно загрязненной среды (коробка передач с большим количеством частиц продуктов износа). Отказов в работе подшипников с уплотнениями не было, поэтому испытания были прерваны по практическим соображениям после того, как наработка подшипников с уплотнениями в 30 раз превысила экспериментальный ресурс подшипников без уплотнений. Ресурс подшипников без уплотнений равнялся 0,1 от расчетного ресурса L_{10} , что соответствует величине коэффициента $\eta_c = 0$ по **табл. 4, стр. 62**.

Диаграммы 1–4, стр. 54, иллюстрируют важность чистоты смазочного материала на примере быстрого падения величины коэффициента a_{SKF} при снижении величины η_c . Применение подшипников со встроенными уплотнениями – хороший и экономичный способ достижения высокой степени чистоты смазочного материала в подшипниках.

Диаграмма 7

Классификация ISO и примеры подсчета частиц



A = микроскопный подсчет частиц (-/15/12)
B = автоматический подсчет частиц (22/18/13)

Выбор размера подшипника

Диаграмма 8

Коэффициент загрязненности η_c для следующих условий:
– циркуляционное смазывание маслом
– уровень загрязненности твердыми частицами –/15/12 согласно ISO 4406:1999
– параметр фильтра $\beta_{12} = 200$

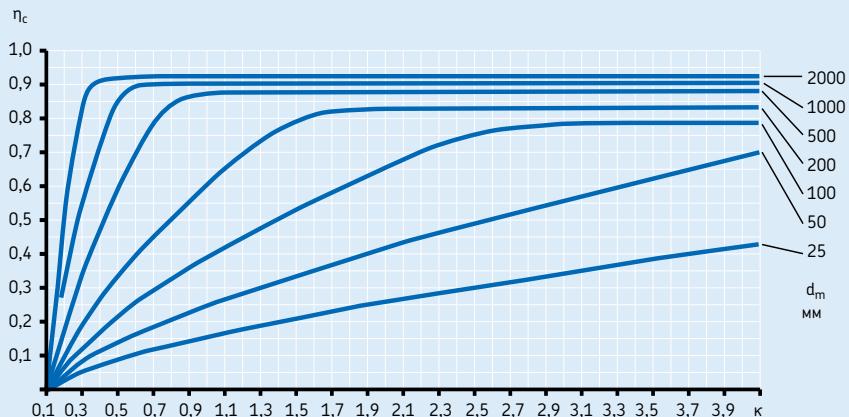


Диаграмма 9

Коэффициент загрязненности η_c для следующих условий:
– циркуляционное смазывание маслом
– уровень загрязненности твердыми частицами –17/14 согласно ISO 4406:1999
– параметр фильтра $\beta_{25} = 75$

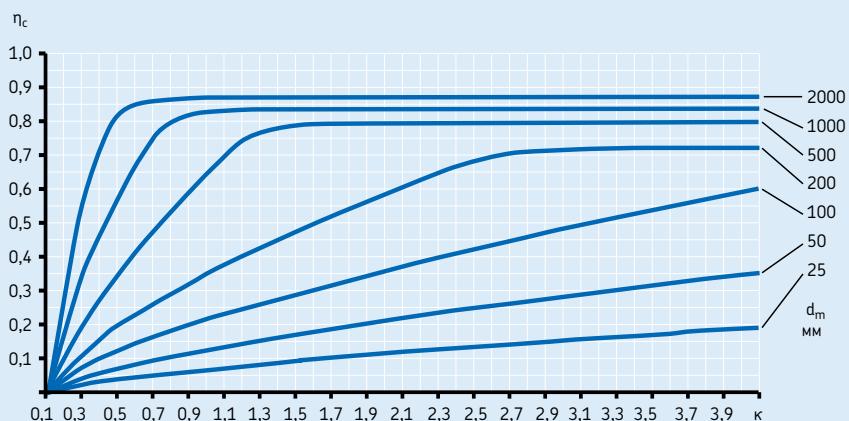


Диаграмма 10

Коэффициент загрязненности η_c для смазывания пластичной смазкой, особая чистота

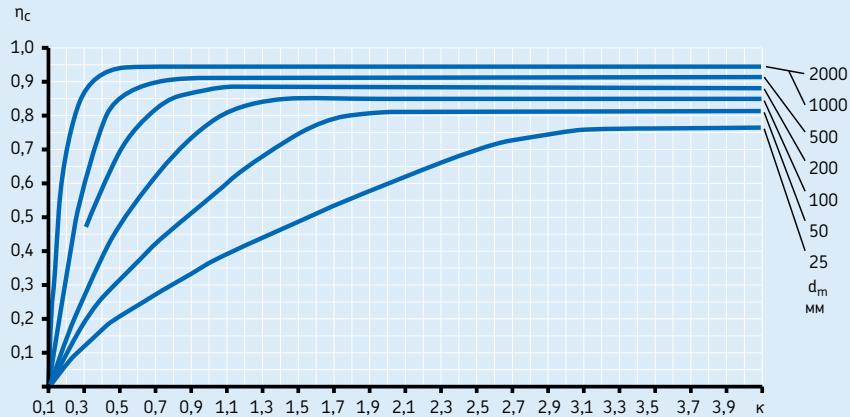
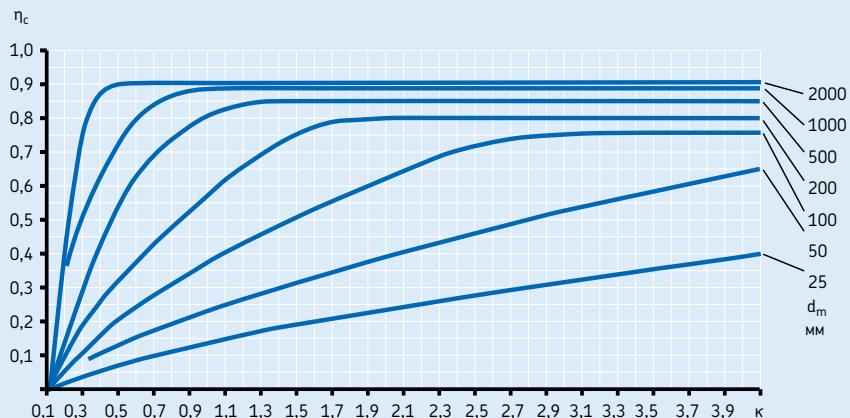


Диаграмма 11

Коэффициент загрязненности η_c для смазывания пластичной смазкой, нормальная чистота



Выбор размера подшипника

Особый случай – поправочный коэффициент a_{23}

В предыдущих изданиях каталога SKF корректировка величины номинального ресурса производилась путем ввода поправочного коэффициента a_{23} , учитывавшего материал и смазывание. Этот коэффициент был впервые введен SKF в 1975 году.

В методике ISO 281:1990/Amd 2:2000 этот тип корректировки ресурса упомянут как частный случай более общего модифицированного коэффициента ресурса a_{SKF} . Под поправочным коэффициентом a_{23} имеется в виду удельное соотношение «загрязненность–нагрузка» $[\eta_c (P_u/P)]_{23}$ используемого в диаграммах коэффициента ресурса a_{SKF} . Т.к. величина коэффициента a_{23} зависит только от относительной вязкости κ , уровень a_{23} наложен на кривые, соответствующие различным значениям κ на **диаграммах 1–4, стр. 54**, определения коэффициента a_{SKF} в точке, где $\eta_c (P_u/P) = [\eta_c (P_u/P)]_{23}$. Таким образом, величина коэффициента загрязненности η_c становится равной

$$\eta_c = [\eta_c (P_u/P)]_{23} / (P_u/P)$$

Месторасположение точки, где $\eta_c (P_u/P) = [\eta_c (P_u/P)]_{23}$ обозначено пунктирной линией, а величины отношения для стандартных подшипников и подшипников класса SKF Explorer приведены в **табл. 6**. Так, например, для стандартных радиальных шарикоподшипников соответствующая величина η_c составляет

$$\eta_c = \frac{0,05}{P_u/P}$$

В том месте, где величина отношения «загрязненность–нагрузка» $[\eta_c (P_u/P)]_{23} = 0,05$ на **диаграмме 1, стр. 54**, $a_{SKF} = a_{23}$ и a_{23} можно найти непосредственно по оси a_{SKF} (пересечение с пунктирной линией шкалы κ). Затем ресурс вычисляется по упрощенной формуле:

$$L_{nm} = a_1 a_{23} L_{10},$$

где

L_{nm} = номинальный ресурс SKF (при надежности 100 – n %), миллионы оборотов

L_{10} = номинальная ресурс (при надежности 90 %), миллионы оборотов

a_1 = поправочный коэффициент надежности (\rightarrow **табл. 1, стр. 53**)

a_{23} = поправочный коэффициент материала и смазки, если $\eta_c (P_u/P) = [\eta_c (P_u/P)]_{23}$ (\rightarrow **диаграммы 1–4, стр. 54** и далее)

Использование поправочного коэффициента a_{23} на практике предполагает, что условие напряжения характеризуется величиной $\eta_c (P_u/P) = [\eta_c (P_u/P)]_{23}$. Если фактическая величина $\eta_c (P_u/P)$ подшипника меньше или больше, величины $[\eta_c (P_u/P)]_{23}$, оценка ресурса подшипника будет соответственно занижена или завышена. Другими словами, случаи тяжелых нагрузок и повышенной загрязненности и легких нагрузок и высокой чистоты отражаются поправочным коэффициентом a_{23} недостаточно точно.

Таблица 6

Отношение «загрязненность–нагрузка» $[\eta_c (P_u/P)]_{23}$

Тип подшипника	Отношение $[\eta_c (P_u/P)]_{23}$ для стандартных подшипников SKF	Отношение $[\eta_c (P_u/P)]_{23}$ для подшипников SKF Explorer
----------------	---	--

Радиальные подшипники

Шарикоподшипники	0,05	0,04
Роликоподшипники	0,32	0,23

Упорные подшипники

Шарикоподшипники	0,16	–
Роликоподшипники	0,79	0,56

Для стандартных подшипников, работающих с коэффициентом нагрузки С/Р, примерно равным 5, уровень загрязненности, при котором $a_{SKF} = a_{23}$, потребует величины коэффициента η_c , примерно равной 0,4–0,5. Если фактическая загрязненность системы больше нормального уровня, использование поправочного коэффициента a_{23} приводит к переоценке ресурса подшипника. Поэтому для повышения надежности выбора размера подшипника SKF рекомендует использовать только метод a_{SKF} .

Соответствие между поправочными коэффициентами a_{23} и a_{SKF} оказывается полезным для перевода традиционных систем, при расчете которых использовался поправочный коэффициент a_{23} , на более общий поправочный коэффициент a_{SKF} . Многие надежные и хорошо зарекомендовавшие себя в работе системы, расчет которых производился с использованием поправочного коэффициента a_{23} , могут быть легко преобразованы в эквивалентный коэффициент a_{SKF} .

На практике это означает введение величины коэффициента загрязненности η_c с учетом отношения «загрязненность–нагрузка» $[\eta_c (P_u/P)]_{23}$, величины которого приведены в **табл. 6**. Полученная таким образом величина коэффициента η_c представляет собой простое приближение η_c . Точность этого первого приблизительного расчета коэффициента η_c может быть повышена путем использования номинальных значений загрязненности масла, как описано в подразделе «Определение величины η_c при известном уровне загрязненности», **стр. 64**. См. также пример расчета 2, **стр. 78**.

Расчет ресурса для изменяющихся рабочих условий

В тех случаях, когда величина и направление нагрузки на подшипник постепенно изменяются по мере изменения частоты вращения, температуры, условий смазывания и уровня загрязненности, непосредственный расчет ресурса подшипника может быть произведен лишь после того, как будет выполнен промежуточный расчет величины эквивалентной нагрузки применительно к данным переменным условиям. Учитывая сложность системы, расчет этого промежуточного параметра может существенно усложнить расчет ресурса.

Поэтому в случае переменных рабочих условий необходимо сузить спектр нагрузки или рабочий цикл системы до небольшого числа упрощенных вариантов нагрузки (**→ диаграмма 12**). При постоянном изменении нагрузки ее отдельные уровни нагрузки могут накапливаться, а ее спектр быть сужен до гистограммы блоков постоянной нагрузки, каждый из которых характеризуется определенным процентом или долей времени работы системы. Следует иметь в виду, что тяжелые и средние нагрузки уменьшают ресурс подшипника быстрее, чем более легкие нагрузки. Поэтому важно, чтобы ударные и пиковидные нагрузки были хорошо представлены на диаграмме даже в том случае, если периодичность их возникновения небольшая и ограничена несколькими оборотами.

Нагрузка на подшипник и рабочие условия, существующие на протяжении рабочего цикла, могут быть приведены к некоторой постоянной величине. Кроме того, количество рабочих часов или оборотов, наработка или совершение которых прогнозируется в течение рабочего цикла, показывают долю ресурса, которая соответствует этому конкретному условию. Так, если обозначить количество оборотов N_1 , которое требуется совершить в условиях нагрузки P_1 , и N – общий срок службы системы, то доля ресурса $U_1 = N_1/N$ будет использована в условиях нагрузки P_1 , что выражается величиной расчетного ресурса L_{10m1} . В условиях изменяющейся нагрузки ресурс подшипника можно приблизительно вычислить по формуле

$$L_{10m} = \frac{1}{\frac{U_1}{L_{10m1}} + \frac{U_2}{L_{10m2}} + \frac{U_3}{L_{10m3}} + \dots},$$

где

L_{10m} = номинальный ресурс, миллионы оборотов

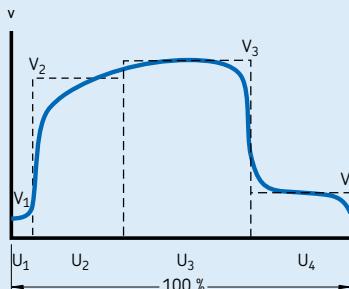
$L_{10m1}, L_{10m2}, \dots$ = доля номинального ресурса при постоянных условиях 1, 2, ..., миллионов оборотов

U_1, U_2, \dots = доля ресурса при условиях 1, 2, ...

Примечание:
 $U_1 + U_2 + \dots + U_n = 1$

Использование данного метода во многом зависит от наличия представительных диаграмм нагрузки конкретной системы. Следует иметь в виду, что такие данные могут быть получены из типичных рабочих условий или стандартных рабочих циклов, характерных для машин этого типа.

Диаграмма 12



Влияние рабочей температуры

В процессе эксплуатации размеры подшипника меняются в результате структурных изменений, происходящих внутри материала подшипника под воздействием температуры, времени и нагрузки.

Во избежание недопустимых изменений размеров, вызываемых структурными изменениями, материалы подшипников подвергаются специальной термической обработке (стабилизации) (→ **табл. 7**).

В зависимости от типа стандартные подшипники из сталей объемной и индукционной закалки рассчитаны на работу в условиях максимальных рабочих температур от 120 до 200 °C. Величины максимальных рабочих температур непосредственно зависят от процесса термообработки. В тех случаях, когда это необходимо, дополнительная информация представлена во вступительной статье соответствующего раздела технической части каталога.

Если нормальная температура эксплуатации подшипника превышает максимально допустимые величины температур, то следует использовать подшипник с более высокой степенью термической стабилизации.

В тех случаях, когда подшипники постоянно работают в условиях повышенных температур, может потребоваться корректировка их динамической грузоподъемности.

Для получения дополнительной информации и консультаций по данному вопросу рекомендуем обращаться в техническую службу SKF.

Стабильная работа подшипников в условиях повышенных температур также зависит от спо-

собности используемого смазочного материала сохранять свои смазочные свойства и от пригодности материалов уплотнений, сепараторов и т.д. (→ разделы «Смазывание» стр. 229, и «Материалы подшипников качения», стр. 138).

По вопросам эксплуатации подшипников в условиях высоких температур в целом и в тех случаях, когда требуется класс стабилизации подшипника выше S1, рекомендуем обращаться в техническую службу SKF.

Требуемый ресурс

При определении размера подшипника, обычно производят проверку соответствия расчетного ресурса SKF с требуемым ресурсом узла. Это, как правило, зависит от типа машины и требований в отношении обслуживания и эксплуатационной надежности. При отсутствии опыта можно использовать рекомендуемые величины, приведенные в **табл. 8 и 9, стр. 72**.

Таблица 7

Стабильность размеров	
Класс стабилизации	Стабилизация до
SN	120 °C
S0	150 °C
S1	200 °C
S2	250 °C
S3	300 °C
S4	350 °C

Выбор размера подшипника

Таблица 8

Ориентировочные величины эксплуатационного ресурса для разных типов машин	
Тип машины	Экспл. ресурс Рабочие часы
Бытовые машины, с/х машины, контрольно-измерительные приборы, медицинское, техническое оборудование	300 ... 3 000
Машины, используемые в течение короткого времени или с перерывами: ручные электроинструменты, подъемные механизмы в рабочих цехах, строительное оборудование и машины	3 000 ... 8 000
Машины, используемые в течение короткого времени или с перерывами, где требуется высокая эксплуатационная надежность: лифты, краны для пакетированных грузов или стропы барабанов и т.д.	8 000 ... 12 000
Машины, используемые 8 часов в день, но не всегда с полной нагрузкой: редукторы общего назначения, промышленные электродвигатели, дробилки и мельницы	10 000 ... 25 000
Машины, используемые 8 часов в день с полной нагрузкой: станки, деревообрабатывающие станки, краны для сыпучих грузов, вентиляторы, ленточные конвейеры, печатное оборудование, сепараторы и центрифуги	20 000 ... 30 000
Машины для непрерывного круглосуточного использования: приводы прокатных станов, электрические машины среднего размера, компрессоры, шахтные подъемники, насосы, текстильное оборудование	40 000 ... 50 000
Оборудование для ветроустановок, включая главный вал, редуктор качания-наклона, подшипники генератора	30 000 ... 100 000
Водопроводное оборудование, роторные печи, кабельное оборудование, силовые агрегаты океанских судов	60 000 ... 100 000
Крупногабаритные электромашины, электростанции, шахтные насосы, шахтные вентиляторы, дейдвудные подшипники океанских судов	> 100 000

Таблица 9

Ориентировочные величины эксплуатационного ресурса буксовых подшипников и подшипниковых узлов для рельсовых транспортных средств	
Тип транспортного средства	Эксплуатационный ресурс миллионы км
Товарные вагоны, соответствующие спецификации UIC с учетом постоянно действующей максимальной нагрузки на ось	0,8
Пассажирские транспортные средства: пригородные поезда, поезда метро, легкие рельсовые транспортные средства и трамваи	1,5
Пассажирские вагоны дальнего следования	3
Дизельные и электрические поезда	3 ... 4
Дизельные или электрические локомотивы	3 ... 5

Динамические нагрузки на подшипник

Расчет динамических нагрузок на подшипник

Нагрузки, действующие на подшипник, можно вычислить по законам механики, если внешние силы (например, силы от привода, рабочие силы или силы инерции) известны или могут быть рассчитаны. При расчете составляющих нагрузки для одиночного подшипника в целях упрощения вал рассматривается как балка, покоящаяся на жестких безмоментных опорах. Упругие деформации подшипника, корпуса или рамы машины не рассматриваются, равно как и моменты, возникающие в подшипнике в результате деформаций вала.

Эти упрощения необходимы, если расчет параметров подшипникового узла производится при помощи подручных средств, например, калькулятора. Стандартизованные методы расчета грузоподъемности подшипника и эквивалентной нагрузки на подшипник основаны на подобных допущениях.

Расчет нагрузок на подшипник может быть основан на теории упругости без вышеуказанных допущений, но для этого требуются сложные компьютерные программы. В этих программах подшипник, вал и корпус рассматриваются как эластичные компоненты системы.

Внешние силы, возникающие, например, из собственного веса вала и установленных на нем деталей или из массы транспортного средства и сил инерции, либо известны, либо могут быть рассчитаны. Однако, при определении рабочих сил (сил прокатки, сил резания в станках и т.д.), ударных сил и дополнительных динамических сил, возникающих, например, в результате дисбаланса, зачастую приходится полагаться на оценки, основанные на опыте эксплуатации подобных машин или подшипниковых узлов.

Зубчатые передачи

В зубчатых передачах расчет теоретических сил, действующих на зуб, может быть произведен на основе передаваемой мощности и конструктивных параметров зубчатого колеса. Однако имеются дополнительные динамические силы, возникающие в самой шестерне или за счет приводного вала или отбора мощности. Дополнительные динамические силы в шестернях возникают из-за нарушений формы

зубьев и дисбаланса вращающихся деталей. В соответствии с требованиями малошумной работы зубчатые колеса изготавливаются по высоким стандартам точности, и эти силы обычно настолько малы, что при расчете подшипников ими можно пренебречь.

Дополнительные силы, возникающие вследствие конструктивных особенностей и режима работы сопряженных с зубчатыми колесами механизмов, могут быть определены только в том случае, когда известны условия эксплуатации. Их влияние на величину номинальной ресурса подшипников учитывается при помощи «коэффициента нагрузки», который учитывает ударные нагрузки и к. п. д. передачи. Значения этого коэффициента для различных условий работы обычно приводятся в технических изданиях, публикуемых изготовителями зубчатых колес.

Ременные передачи

При расчете подшипника опоры шкива ременного привода необходимо учитывать величину эффективного натяжения ремня (окружную силу), которая зависит от величины передаваемого вращающего момента. Величина натяжения ремня должна быть умножена на коэффициент, величина которого зависит от типа ремня, его натяжения и дополнительных динамических сил. Эти значения обычно рекомендуются изготовителями ремней. Однако, если необходимые технические данные неизвестны, можно использовать следующие ориентировочные величины:

- зубчатые ремни = от 1,1 до 1,3
- клиновые ремни = от 1,2 до 2,5
- плоские ремни = от 1,5 до 4,5

Большие величины имеют место, если расстояние между валами невелико, а также в случае тяжелых и ударных нагрузок или сильного натяжения ремня.

Выбор размера подшипника

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

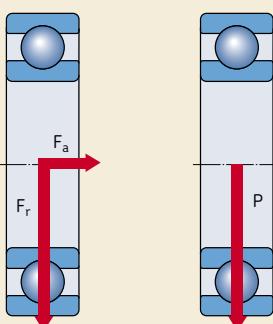
Если установлено, что величина нагрузки на подшипник F , вычисленная на основе вышеуказанных технических параметров, соответствует динамической грузоподъемности подшипника C , т.е. нагрузка постоянна по величине и направлению и действует в радиальном направлении на радиальный подшипник или в осевом направлении вдоль центральной оси на упорный подшипник, тогда $P = F$ и величины нагрузки можно подставить непосредственно в уравнения ресурса.

Во всех других случаях прежде всего необходимо рассчитать эквивалентную динамическую нагрузку на подшипник, которая определяется как гипотетическая нагрузка, постоянная по величине и направлению и действующая в радиальном направлении на радиальный подшипник или в осевом направлении на упорный подшипник и в случае ее приложения оказыывающая такое же влияние на ресурс подшипника, как и фактические нагрузки на подшипник (→ рис. 2).

Радиальные подшипники нередко подвергаются одновременному воздействию радиальных и осевых нагрузок. Если суммарная нагрузка постоянна по величине и направлению, эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник P может быть вычислена по общей формуле:

$$P = X F_r + Y F_a,$$

Рис. 2



где

P = эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник, кН

F_r = фактическая радиальная нагрузка на подшипник, кН

F_a = фактическая осевая нагрузка на подшипник, кН

X = коэффициент радиальной нагрузки подшипника

Y = коэффициент осевой нагрузки подшипника

Дополнительная осевая нагрузка оказывает влияние на величину эквивалентной динамической нагрузки P , действующую на однорядный радиальный подшипник только в том случае, если отношение F_a/F_r превышает определенный ограничивающий фактор e . Для двухрядных радиальных подшипников даже легкие осевые нагрузки, как правило, являются значительными.

То же общее уравнение справедливо для сферических упорных роликоподшипников, которые способны воспринимать как осевые, так и радиальные нагрузки. Для упорных подшипников, способных нести только осевые нагрузки, например, упорных шарикоподшипников, цилиндрических упорных и игольчатых упорных роликоподшипников, это уравнение может иметь упрощенный вид при условии, что нагрузка действует вдоль центральной оси

$$P = F_a$$

Всю информацию и параметры, требуемые для расчета эквивалентной динамической нагрузки на подшипник, можно найти во вступительных статьях соответствующих разделов технической части каталога, посвященных отдельным типам подшипников, а также в соответствующих таблицах подшипников.

Переменная нагрузка на подшипник

В многих случаях величина нагрузки носит переменный характер. Формула расчета ресурса для переменных рабочих условий (→ стр. 70).

Диаграмма 13

Усреднение нагрузки

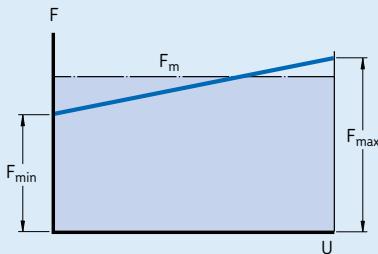


Диаграмма 14

Вращающаяся нагрузка

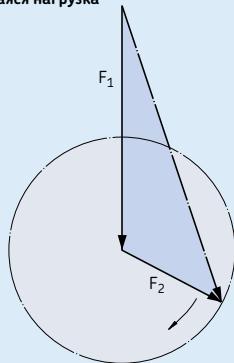
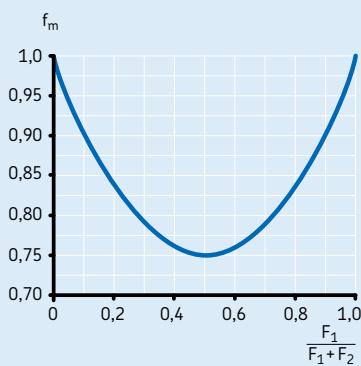


Диаграмма 15



Средняя нагрузка на протяжении рабочего цикла

В пределах каждого интервала нагрузки рабочие условия могут слегка отличаться от номинальных величин. Если предположить, что рабочие условия, т.е. скорость и направление нагрузки, достаточно постоянны, а величина нагрузки постоянно изменяется в пределах от минимальной величины F_{\min} до максимальной величины F_{\max} (→ **диаграмма 13**), то величину средней нагрузки можно определить по формуле

$$F_m = \frac{F_{\min} + 2 F_{\max}}{3}$$

Вращающаяся нагрузка

Как показано на **диаграмме 14**, нагрузка f_m на подшипник состоит из нагрузки F_1 , постоянной по величине и направлению (например, вес ротора), и константы вращающейся нагрузки F_2 (например, дисбалансная нагрузка). Величину средней нагрузки можно определить по формуле

$$F_m = f_m (F_1 + F_2)$$

Величины коэффициента f_m можно найти по **диаграмме 15**.

Требуемая минимальная нагрузка

Корреляция между нагрузкой и ресурсом не столь очевидна в условиях очень малых нагрузок, т.к. в этом случае основную роль играет не усталость, а другие механизмы разрушения.

Для обеспечения стабильной работы на подшипники должна всегда действовать определенная минимальная нагрузка. Практический опыт показывает, что на роликоподшипники должны действовать минимальные нагрузки, соответствующие 0,02 С, а на шарикоподшипники – 0,01 С. Важность приложения этой минимальной нагрузки возрастает в тех случаях, когда подшипник подвержен быстрым ускорениям, а его частота вращения составляет 50 % и более от предельных скоростей, величины которых приведены в таблицах подшипников (→ раздел «Частоты вращения и вибрации», стр. 107). Если требования, касающиеся минимальной нагрузки, выполнить невозможно, следует рассмотреть возможность использования подшипников NoWear (→ стр. 943).

Выбор размера подшипника

Рекомендации по расчету требуемой минимальной нагрузки для различных типов подшипников приведены во вступительных статьях соответствующих разделов технической части каталога.

Выбор размера подшипника по статической грузоподъемности

Выбор размера подшипника должен осуществляться на основе статической грузоподъемности C_0 , если выполняется одно из следующих условий:

- Подшипник находится в состоянии покоя и подвергается постоянным или кратковременным (ударным) нагрузкам.
- Подшипник совершает медленные колебательные движения под нагрузкой.
- Подшипник вращается под нагрузкой с малой скоростью ($n < 10$ об/мин), и требования к его сроку службы невысоки (уравнение ресурса для эквивалентной динамической нагрузки P даст в этом случае столь низкую величину требуемой динамической грузоподъемности C , что выбранный подшипник будет значительно перегружен при эксплуатации).
- Подшипник вращается и помимо обычных рабочих нагрузок подвергается воздействию тяжелых ударных нагрузок.

Во всех этих случаях допустимая величина нагрузки на подшипник определяется не усталостью материала, а величиной остаточной деформации дорожки качения, возникающей под воздействием нагрузки. Нагрузки, действующие на подшипник, находящийся в неподвижном состоянии или совершающий медленные колебательные движения, а также ударные нагрузки, действующие на врачающийся подшипник, вызывают деформации тел и дорожек качения. Вмятины могут быть распределены по дорожке качения как неравномерно, так и равномерно через промежутки, соответствующие расстоянию между телами качения. Если нагрузка действует на подшипник на протяжении нескольких оборотов, деформации будут равномерно распределены по всей дорожке качения. Остаточные деформации могут вызы-

вать вибрацию подшипника, увеличение уровня шума и трения; кроме того, не исключено увеличение внутреннего зазора или изменение характера посадки.

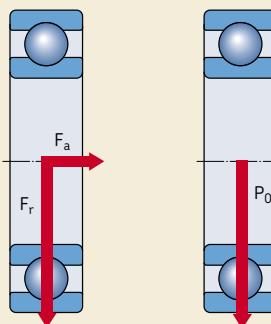
В какой степени данные изменения ухудшают рабочие характеристики подшипника зависит от требований, предъявляемых к подшипнику в конкретных условиях эксплуатации. Поэтому важно предотвратить или ограничить возникновение остаточных деформаций, что можно сделать путем выбора подшипника с достаточно высоким показателем статической грузоподъемности, если должно быть удовлетворено одно из следующих требований:

- высокая надежность
- низкий уровень рабочих шумов (например, в электродвигателях)
- низкий уровень вибрации (например, в станках)
- постоянный момент трения подшипника (например, в измерительных аппаратах и испытательном оборудовании)
- малое трение при пуске под нагрузкой (например, в кранах).

Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник

Статические нагрузки, состоящие из радиальных и осевых составляющих, должны быть представлены в виде величины эквивалентной статической нагрузки на подшипник, которая определяется как нагрузка (радиальная для

Рис. 3



радиальных и осевая для упорных подшипников), вызывающая в подшипнике такую же максимальную нагрузку на тело качения, что и фактическая нагрузка. Ее величину вычисляют по формуле:

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a,$$

где

P_0 = эквивалентная статическая нагрузка на подшипник, кН

F_r = радиальная нагрузка на подшипник (см. ниже), кН

F_a = осевая нагрузка на подшипник (см. ниже), кН

X_0 = коэффициент радиальной нагрузки

Y_0 = коэффициент осевой нагрузки

Примечание

При расчете P_0 следует использовать максимальную величину вероятной нагрузки, а ее радиальную и осевую составляющие (**→ рис. 3**) следует подставить в приведенное выше уравнение. Если статическая нагрузка действует на подшипник в разных направлениях, величина этих составляющих будет изменяться. В таких случаях следует использовать те составляющие нагрузки, которые дают наибольшую величину эквивалентной статической нагрузки P_0 .

Вся информация и параметры, требуемые для расчета эквивалентной статической нагрузки на подшипник, приводятся во вступитель-

ных статьях соответствующих разделов, а также в таблицах подшипников.

Требуемая статическая грузоподъемность

При определении размера подшипника по статической грузоподъемности для расчета требуемой величины статической грузоподъемности подшипника используют величину коэффициента запаса S_0 , который выражает отношение между статической грузоподъемностью C_0 и эквивалентной статической нагрузкой P_0 .

Требуемую величину статической грузоподъемности C_0 можно определить по формуле:

$$C_0 = S_0 P_0,$$

где

C_0 = статическая грузоподъемность, кН

P_0 = эквивалентная статическая нагрузка на подшипник, кН

S_0 = статический коэффициент запаса

В **табл. 10** приведены найденные опытным путем ориентировочные величины статического коэффициента запаса S_0 для шариковых и роликовых подшипников, работающих в различных условиях эксплуатации, которые требуют плавности хода. При повышенных температурах показатель статической грузоподъемности уменьшается. Более подробная информация может быть предоставлена по запросам.

Таблица 10

Ориентировочные величины статического коэффициента запаса S_0

Тип рабочих условий	Вращающийся подшипник						Неподвижный подшипник	
	Требования по уровню шумов не важно			обычные			высокие	высокие
	Шарико-подшипн.	Ролико-подшипн.	Шарико-подшипн.	Ролико-подшипн.	Шарико-подшипн.	Ролико-подшипн.		
Плавные, без вибраций	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Нормальные	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Выраженные ударные нагрузки ¹⁾	≥ 1,5	≥ 2,5	≥ 1,5	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2

Для сферических упорных роликоподшипников рекомендуется использовать $S_0 \geq 4$

¹⁾ Если величина нагрузки неизвестна, величины S_0 должны быть не меньше вышеуказанных. Если величина ударных нагрузок точно известна, допустимо использовать меньшие величины S_0

Проверка показателей статической грузоподъемности

В тех случаях, когда известна величина эквивалентной статической нагрузки на подшипник P_0 , проверка достаточности эквивалентной статической грузоподъемности динамически нагруженных подшипников может быть произведена при помощи уравнения

$$s_0 = C_0/P_0$$

Если полученная величина s_0 меньше рекомендованной величины (\rightarrow табл. 10), следует выбрать подшипник, имеющий более высокую статическую грузоподъемность.

Примеры расчетов

Пример 1

Радиальный шарикоподшипник SKF Explorer 6309 должен вращаться с частотой 3 000 об/мин в условиях постоянной радиальной нагрузки $F_r = 10$ кН. Осуществляется смазывание маслом, имеющим кинематическую вязкость $v = 20$ мм²/с при рабочей температуре. Требуемая надежность составляет 90 %, а рабочие условия предполагают минимальную загрязненность. Каковы будут номинальный ресурс и ресурс SKF?

a) Номинальный ресурс при надежности 90 %

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3$$

Из таблицы подшипников для подшипника 6309: $C = 55,3$ кН. т.к. нагрузка только радиальная, $P = F_r = 10$ кН (\rightarrow Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник>, стр. 74).

$$L_{10} = (55,3/10)^3$$

= 169 миллионов оборотов

или в рабочих часах

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

$$L_{10h} = 1\,000\,000/(60 \times 3\,000) \times 169$$

= 940 рабочих часов

b) Номинальный ресурс SKF при надежности 90 % составляет

$$L_{10m} = a_1 a_{SKF} L_{10}$$

- Т.к. требуется надежность 90 %, необходимо найти величину ресурса L_{10m} и $a_1 = 1$ (\rightarrow табл. 1, стр. 53)
- Из таблицы подшипников для подшипника 6309 следует, что $d_m = 0,5$ (d + D) = 0,5 (45 + 100) = 72,5 мм
- Из диаграммы 5, стр. 60, требуемая номинальная вязкость масла при рабочей температуре для частоты вращения 3 000 об/мин, $v_1 = 8,15$ мм²/с. Поэтому $k = v/v_1 = 20/8,15 = 2,45$
- Вновь из таблицы подшипников: $P_u = 1,34$ кН и $P_u/P = 1,34/10 = 0,134$. Т.к. загрязненность минимальна, $\eta_c = 0,8$ и $\eta_c P_u/P = 0,107$. Т.к. $k = 2,45$ по шкале для подшипников SKF Explorer на диаграмме 1, стр. 54, находим величину $a_{SKF} = 8$. Затем по уравнению ресурса SKF вычисляем

$$L_{10m} = 1 \times 8 \times 169$$

= 1 352 миллионов оборотов

или в рабочих часах

$$L_{10mh} = \frac{10^6}{60 n} L_{10m}$$

$$L_{10mh} = 1\,000\,000/(60 \times 3\,000) \times 1\,352$$

= 7 512 рабочих часов

Пример 2

Радиальный шарикоподшипник SKF Explorer 6309 из примера 1 работает в составе действующей машины, расчет которой произошелся несколько лет назад с учетом поправочного коэффициента a_{23} . В настоящее время требуется произвести перерасчет ресурса этого подшипника с учетом поправочного коэффициента a_{23} , а также коэффициента a_{SKF} (на основе опыта эксплуатации этой системы), т.е.

$a_{SKF} = a_{23}$. Наконец, требуется найти величину коэффициента загрязненности η_c , соответствующую уровню загрязненности системы при условии $a_{SKF} = a_{23}$.

- Если $k = 2,45$, при помощи шкалы, наложенной на кривые k на диаграмме величин модифицированного коэффициента ресурса a_{SKF} **диаграмма 1, стр. 54**, по оси a_{SKF} находим коэффициент $a_{23} \approx 1,8$. Учитывая, что система полностью удовлетворяет всем требованиям, можно смело предположить, что $a_{SKF} = a_{23}$, поэтому

$$L_{10mh} = a_{23} L_{10h} = a_{SKF} L_{10h}$$

и

$$L_{10mh} = 1,8 \times 940 = 1\,690 \text{ рабочих часов}$$

- Величина коэффициента η_c , соответствующая этой поправке ресурса по **табл. 6, стр. 68**, для подшипника SKF Explorer 6309, где $P_u/P = 0,134$

$$\eta_c = [\eta_c (P_u/P)]_{23} / (P_u/P) = 0,04 / 0,134 = 0,3$$

Пример 3

Требуется проверить расчет существующей системы. Радиальный шарикоподшипник SKF Explorer 6309-2RS1 с уплотнениями и пластичной смазкой работает в тех же условиях, что описаны в примере 2 ($k = 2,45$). Требуется проверить соответствие условий загрязненности этой системы для того, чтобы выяснить возможности снижения затрат для достижения требуемого ресурса в 3 000 рабочих часов.

- Учитывая, что подшипник уплотнен и смазан пластичной смазкой, уровень загрязненности можно охарактеризовать как соответствующий уровню «высокая чистота», тогда по **табл. 4, стр. 62**, $\eta_c = 0,8$. Если $P_u/P = 0,134$, $\eta_c (P_u/P) = 0,107$, то по шкале для подшипников класса SKF Explorer на **диаграмме 1, стр. 54** и $k = 2,45$, $a_{SKF} = 8$.

$$L_{10mh} = 8 \times 940 = 7\,520 \text{ рабочих часов}$$

- В качестве более дешевого варианта для этого же подшипникового узла выбран подшипник SKF Explorer 6309-2Z с защитными шайбами. Если уровень загрязненности можно охарактеризовать как нормальный, то из **табл. 4, стр. 62**, $\eta_c = 0,5$. Если $P_u/P = 0,134$, $\eta_c (P_u/P) = 0,067$, то по шкале для подшипников SKF Explorer на **диаграмме 1, стр. 54**, $k = 2,45$, $a_{SKF} \approx 3,5$.

$$L_{10mh} = 3,5 \times 940 = 3\,290 \text{ рабочих часов}$$

Вывод: Если существует такая возможность, в этом подшипниковом узле можно применить более экономичное решение путем замены подшипника с уплотнениями на подшипник с защитными шайбами.

Обратите внимание на то, что использование показателя ресурса, определяемого с учетом поправочного коэффициента a_{23} , не позволяет производить такую оценку конструкции. Кроме того, невозможно вычислить показатель требуемого ресурса (\rightarrow пример 2, при использовании поправочного коэффициента a_{23} расчетный ресурс составлял бы всего лишь 1 690 рабочих часов).

Пример 4

Радиальный шарикоподшипник SKF Explorer 6309, приведенный в **диаграмме 1**, работает в составе действующей системы, расчет которой производился несколько лет назад с учетом поправочного коэффициента a_{23} . Поступило несколько жалоб на отказы в работе подшипника. Требуется оценить конструкцию этой подшипниковой системы для определения соответствующих мер по повышению ее надежности.

- Производится расчет ресурса с учетом коэффициента a_{23} . Если $k = 2,45$, по шкале к на **диаграмме величин модифицированного коэффициента ресурса a_{SKF} **диаграмма 1, стр. 54****, по оси a_{SKF} находим коэффициент $a_{23} \approx 1,8$.

$$L_{10mh} = a_{23} \times L_{10h} = 1,8 \times 940$$

$$= 1\,690 \text{ рабочих часов}$$

Выбор размера подшипника

- Величина коэффициента η_c соответствующая величине поправочного коэффициента a_{23} для этого ресурса по **табл. 6, стр. 68**, и для $P_u/P = 0,134$

$$\eta_c = [\eta_c (P_u/P)]_{23}/(P_u/P) = 0,04/0,134 = 0,3$$

- Микроскопный подсчет количества твердых частиц в пробе масла, взятой из системы, показал наличие загрязненности -/17/14 согласно классификации ISO 4406:1999. Загрязненность вызвана присутствием частиц продуктов износа, которые порождены самой системой. Если эта загрязненность может быть охарактеризована как «типичная», то из **табл. 4, стр. 62**, а также по **диаграмме 9 на стр. 66**, $\eta_c = 0,2$. Если $P_u/P = 0,134$, $\eta_c (P_u/P) = 0,0268$, то по шкале для подшипников SKF Explorer на **диаграмме 1, стр. 54**, $k = 2,45$, $a_{SKF} \approx 1,2$.

$$L_{10mh} = 1,2 \times 940 = 1\,130 \text{ рабочих часов}$$

- Использование подшипника SKF Explorer 6309-2RS1 со встроенными уплотнениями позволяет снизить загрязненность до уровня «высокая чистота». Тогда из **табл. 4, стр. 62**, $\eta_c = 0,8$. Если $P_u/P = 0,134$, $\eta_c (P_u/P) = 0,107$, то по шкале для подшипников SKF Explorer на **диаграмме 1, стр. 54** и $k = 2,45$, $a_{SKF} = 8$.

$$L_{10mh} = 8 \times 940 = 7\,520 \text{ рабочих часов}$$

Вывод: при использовании коэффициента a_{23} этот подшипниковый узел имеет уровень

загрязненности выше, чем тот, который соответствует величине коэффициента $\eta_c = 0,3$ для подразумеваемого уровня загрязненности, в то время, как реальные условия эксплуатации, которые типичны для загрязненных промышленных трансмиссий, требуют величины коэффициента $\eta_c = 0,2$, что подтверждают расчеты с использованием коэффициента a_{SKF} .

Возможно, это объясняет причину отказов данного подшипникового узла. Использование подшипника класса SKF Explorer 6309-2RS1 со встроенными уплотнениями значительно повышает надежность и позволяет решить эту проблему.

Пример 5

Рабочий цикл сферического роликоподшипника класса SKF Explorer 24026-2CS2/VT143, используемого в тяжелом транспортном оборудовании сталеплавильного завода, осуществляется в рабочих условиях, параметры которых приведены в таблице ниже.

Величина статической нагрузки на этот подшипник определена с достаточной точностью и учитывает инерцию груза в процессе погружной операции и ударных нагрузок при случайном сбросе груза.

Требуется проверить соответствие условий динамической и статической нагрузки этого подшипника для предположения, что его требуемый срок эксплуатации должен составлять 60 000 рабочих часов при минимальном статическом коэффициенте запаса 1,5.

Пример 5/1

Рабочие условия					
Интервал раб. цикла	Эквивалентная динам. нагрузка	Промежуток времени	Частота вращения	Температура	Эквивалентная статич. нагрузка
-	кН	-	об/мин	°C	кН
1	200	0,05	50	50	500
2	125	0,40	300	65	500
3	75	0,45	400	65	500
4	50	0,10	200	60	500

- Из таблицы подшипника и вводной статьи:

Параметры нагрузки: $C = 540 \text{ кН}$;
 $C_0 = 815 \text{ кН}$; $P_u = 81,5 \text{ кН}$

Размеры: $d = 130 \text{ мм}$; $D = 200 \text{ мм}$,
тогда $d_m = 0,5(130 + 200) = 165 \text{ мм}$

Тип пластичной смазки: Антизадирная пластичная смазка на основе минерального масла/литиевого мыла, класс консистенции 2 по шкале NLGI, диапазон допустимых температур от -20 до $+110^\circ\text{C}$ и вязкость базового масла при 40 и 100°C – 200 и $16 \text{ мм}^2/\text{с}$, соответственно.

- Затем производятся следующие расчеты и определяются следующие величины:

- v_1 = номинальная вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$
(\rightarrow **диаграмма 5, стр. 60**) – вводные величины: d_m и скорость вращения
- v = фактическая вязкость, $\text{мм}^2/\text{с}$
(\rightarrow **диаграмма 6, стр. 61**) – вводные величины: вязкость смазочного материала при 40°C и рабочая температура
- k = относительная вязкость (v/v_1)
- η_c = коэффициент уровня загрязненности
(\rightarrow **табл. 4, стр. 62**) – «Высокая чистота», подшипник с уплотнениями: $\eta_c = 0,8$

5. L_{10h} = номинальный ресурс согласно уравнению, **стр. 52** – вводные величины: C , P_u и p

6. a_{SKF} = из **диаграммы 2, стр. 55** – вводные величины: подшипник SKF Explorer, η_c , P_u , P и k

7. $L_{10mh1,2,\dots}$ = номинальный ресурс SKF согласно уравнению, **стр. 52** – вводные величины: a_{SKF} и $L_{10h1,2,\dots}$

8. L_{10mh} = номинальный ресурс SKF согласно уравнению, **стр. 70** – вводные величины: L_{10mh1} , L_{10mh2}, \dots и U_1, U_2, \dots

Т.к. номинальный ресурс SKF, составляет 84 300 часов (что больше, чем требуемый срок службы), то соответствие условиям динамической нагрузки подтверждается.

Наконец, производится проверка правильности величины статического коэффициента запаса:

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{815}{500} = 1,63$$

$$S_0 = 1,63 > S_0 \text{ треб}$$

Полученный результат показывает, что величина статического коэффициента запаса для данного подшипника соответствует требованиям. Поскольку величина статической нагрузки определена точно, относительно небольшой разницей между вычисленной и рекомендуемой величиной статического запаса можно пренебречь.

Пример 5/2

Расчетные величины

Инт. раб. цикла	Эквивал. динам. нагрузка	Требуемая вязкость v_1	Эксплуат. вязкость v	$k^1)$	η_c	Ном. ресурс L_{10h}	a_{SKF}	Ресурс SKF L_{10mh}	Доля времени	Итоговый ресурс SKF L_{10mh}
–	кН	$\text{мм}^2/\text{с}$	$\text{мм}^2/\text{с}$	–	–	час	–	час	–	час
1	200	120	120	1	0,8	9 136	1,2	11 050	0,05	84 300
2	125	25	60	2,3	0,8	7 295	7,8	57 260	0,40	
3	75	20	60	3	0,8	30 030	43	1 318 000	0,45	
4	50	36	75	2	0,8	232 040	50	11 600 000	0,10	

¹⁾ Пластичная смазка, содержащая антизадирные добавки

Расчетные средства SKF

SKF обладает одним из самых полных и мощных комплексов моделирующих и имитационных пакетов программ в подшипниковой промышленности. К их числу относятся как простые программы расчета по формулам Общего каталога SKF, так и сложнейшие системы, для работы которых требуется мощность нескольких компьютеров.

Философия компании предусматривает разработку целого ряда компьютерных программ, удовлетворяющих различным запросам заказчиков – от довольно простых – для проверки правильности проектных решений и исследований среднего уровня сложности – до сложнейших систем имитации функционирования конструкций подшипников и машин. В тех случаях, когда это возможно, эти программы могут устанавливаться на портативные и настольные компьютеры и использоваться инженерами SKF как у заказчика, так на рабочем месте. Кроме того, особое внимание уделяется возможности интеграции и взаимодействия различных систем.

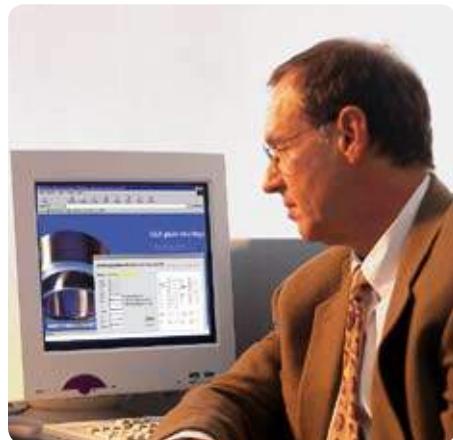
Интерактивный инженерный каталог

Интерактивный инженерный каталог (IEC) – простой в использовании инструмент для выбора подшипников и осуществления необходимых расчетов. Поиск подшипников ведется по обозначениям или размерам, кроме того, имеется возможность расчетной оценки простых подшипниковых узлов. Для расчетов используются те же формулы, что и в Общем каталоге SKF.

Кроме того, каталог содержит электронные чертежи подшипников, которые могут быть встроены в чертежи, созданные при помощи популярных программ САПР.

Помимо этого, Интерактивный инженерный каталог содержит полный комплект каталогов подшипниковых узлов, корпуса подшипников, подшипники скольжения и уплотнения.

Интерактивный инженерный каталог имеется на CD, а также доступен в Интернет на сайте www.skf.com.



Программа SKF bearing beacon

SKF bearing beacon – это новая программа, предназначенная для расчета и моделирования подшипниковых узлов в соответствии с требованиями заказчика. Данная программа стала преемницей программы BEACON, переняв ее технологию, дающую возможность производить моделирование гибких систем, включающих элементы заказчика, в трехмерной плоскости.

Программа сочетает в себе способность моделирования многофункциональных механических систем (с использованием валов, зубчатых колес, подшипниковых щитов и др.) с возможностью точного моделирования подшипников для последующего проведения глубокого анализа поведения системы в виртуальном механизме. С ее помощью также становится возможным повышение усталостных характеристик металла роликоподшипников, в частности, с использованием номинального ресурса SKF. Программа SKF bearing beacon – это результат кропотливых научных исследований и разработок, проведенных специалистами компании.

Программа Orpheus

Программа Orpheus, базирующаяся на числовом методе приближенных вычислений, позволяет изучать и оптимизировать динамические характеристики шумов и вибраций в кривошипных подшипниковых узлах (например, в электродвигателях, коробках передач). Она может использоваться для решения нелинейных уравнений движения системы подшипни-

ков и сопряженных деталей, включая шестерни, валы и корпуса.

Программа обеспечивает глубокое понимание динамического поведения системы, включая подшипники, с учетом отклонений форм (волнистости) и ошибок при монтаже (перекоса). Это позволяет инженерам SKF выбирать оптимальный тип и размер подшипника, а также соответствующие условия монтажа и преднатяга для заданной системы.

Программа Beast

Beast – имитационная программа, позволяющая инженерам SKF точно воспроизводить динамические условия внутри подшипника. Ее можно рассматривать как виртуальный испытательный стенд, который позволяет произвести подробное изучение сил, моментов и т.д. внутри подшипника в условиях любых виртуальных нагрузок. Это позволяет «испытать» новые идеи и конструкции в более сжатые сроки и при этом получить больше данных, чем в процессе традиционных испытаний.

Другие программы

Наряду с вышеуказанными программами, компанией SKF разработаны специализированные компьютерные программы, позволяющие ученым SKF разрабатывать подшипники с оптимизированными поверхностями, что обеспечивает продление срока службы подшипника при работе в тяжелых условиях эксплуатации. Эти программы способны производить расчет толщины смазочной пленки в зоне контакта при эластогидродинамическом смазывании. Кроме того, может быть произведен подробный расчет местной толщины смазочной пленки, возникающей внутри таких контактов в результате деформации объемной поверхностной топографии и следующего за этим уменьшения усталостного ресурса подшипника.

Для выполнения необходимых операций, требуемых для решения поставленных задач, инженеры SKF используют пакеты программ, предлагаемых другими поставщиками, например, программы для конечноэлементного анализа или динамического анализа систем. Эти программы интегрированы в системы SKF для более оперативной и надежной связи с базами данных и моделями заказчиков.

Инженерный консалтинг SKF

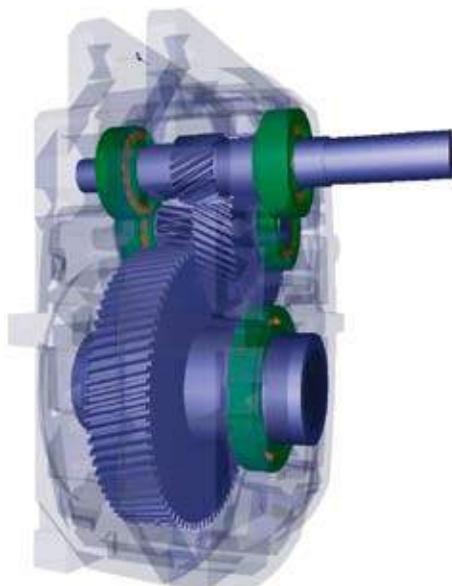
Базовую информацию, необходимую для расчета и конструирования подшипникового узла, можно найти в настоящем каталоге. Однако бывают случаи, когда требуется максимально точное прогнозирование ожидаемого ресурса подшипника в силу отсутствия достаточного опыта конструирования подобных подшипниковых узлов или в силу крайней важности таких показателей, как экономичность и/или эксплуатационная надежность. В таких случаях целесообразно обратиться в службу инженерной поддержки SKF, которая может предоставить необходимые расчеты, используя новейшие компьютерные программы, а также почти столетний опыт работы SKF в области врачающихся деталей машин.

Эта служба предоставляет техническую поддержку с использованием полного спектра «ноу-хая» в области технологий применения подшипников. Специалисты SKF производят:

- анализ технических проблем
- подготовку предложений по оптимальному системному решению
- выбор подходящего смазочного материала и оптимальной методики техобслуживания.

Инженерный консалтинг SKF предлагает новый подход к сервисному обслуживанию машин и установок для поставщиков комплектного оборудования и конечных пользователей. К преимуществам такого подхода относятся:

- ускорение разработки и поставки товара на рынок
- снижение затрат на реализацию проектов путем виртуальных испытаний до начала серийного производства
- улучшение параметров подшипникового узла за счет уменьшения уровня рабочих шумов и вибрации
- повышение плотности мощности машин за счет модификации конструкции
- увеличение срока службы подшипниковых узлов за счет улучшения системы смазки или уплотнений.



Специализированные компьютерные программы

В распоряжении специалистов службы инженерного консалтинга имеются компьютерные программы, позволяющие решать следующие задачи:

- аналитическое моделирование функционирования подшипниковых узлов полной комплектации, включая валы, корпуса, шестерни, муфты и т.д.
- статический анализ, т.е. выявление упругих деформаций и напряжений в деталях механических систем
- динамический анализ, т.е. определение вибрационного поведения систем в рабочих условиях (виртуальное испытание)
- визуализация в режиме анимации структурных и компонентных деформаций
- оптимизация системных затрат, срока службы, уровня вибрации и шума.

Краткое описание компьютерных программ, используемых специалистами SKF для расчетов и имитаций, можно найти в разделе «Расчетные средства SKF» на стр. 82.

Для получения дополнительной информации о предоставляемых услугах обращайтесь в ближайшее представительство SKF.

Ресурсные испытания SKF

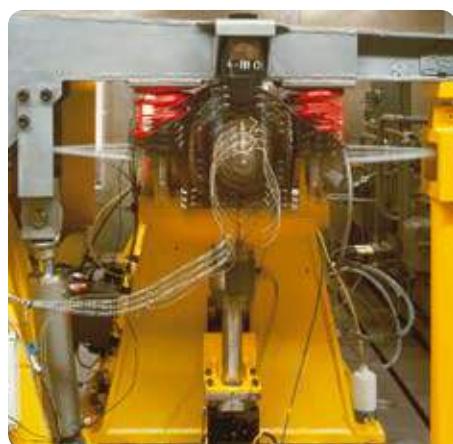
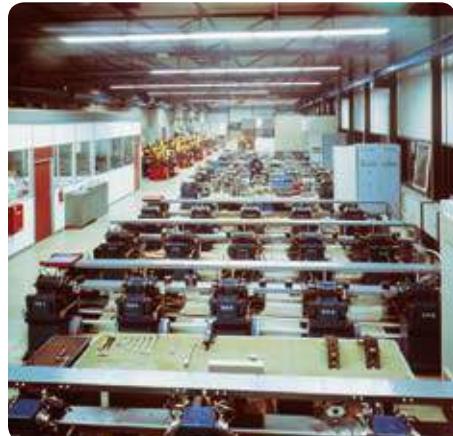
Деятельность SKF в области испытаний сосредоточена в научно-техническом центре SKF, расположеннном в Нидерландах. Имеющееся там испытательное оборудование не имеет аналогов в подшипниковой промышленности по уровню сложности и количеству испытательных стендов. Кроме того, центр поддерживает работы, ведущиеся в исследовательских подразделениях крупнейших производств SKF.

Главная цель проводимых SKF испытаний ресурса – постоянное улучшение качества продукции. Важно понять и сформулировать основные физические законы, управляющие поведением подшипников, в виде зависимостей между внутренними и внешними переменными величинами. Такие переменные величины могут представлять характеристики материалов, внутреннюю геометрию подшипника, конструкцию сепаратора, перекос, температуру и другие рабочие параметры. Однако многие влияющие факторы носят не статический, а динамический характер. Примерами могут служить топография рабочих поверхностей контакта, структура материала, внутренняя геометрия и характеристики смазочных материалов, которые постоянно изменяются в процессе эксплуатации.

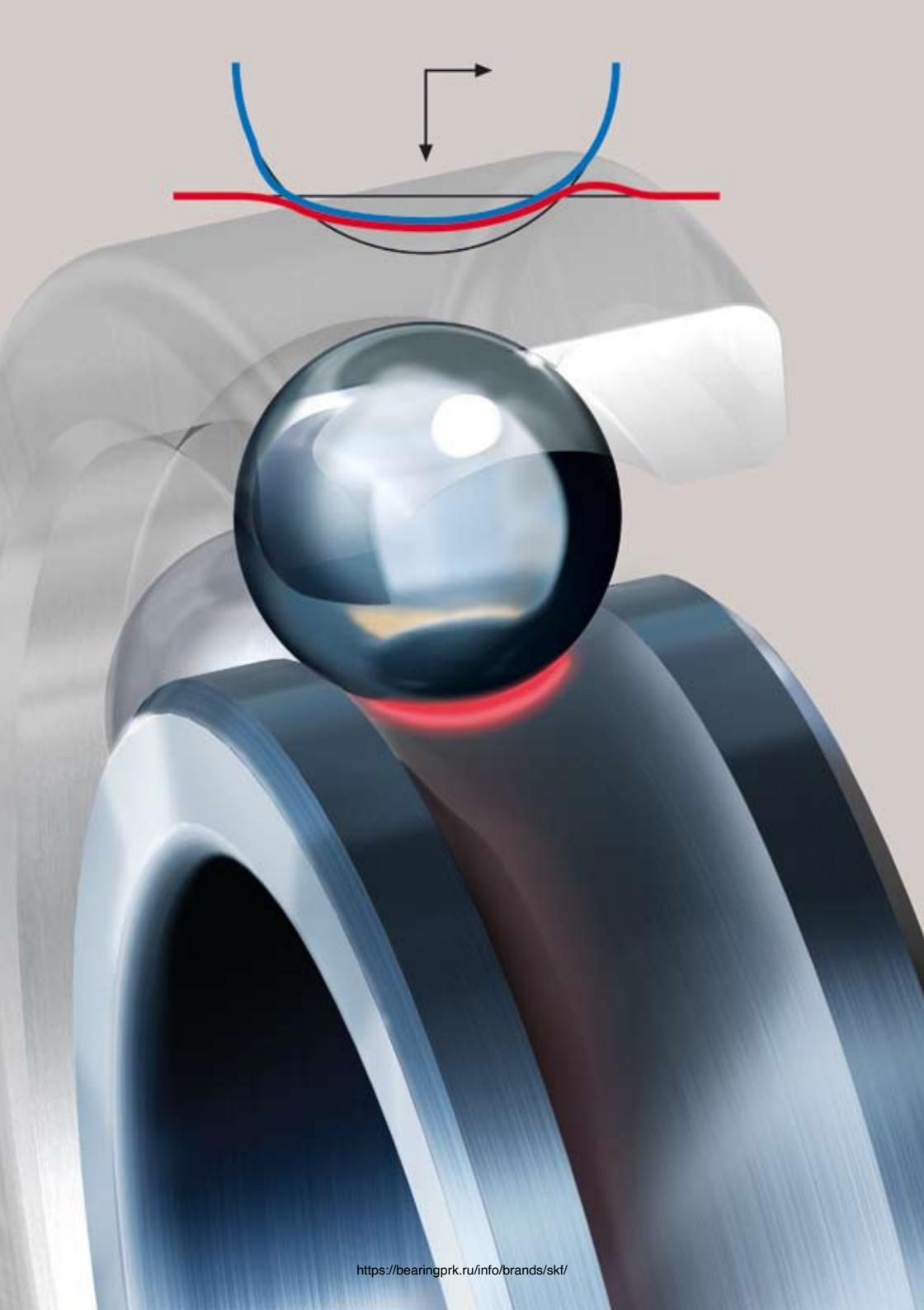
SKF также проводит испытания ресурса в целях:

- обеспечения соответствия реальных характеристик изделий характеристикам, заявленным в каталогах
- контроля качества серийно выпускаемых стандартных подшипников
- исследования влияния смазочных материалов и условий смазывания на срок службы подшипника
- доказательства теорий усталости контакта качения
- сравнения с изделиями конкурирующих компаний-производителей.

Методика испытаний, отличающаяся высоким уровнем автоматизации и жестко контролируемыми условиями, а также применение современного и высокосложного оборудования, позволяют проводить систематизированные исследования различных факторов и их взаимодействия.



Подшипники класса SKF Explorer являются примером оптимизации влияющих факторов на основе аналитических имитационных моделей и экспериментального подтверждения на уровне отдельных деталей и подшипников в сборе.



Трение

Оценка момента трения	88
Уточненный расчет момента трения	88
Новая модель SKF для расчета момента трения	89
Момент трения качения	90
Момент трения скольжения	90
Момент трения уплотнений	90
Дополнительные факторы, влияющие на моменты трения в подшипниках	96
Коэффициент уменьшения за счет нагрева смазочного материала	97
Коэффициент уменьшения в режиме кинематического смазочного голодания	98
Потери на сопротивление в условиях смазывания масляной ванной	98
Режим смешанного трения для малых скоростей и вязкостей	100
Влияние величин зазора и перекоса на трение	101
Влияние пластичной смазки на трение	102
Фрикционные характеристики гибридных подшипников	102
Пусковой крутящий момент	103
Потери мощности и температура подшипника	103
Примеры расчетов	104

Трение

Трение в подшипнике качения является определяющим фактором теплообразования и, следовательно, его рабочей температуры.

Величина трения зависит от нагрузки и некоторых других факторов, наиболее существенные из которых – тип и размер подшипника, рабочая частота вращения, характеристики и количество смазочного материала.

Общее сопротивление вращению подшипника состоит из трения качения и трения скольжения в контактах качения, зонах контакта между телами качения и сепаратором, а также на направляющих поверхностях тел качения или сепаратора, трения в смазочном материале и трения скольжения контактных уплотнений, при наличии таковых.

Оценка момента трения

При некоторых условиях, а именно:

- нагрузка на подшипник $P \approx 0,1 C$
- хорошее смазывание
- нормальные условия эксплуатации,

момент трения можно с достаточной точностью рассчитать при помощи постоянного коэффициента трения μ из следующего уравнения:

$$M = 0,5 \mu P d,$$

где

M = момент трения, Нм

μ = постоянный коэффициент трения для подшипника (**табл. 1**)

P = эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник, Н

d = диаметр отверстия подшипника, мм

Таблица 1

Постоянный коэффициент трения μ для подшипников без уплотнений	
Тип подшипника	Коэффициент трения μ
Радиальные шарикоподшипники	0,0015
Радиально-упорные шарикоподшипники	
– однорядные	0,0020
– двухрядные	0,0024
– с четырехточечным контактом	0,0024
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	0,0010
Цилиндрические роликоподшипники	
– с сепаратором, если $F_a \approx 0$	0,0011
– бессепараторные, если $F_a \approx 0$	0,0020
Конические роликоподшипники	0,0018
Сферические роликоподшипники	0,0018
Тороидальные роликоподшипники CARB	0,0016
Упорные шарикоподшипники	0,0013
Упорные цилиндрические роликоподшипники	0,0050
Упорные сферические роликоподшипники	0,0018

Уточненный расчет момента трения

Один из методов расчета момента трения подшипника качения заключается в том, что момент трения делится на независимый от нагрузки момент M_0 и зависимый от нагрузки момент M_1 , которые затем складываются и дают суммарный момент

$$M = M_0 + M_1$$

Таким был метод расчета до сих пор. Однако точность расчетов можно повысить, если в основу такого деления положить не зависимость от нагрузки, а тип источника трения. В сущности, к M_0 можно отнести дополнительные внешние источники трения вместе с «гидродинамическим» компонентом трения качения, который также имеет зависимую от нагрузки составляющую.

Для точного расчета момента трения в подшипнике качения должны быть учтены четыре разных источника:

$$M = M_{rr} + M_{sl} + M_{seal} + M_{drag},$$

где

M = общий момент трения, Нмм

M_{rr} = момент трения качения, Нмм

M_{sl} = момент трения скольжения, Нмм

M_{seal} = момент трения уплотнений, Нмм

M_{drag} = момент трения за счет сопротивления смазки, взбалтывания, разбрзгивания и пр., Нмм

Этот новый подход выявляет источники трения в каждом контакте, возникающем в подшипнике, и их комбинации; кроме того, в целях прогнозирования общего момента трения по мере добавления уплотнений и дополнительных внешних источников трения к общей сумме можно добавлять новые слагаемые. Поскольку эта модель учитывает все контакты без исключения (включая дорожки качения и борты), имеется возможность внесения поправок, отражающих конструктивные изменения и улучшения поверхностей подшипников, вносимых SKF.

В последующих разделах рассмотрение новой модели SKF для расчета моментов трения начинается с простейшей формулы, суммирующей моменты трения качения, скольжения и уплотнений. Далее будут рассмотрены эффекты уровня масла в подшипнике, режима смазочного голодания на высоких скоростях, нагрева при сдвиге смазочного материала и смазывания в режиме смешанного трения.

Новая модель SKF для расчета момента трения

Новая модель SKF обеспечивает более точный расчет момента трения, возникающего в подшипниках качения, и выражается следующим уравнением:

$$M = M_{rr} + M_{sl} + M_{seal} + M_{drag}$$

Новая модель SKF была выведена из более сложных вычислительных моделей SKF и обеспечивает вычисление приблизительных nominalных величин для следующих рабочих условий:

- Смазывание пластичной смазкой или с использованием таких традиционных способов смазывания маслом, как масляная ванна, точечная смазка и впрыск масла.
- Для спаренных подшипников требуется произвести расчет момента трения для каждого подшипника отдельно, а затем сложить полученные величины. Радиальная нагрузка делится поровну между двумя подшипниками; осевая нагрузка делится в зависимости от типа подшипникового узла.
- Величина нагрузки равна или превышает величину рекомендуемой минимальной нагрузки.
- Постоянные нагрузки по величине и направлению.
- Нормальный рабочий зазор в подшипнике.

Примечание

Поскольку расчеты с использованием приводимых здесь формул достаточно сложны, мы настоятельно рекомендуем использовать инструменты расчета, имеющиеся в «Интерактивном инженерном каталоге SKF» на интернет-сайте www.skf.com.

Момент трения качения

Расчет момента трения качения осуществляется по формуле:

$$M_{rr} = G_{rr} (v n)^{0,6},$$

где

M_{rr} = момент трения качения, Нмм

G_{rr} = переменная, зависящая от

- типа подшипника
- среднего диаметра подшипника $d_m = 0,5 (d + D)$, мм
- радиальной нагрузки F_r , Н
- осевой нагрузки F_a , Н

n = частота вращения, об/мин

v = кинематическая вязкость смазочного материала при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$ (для пластичной смазки величина вязкости базового масла)

Величины G_{rr} можно получить при помощи формул, приведенных в **табл. 2**, а величины геометрической константы R приведены в **табл. 3**, начиная со **стр. 92**. Обе величины нагрузки, F_r и F_a , всегда считаются положительными.

Момент трения скольжения

Расчет момента трения скольжения производится по формуле:

$$M_{sl} = G_{sl} \mu_{sl}$$

где

M_{sl} = момент трения скольжения, Нмм

G_{sl} = переменная, зависящая от

- типа подшипника
- среднего диаметра подшипника $d_m = 0,5 (d + D)$, мм
- радиальной нагрузки F_r , Н
- радиальной нагрузки F_a , Н

μ_{sl} = коэффициент трения скольжения, в условиях образования полноценной смазочной пленки, т.е. $k \geq 2$, может быть установлена 0,05 для смазывания минеральными маслами

0,04 для смазывания синтетическими маслами

0,1 для смазывания трансмиссионными жидкостями

Для цилиндрических или конических роликоподшипников вместо вышеуказанных следует использовать следующие

величины:

0,02 для цилиндрических роликоподшипников

0,002 для конических роликоподшипников

Величины G_{sl} могут быть получены при помощи формул, приведенных в **табл. 2** и значений геометрической константы S , указанных в **табл. 3**, начиная со **стр. 92**.

Момент трения уплотнений

Если подшипники снабжены контактными уплотнениями, потери на трение уплотнений могут превышать потери на трение в подшипнике. Момент трения уплотнений подшипников с уплотнениями на обеих сторонах можно приблизительно рассчитать при помощи следующего эмпирического уравнения:

$$M_{seal} = K_{S1} d_s^\beta + K_{S2},$$

где

M_{seal} = момент трения уплотнений, Нмм

K_{S1} = константа, зависящая от типа подшипника

K_{S2} = константа, зависящая от типа подшипника и уплотнения

d_s = диаметр сопр. поверхности уплотнения (**→ табл. 4, стр. 96**)

β = показатель, зависящий от типа подшипника и уплотнения

Величины констант K_{S1} , K_{S2} и показателя β можно найти в **табл. 4, стр. 96**.

M_{seal} – момент трения, возникающий за счет двух уплотнений. Если установлено только одно уплотнение, возникающий момент трения будет равен $0,5 M_{seal}$.

Для уплотнений типа RSL, предназначенных для радиальных шарикоподшипников с наружным диаметром свыше 25 мм, следует использовать расчетную величину M_{seal} независимо от количества установленных уплотнений.

Таблица 2а

Геометрические и зависящие от нагрузки переменные для расчета моментов трения качения и скольжения – радиальные подшипники

Тип подшипника	Переменные трения качения G_{rr}	Переменные трения скольжения G_{sl}
Радиальные шарикоподшипники	<p>если $F_a = 0$</p> $G_{rr} = R_1 d_m^{1.96} F_r^{0.54}$ <p>если $F_a > 0$</p> $G_{rr} = R_1 d_m^{1.96} \left(F_r + \frac{R_2}{\sin \alpha_f} F_a \right)^{0.54}$ $\alpha_f = 24.6 \left(F_a / C_0 \right)^{0.24}, \text{градусы}$	<p>если $F_a = 0$</p> $G_{sl} = S_1 d_m^{-0.26} F_r^{5/3}$ <p>если $F_a > 0$</p> $G_{sl} = S_1 d_m^{-0.145} \left(F_r^5 + \frac{S_2 d_m^{1.5}}{\sin \alpha_f} F_a^4 \right)^{1/3}$
Радиально-упорные шарикоподшипники¹⁾	$G_{rr} = R_1 d_m^{1.97} [F_r + F_g + R_2 F_a]^{0.54}$ $F_g = R_3 d_m^4 n^2$	$G_{sl} = S_1 d_m^{0.26} [(F_r + F_g)^{4/3} + S_2 F_a^{4/3}]$ $F_g = S_3 d_m^4 n^2$
Шарикоподшипники с четырехточечным контактом	$G_{rr} = R_1 d_m^{1.97} [F_r + F_g + R_2 F_a]^{0.54}$ $F_g = R_3 d_m^4 n^2$	$G_{sl} = S_1 d_m^{0.26} [(F_r + F_g)^{4/3} + S_2 F_a^{4/3}]$ $F_g = S_3 d_m^4 n^2$
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	$G_{rr} = R_1 d_m^2 [F_r + F_g + R_2 F_a]^{0.54}$ $F_g = R_3 d_m^{3.5} n^2$	$G_{sl} = S_1 d_m^{-0.12} [(F_r + F_g)^{4/3} + S_2 F_a^{4/3}]$ $F_g = S_3 d_m^{3.5} n^2$
Цилиндрические роликоподшипники	$G_{rr} = R_1 d_m^{2.41} F_r^{0.31}$	$G_{sl} = S_1 d_m^{0.9} F_a + S_2 d_m F_r$
Конические роликоподшипники¹⁾	$G_{rr} = R_1 d_m^{2.38} (F_r + R_2 Y F_a)^{0.31}$	$G_{sl} = S_1 d_m^{0.82} (F_r + S_2 Y F_a)$
Коэффициент осевой нагрузки Y для однорядных подшипников		
Сферические роликоподшипники	$G_{rr,e} = R_1 d_m^{1.85} (F_r + R_2 F_a)^{0.54}$ $G_{rr,l} = R_3 d_m^{2.3} (F_r + R_4 F_a)^{0.31}$ <p>если $G_{rr,e} < G_{rr,l}$</p> $G_{rr} = G_{rr,e}$ <p>иначе</p> $G_{rr} = G_{rr,l}$	$G_{sl,e} = S_1 d_m^{0.25} (F_r^4 + S_2 F_a^4)^{1/3}$ $G_{sl,l} = S_3 d_m^{0.94} (F_r^3 + S_4 F_a^3)^{1/3}$ <p>если $G_{sl,e} < G_{sl,l}$</p> $G_{sl} = G_{sl,e}$ <p>иначе</p> $G_{sl} = G_{sl,l}$
Тороидальные роликоподшипники CARB	<p>если $F_r < (R_2^{1.85} d_m^{0.78} / R_1^{1.85})^{2.35}$</p> $G_{rr,e} = R_1 d_m^{1.97} F_r^{0.54}$ <p>иначе</p> $G_{rr,l} = R_2 d_m^{2.37} F_r^{0.31}$	<p>если $F_r < (S_2 d_m^{1.24} / S_1)^{1.5}$</p> $G_{sl,e} = S_1 d_m^{-0.19} F_r^{5/3}$ <p>иначе</p> $G_{sl,l} = S_2 d_m^{1.05} F_r$

¹⁾ В качестве величины F_a должна использоваться величина внешней осевой нагрузки

Трение

Таблица 2б

Геометрические и зависящие от нагрузки переменные для расчета моментов трения качения и скольжения – упорные подшипники		
Тип подшипника	Переменные трения качения G_{rr}	Переменные трения скольжения G_{sl}
Упорные шарикоподшипники	$G_{rr} = R_1 d_m^{1.83} F_a^{0.54}$	$G_{sl} = S_1 d_m^{0.05} F_a^{4/3}$
Упорные цилиндрические роликоподшипники	$G_{rr} = R_1 d_m^{2.38} F_a^{0.31}$	$G_{sl} = S_1 d_m^{0.62} F_a$
Упорные сферические роликоподшипники	$G_{rr,e} = R_1 d_m^{-1.96} (F_r + R_2 F_a)^{0.54}$ $G_{rr,l} = R_3 d_m^{2.39} (F_r + R_4 F_a)^{0.31}$ если $G_{rr} = G_{rr,e}$ иначе $G_{rr} = G_{rr,l}$	$G_{sl,e} = S_1 d_m^{-0.35} (F_r^{5/3} + S_2 F_a^{5/3})$ $G_{sl,l} = S_3 d_m^{0.89} (F_r + F_a)$ если $G_{sr} = G_{sl,e}$ иначе $G_{sr} = G_{sl,l}$ $G_f = S_4 d_m^{0.76} (F_r + S_5 F_a)$ $G_{sl} = G_{sr} + \frac{G_f}{\epsilon^{10^{-6}} (n v)^{1.4} d_m}$

Таблица 3

Геометрические константы моментов трения качения и скольжения						
Тип подшипника	Геометрические константы моментов трения качения R_1 R_2 R_3			моментов трения скольжения S_1 S_2 S_3		
Радиальные шарикоподшипники	см. табл. 3а			см. табл. 3а		
Радиально-упорные шарикоподшипники, – однорядные – двухрядные – с четырехточечным контактом	$5,03 \times 10^{-7}$ $6,34 \times 10^{-7}$ $4,78 \times 10^{-7}$	1,97 1,41 2,42	$1,90 \times 10^{-12}$ $7,83 \times 10^{-13}$ $1,40 \times 10^{-12}$	$1,30 \times 10^{-2}$ $7,56 \times 10^{-3}$ $1,20 \times 10^{-2}$	0,68 1,21 0,9	$1,91 \times 10^{-12}$ $7,83 \times 10^{-13}$ $1,40 \times 10^{-12}$
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	см. табл. 3б			см. табл. 3б		
Цилиндрические роликоподшипники	см. табл. 3с			см. табл. 3с		
Конические роликоподшипники	см. табл. 3д			см. табл. 3д		
Сферические роликоподшипники	см. табл. 3е			см. табл. 3е		
Тороидальные роликоподшипники CARB	см. табл. 3ф			см. табл. 3ф		
Упорные шарикоподшипники	$1,03 \times 10^{-6}$			$1,6 \times 10^{-2}$		
Упорные цилиндрические роликоподшипники	$2,25 \times 10^{-6}$			0,154		
Упорные сферические роликоподшипники	см. табл. 3г			см. табл. 3г		

Таблица 3a

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения радиальных шарикоподшипников

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения			моментов трения скольжения	
	R ₁	R ₂	S ₁	S ₂	
2, 3	$4,4 \times 10^{-7}$	1,7	$2,00 \times 10^{-3}$	100	
42, 43	$5,4 \times 10^{-7}$	0,96	$3,00 \times 10^{-3}$	40	
60, 630	$4,1 \times 10^{-7}$	1,7	$3,73 \times 10^{-3}$	14,6	
62, 622	$3,9 \times 10^{-7}$	1,7	$3,23 \times 10^{-3}$	36,5	
63, 623	$3,7 \times 10^{-7}$	1,7	$2,84 \times 10^{-3}$	92,8	
64	$3,6 \times 10^{-7}$	1,7	$2,43 \times 10^{-3}$	198	
160, 161	$4,3 \times 10^{-7}$	1,7	$4,63 \times 10^{-3}$	4,25	
617, 618, 628, 637, 638	$4,7 \times 10^{-7}$	1,7	$6,50 \times 10^{-3}$	0,78	
619, 639	$4,3 \times 10^{-7}$	1,7	$4,75 \times 10^{-3}$	3,6	

Таблица 3b

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения самоустанавливающихся шарикоподшипников

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения			моментов трения скольжения		
	R ₁	R ₂	R ₃	S ₁	S ₂	S ₃
12	$3,25 \times 10^{-7}$	6,51	$2,43 \times 10^{-12}$	$4,36 \times 10^{-3}$	9,33	$2,43 \times 10^{-12}$
13	$3,11 \times 10^{-7}$	5,76	$3,52 \times 10^{-12}$	$5,76 \times 10^{-3}$	8,03	$3,52 \times 10^{-12}$
22	$3,13 \times 10^{-7}$	5,54	$3,12 \times 10^{-12}$	$5,84 \times 10^{-3}$	6,60	$3,12 \times 10^{-12}$
23	$3,11 \times 10^{-7}$	3,87	$5,41 \times 10^{-12}$	0,01	4,35	$5,41 \times 10^{-12}$
112	$3,25 \times 10^{-7}$	6,16	$2,48 \times 10^{-12}$	$4,33 \times 10^{-3}$	8,44	$2,48 \times 10^{-12}$
130	$2,39 \times 10^{-7}$	5,81	$1,10 \times 10^{-12}$	$7,25 \times 10^{-3}$	7,98	$1,10 \times 10^{-12}$
139	$2,44 \times 10^{-7}$	7,96	$5,63 \times 10^{-13}$	$4,51 \times 10^{-3}$	12,11	$5,63 \times 10^{-13}$

Таблица 3с

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения цилиндрических роликоподшипников

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения			моментов трения скольжения	
	R ₁	S ₁	S ₂	R ₂	
Подшипники с сепаратором типа N, NU, NJ или NUP					
2, 3	$1,09 \times 10^{-6}$	0,16	0,0015		
4	$1,00 \times 10^{-6}$	0,16	0,0015		
10	$1,12 \times 10^{-6}$	0,17	0,0015		
12, 20	$1,23 \times 10^{-6}$	0,16	0,0015		
22	$1,40 \times 10^{-6}$	0,16	0,0015		
23	$1,48 \times 10^{-6}$	0,16	0,0015		
Бессепараторные подшипники типа NCF, NJG, NNCL, NNCF, NNC и NNF					
Все серии	$2,13 \times 10^{-6}$	0,16	0,0015		

Трение

Таблица 3d

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения конических роликоподшипников

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения			моментов трения скольжения	
	R ₁	R ₂	S ₁	S ₂	
302	$1,76 \times 10^{-6}$	10,9	0,017	2	
303	$1,69 \times 10^{-6}$	10,9	0,017	2	
313 (Х)	$1,84 \times 10^{-6}$	10,9	0,048	2	
320 X	$2,38 \times 10^{-6}$	10,9	0,014	2	
322	$2,27 \times 10^{-6}$	10,9	0,018	2	
322 B	$2,38 \times 10^{-6}$	10,9	0,026	2	
323	$2,38 \times 10^{-6}$	10,9	0,019	2	
323 B	$2,79 \times 10^{-6}$	10,9	0,030	2	
329	$2,31 \times 10^{-6}$	10,9	0,009	2	
330	$2,71 \times 10^{-6}$	11,3	0,010	2	
331	$2,71 \times 10^{-6}$	10,9	0,015	2	
332	$2,71 \times 10^{-6}$	10,9	0,018	2	
LL	$1,72 \times 10^{-6}$	10,9	0,0057	2	
L	$2,19 \times 10^{-6}$	10,9	0,0093	2	
LM	$2,25 \times 10^{-6}$	10,9	0,011	2	
M	$2,48 \times 10^{-6}$	10,9	0,015	2	
HM	$2,60 \times 10^{-6}$	10,9	0,020	2	
H	$2,66 \times 10^{-6}$	10,9	0,025	2	
HH	$2,51 \times 10^{-6}$	10,9	0,027	2	
Все прочие	$2,31 \times 10^{-6}$	10,9	0,019	2	

Таблица 3e

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения сферических роликоподшипников

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения				моментов трения скольжения			
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
213 E, 222 E	$1,6 \times 10^{-6}$	5,84	$2,81 \times 10^{-6}$	5,8	$3,62 \times 10^{-3}$	508	$8,8 \times 10^{-3}$	117
222	$2,0 \times 10^{-6}$	5,54	$2,92 \times 10^{-6}$	5,5	$5,10 \times 10^{-3}$	414	$9,7 \times 10^{-3}$	100
223	$1,7 \times 10^{-6}$	4,1	$3,13 \times 10^{-6}$	4,05	$6,92 \times 10^{-3}$	124	$1,7 \times 10^{-2}$	41
223 E	$1,6 \times 10^{-6}$	4,1	$3,14 \times 10^{-6}$	4,05	$6,23 \times 10^{-3}$	124	$1,7 \times 10^{-2}$	41
230	$2,4 \times 10^{-6}$	6,44	$3,76 \times 10^{-6}$	6,4	$4,13 \times 10^{-3}$	755	$1,1 \times 10^{-2}$	160
231	$2,4 \times 10^{-6}$	4,7	$4,04 \times 10^{-6}$	4,72	$6,70 \times 10^{-3}$	231	$1,7 \times 10^{-2}$	65
232	$2,3 \times 10^{-6}$	4,1	$4,00 \times 10^{-6}$	4,05	$8,66 \times 10^{-3}$	126	$2,1 \times 10^{-2}$	41
238	$3,1 \times 10^{-6}$	12,1	$3,82 \times 10^{-6}$	12	$1,74 \times 10^{-3}$	9495	$5,9 \times 10^{-3}$	1057
239	$2,7 \times 10^{-6}$	8,53	$3,87 \times 10^{-6}$	8,47	$2,77 \times 10^{-3}$	2330	$8,5 \times 10^{-3}$	371
240	$2,9 \times 10^{-6}$	4,87	$4,78 \times 10^{-6}$	4,84	$6,95 \times 10^{-3}$	240	$2,1 \times 10^{-2}$	68
241	$2,6 \times 10^{-6}$	3,8	$4,79 \times 10^{-6}$	3,7	$1,00 \times 10^{-2}$	86,7	$2,9 \times 10^{-2}$	31
248	$3,8 \times 10^{-6}$	9,4	$5,09 \times 10^{-6}$	9,3	$2,80 \times 10^{-3}$	3415	$1,2 \times 10^{-2}$	486
249	$3,0 \times 10^{-6}$	6,67	$5,09 \times 10^{-6}$	6,62	$3,90 \times 10^{-3}$	887	$1,7 \times 10^{-2}$	180

Таблица 3f

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения тороидальных роликоподшипников CARB

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения		моментов трения скольжения	
	R ₁	R ₂	S ₁	S ₂
C 22	$1,17 \times 10^{-6}$	$2,08 \times 10^{-6}$	$1,32 \times 10^{-3}$	$0,8 \times 10^{-2}$
C 23	$1,20 \times 10^{-6}$	$2,28 \times 10^{-6}$	$1,24 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-2}$
C 30	$1,40 \times 10^{-6}$	$2,59 \times 10^{-6}$	$1,58 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
C 31	$1,37 \times 10^{-6}$	$2,77 \times 10^{-6}$	$1,30 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$
C 32	$1,33 \times 10^{-6}$	$2,63 \times 10^{-6}$	$1,31 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-2}$
C 39	$1,45 \times 10^{-6}$	$2,55 \times 10^{-6}$	$1,84 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-2}$
C 40	$1,53 \times 10^{-6}$	$3,15 \times 10^{-6}$	$1,50 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-2}$
C 41	$1,49 \times 10^{-6}$	$3,11 \times 10^{-6}$	$1,32 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-2}$
C 49	$1,49 \times 10^{-6}$	$3,24 \times 10^{-6}$	$1,39 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-2}$
C 59	$1,77 \times 10^{-6}$	$3,81 \times 10^{-6}$	$1,80 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-2}$
C 60	$1,83 \times 10^{-6}$	$5,22 \times 10^{-6}$	$1,17 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-2}$
C 69	$1,85 \times 10^{-6}$	$4,53 \times 10^{-6}$	$1,61 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-2}$

Таблица 3g

Геометрические константы для расчета моментов трения качения и скольжения упорных сферических роликоподшипников

Серия подшипников	Геометрические константы для моментов трения качения				моментов трения скольжения				
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
292	$1,32 \times 10^{-6}$	1,57	$1,97 \times 10^{-6}$	3,21	$4,53 \times 10^{-3}$	0,26	0,02	0,1	0,6
292 E	$1,32 \times 10^{-6}$	1,65	$2,09 \times 10^{-6}$	2,92	$5,98 \times 10^{-3}$	0,23	0,03	0,17	0,56
293	$1,39 \times 10^{-6}$	1,66	$1,96 \times 10^{-6}$	3,23	$5,52 \times 10^{-3}$	0,25	0,02	0,1	0,6
293 E	$1,16 \times 10^{-6}$	1,64	$2,00 \times 10^{-6}$	3,04	$4,26 \times 10^{-3}$	0,23	0,025	0,15	0,58
294 E	$1,25 \times 10^{-6}$	1,67	$2,15 \times 10^{-6}$	2,86	$6,42 \times 10^{-3}$	0,21	0,04	0,2	0,54

Трение

Таблица 4

Момент трения уплотнений: показатель степени и константы						
Тип уплотнения Тип подшипника	Наружный диаметр		Показатель степени и константы			Диаметр сопр. поверхности уплотнения $d_s^{(1)}$
	D свыше	до	β	K_{S1}	K_{S2}	
Уплотнения RSL Радиальные шарикоподшипники	25	25 52	0 2,25	0 0,0018	0	d_2 d_2
Уплотнения RZ Радиальные шарикоподшипники		175	0	0	0	d_1
Уплотнения RSH Радиальные шарикоподшипники		52	2,25	0,028	2	d_2
Уплотнения RS1 Радиальные шарикоподшипники		62 80 80 100	2,25 2,25 2,25 2,25	0,023 0,018 0,018 0,018	2 20 15 0	d_1, d_2 d_1, d_2 d_1, d_2 d_1, d_2
Радиально-упорные шарикоподшипники	30	120	2	0,014	10	d_1
Самоуст. шарикоподшипники	30	125	2	0,014	10	d_2
Уплотнения LS Цилиндрические роликоподшипники	42	360	2	0,032	50	E
Уплотнения CS, CS2 и CS5 Сферические роликоподшипники	62	300	2	0,057	50	d_2
Тороидальные роликоподшипники CARB	42	340	2	0,057	50	d_2

¹⁾ Обозначение размера см. таблицу подшипника

Дополнительные факторы, влияющие на моменты трения в подшипниках

Чтобы более внимательно рассмотреть поведение подшипника в реальных условиях и в тех случаях, когда требуется повышенная точность расчетов, новая модель SKF позволяет вводить в уравнение дополнительные величины, соответствующие дополнительным факторам, влияющим на моменты трения. Эти дополнительные факторы включают

- уменьшение вязкости за счет нагрева смазочного материала

- эффект кинематического смазочного голода –ния в условиях точечного смазывания (в т.ч. масловоздушного), смазывания впрыском масла, смазывания пластичной смазкой и пониженного уровня масла в масляной ванне
- сопротивление движению при смазывании масляной ванной
- режим смешанного трения для малых скоростей и/или вязкостей и смазочных материалов.

С учетом этих дополнительных источников конечное уравнение общего момента трения подшипника имеет следующий вид:

$$M = \phi_{ish} \phi_{ts} M_{rr} + M_{sl} + M_{seal} + M_{drag},$$

Рис. 1

где

- M = общий момент трения подшипника,
Нм
 $M_{rr} = G_{rr} (v n)^{0,6}$
 $M_{sl} = G_{sl} \mu_{sl}$
 $M_{seal} = K_{S1} d_s^\beta + K_{S2}$
 M_{drag} = момент трения за счет сопротивления,
взбалтывания, разбрзгивания и т.д.,
Нм
 ϕ_{ish} = коэффициент уменьшения за счет
нагрева смазочного материала
 Φ_{rs} = коэффициент уменьшения в режиме
кинематического смазочного
голодания.

Коэффициенты ϕ_{ish} и Φ_{rs} вводятся в новую модель трения SKF для учета эффекта уменьшения вязкости за счет нагрева при сдвиге в зоне входа и смазочного голодания при высоких скоростях соответственно. Величина коэффициента трения скольжения μ_{sl} возрастает для малых скоростей скольжения и/или малой вязкости в режиме смешанного трения.

Коэффициент уменьшения за счет нагрева смазочного материала

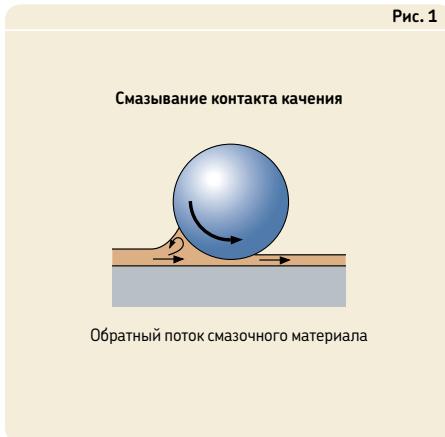
При достаточном снабжении подшипника смазочным материалом не все его количество может пройти через контакты; лишь ничтожно малое количество используется для формирования смазочной пленки. Из-за этого некоторое количество масла, находящегося вблизи входа в контакт, отbrasывается и образует обратный поток (→ рис. 1). Этот обратный поток осуществляет сдвиг смазочного материала с образованием тепла, что снижает вязкость масла и уменьшает толщину смазочной пленки и величину компоненты трения качения.

Для учета вышеуказанного эффекта коэффициент уменьшения вязкости за счет нагрева можно приблизительно рассчитать по формуле:

$$\phi_{ish} = \frac{1}{1 + 1,84 \times 10^{-9} (n d_m)^{1,28} v^{0,64}},$$

где

- ϕ_{ish} = коэффициент уменьшения за счет нагрева смазочного материала
 n = частота вращения, об/мин
 d_m = средний диаметр подшипника,
 $= 0,5 (d + D)$, мм

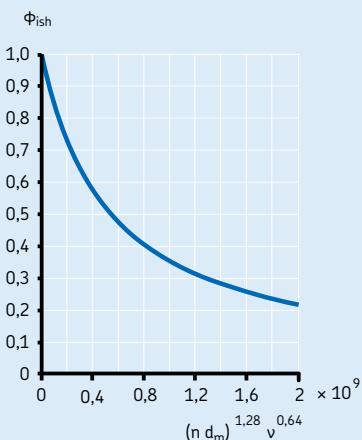


v = кинематическая вязкость смазочного материала при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$ (для смазывания пластичной смазкой величина вязкости базового масла)

Величины коэффициента уменьшения вязкости за счет нагрева при сдвиге в зоне входа ϕ_{ish} могут быть получены из **диаграммы 1** как зависимость комбинированного параметра $(n d_m)^{1,28} v^{0,64}$.

Диаграмма 1

Коэффициент уменьшения за счет нагрева смазочного материала ϕ_{ish}



Коэффициент уменьшения в режиме кинематического смазочного голодания

В условиях точечного смазывания (в т.ч. маслово-воздушного), смазывания впрыском масла и пониженного уровня масла в масляной ванне (уровень масла ниже центра самого нижнего тела качения), а также смазывания пластичной смазкой в результате процесса качения излишки смазочного материала выталкиваются из зоны контакта. При этом вследствие высокой скорости или высокой вязкости смазочного материала восполнения смазки на периферии контакта качения не происходит. Этот эффект называется «кинематическим смазочным голоданием» и вызывает уменьшение толщины смазочной пленки и момента трения качения.

Для вышеуказанных условий смазывания коэффициент уменьшения можно примерно определить по формуле:

$$\Phi_{rs} = \frac{1}{e^{K_{rs}} v n (d + D) \sqrt{\frac{K_z}{2(d - d)}}}$$

где

Φ_{rs} = коэффициент уменьшения в режиме кинематического смазочного голодания

e = основание натурального логарифма
 $\approx 2,718$

K_{rs} = константа смазочного голодания: 3×10^{-8} для пониженного уровня масла масляной ванны и впрыска масла, 6×10^{-8} для пластичной смазки и точечного смазывания

K_z = константа, зависящая от типа подшипника (\rightarrow табл. 5)

v = кинематическая вязкость смазочного материала при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$

n = частота вращения, об/мин

d = диаметр отверстия подшипника, мм

D = наружный диаметр подшипника, мм

Потери на сопротивление в условиях смазывания масляной ванной

Т.к. потери на сопротивление и перемешивание (т.н. «барботаж») смазочного материала являются важнейшими дополнительными источниками трения, все они выражаются одной компонентой потерь M_{drag} .

В условиях смазывания масляной ванной подшипник находится в состоянии частичного или, в особых случаях, полного погружения. В этих условиях наряду с размером и геометрией масляной ванны уровень масла может оказывать значительное влияние на момент трения подшипника. Для большой масляной ванны, независимо от размеров резервуаров и влияния других механических элементов, работающих в непосредственной близости от подшипника, например, внешнего перемешивания масла зубчатыми колесами или кулачками, потери на сопротивление движению в подшипнике могут быть примерно оценены переменной V_M , отображенной на **диаграмме 2** в зависимости от соотношения между уровнем масла H (\rightarrow рис. 2) и средним диаметром подшипника

Таблица 5

Геометрические константы K_z и K_L

Тип подшипника	Геометрические константы K_z	Геометрические константы K_L
Радиальные шарикоподшипники – однорядные и двухрядные	3,1	–
Радиально-упорные шарикоподшипники – однорядные	4,4	–
– двухрядные	3,1	–
– с четырехточечным контактом	3,1	–
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	4,8	–
Цилиндрические роликоподшипники – с сепаратором	5,1	0,65
– бессепараторные, однорядные и двухрядные	6,2	0,7
Конические роликоподшипники	6	0,7
Сферические роликоподшипники	5,5	0,8
Тороидальные роликоподшипники CARB		
– с сепаратором	5,3	0,8
– бессепараторные	6	0,75
Упорные шарикоподшипники	3,8	–
Упорные цилиндрические роликоподшипники	4,4	0,43
Упорные сферические роликоподшипники	5,6	0,58 ¹⁾

¹⁾ Только для одиночных подшипников

Рис. 2

$d_m = 0,5(d + D)$. **Диаграмма 2** может применяться для частот вращения подшипника, не превышающих номинальную. При более высоких частотах вращения и уровнях масла результаты могут быть совершенно иными из-за влияния других эффектов.

Зависимость между моментом трения за счет потерь на сопротивление и переменной V_M на **диаграмме 2**, для шарикоподшипников выражается в виде:

$$M_{\text{drag}} = V_M K_{\text{ball}} d_m^5 n^2,$$

для роликоподшипников:

$$M_{\text{drag}} = 10 V_M K_{\text{roll}} B d_m^4 n^2,$$

где

M_{drag} = момент трения за счет потерь на сопротивление, Нмм

V_M = переменная как функция уровня масла по **диаграмме 2**

K_{ball} = константа для шарикоподшипников, см. ниже

K_{roll} = константа для роликоподшипников, см. ниже

d_m = средний диаметр подшипника, мм

B = ширина внутреннего кольца подшипника, мм

n = частота вращения, об/мин

Величины переменной V_M можно определить по **диаграмме 2**, где красная кривая соответствует шарикоподшипникам, а синяя – роликоподшипникам.

Величина константы для шарикоподшипников определяется по формуле:

$$K_{\text{ball}} = \frac{i_{rw} K_Z (d + D)}{D - d} \times 10^{-12},$$

Величина константы для роликоподшипников определяется по формуле:

$$K_{\text{roll}} = \frac{K_L K_Z (d + D)}{D - d} \times 10^{-12},$$

где

K_{ball} = константа для шарикоподшипников

K_{roll} = константа для роликоподшипников

Уровень масла в масляной ванне

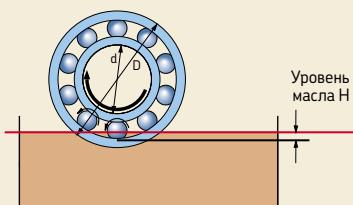
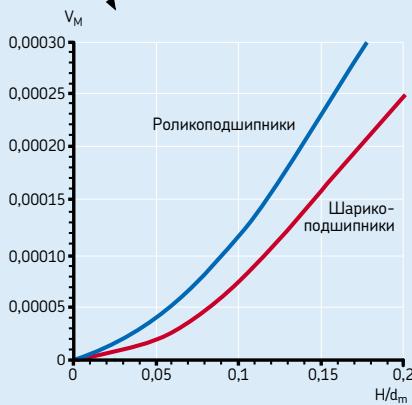
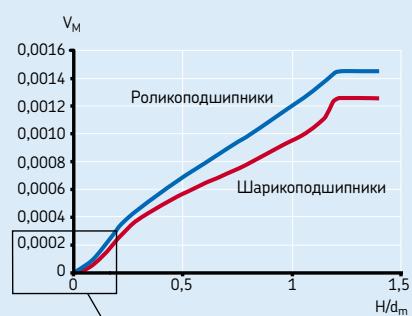


Диаграмма 2

Переменная потеря на сопротивление V_M 

Трение

i_{rw} = количество рядов шариков в подшипнике
 K_z = константа, зависящая от типа подшипника
(→ табл. 5)

K_L = константа, зависящая от типа роликоподшипника (→ табл. 5)

d = диаметр отверстия подшипника, мм

D = наружный диаметр подшипника, мм

Примечание

Для расчета потерь на сопротивление в условиях смазывания впрыском масла можно использовать модель для масляной ванны, взяв уровень масла равным половине диаметра ролика и умножив полученную величину M_{drag} на коэффициент 2.

Примерный расчет потерь на сопротивление для подшипниковых узлов, установленных на вертикальных валах, можно произвести с помощью модели для полностью погруженных подшипников, умножив полученную величину M_{drag} на коэффициент, равный отношению ширины (высоты) погруженной части подшипника к его общей ширине (высоте).

Режим смешанного трения для малых скоростей и вязкостей

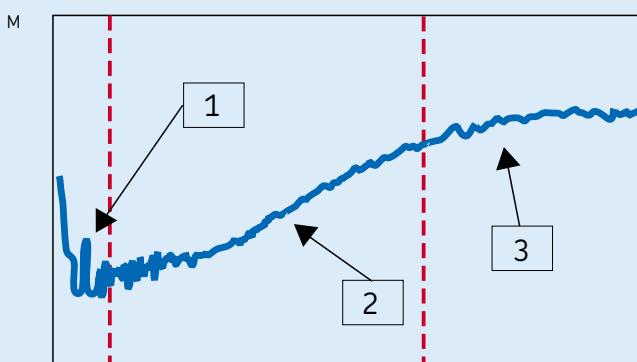
В условиях, характеризующихся малыми величинами κ (≤ 2), подшипник находится в режиме смешанного трения, где иногда может иметь место контакт «металл-металл», что приводит к увеличению трения. **Диаграмма 3** отображает типичную зависимость момента трения подшипника от частоты вращения и вязкости смазочного материала. В период запуска с ростом скорости или вязкости величина момента трения уменьшается, т.к. появляется смазочная пленка, разделяющая тела и дорожки качения и подшипник переходит в эластогидродинамический режим смазывания. С дальнейшим ростом скорости или вязкости трение увеличивается за счет увеличения толщины смазочной пленки до наступления эффекта смазочного голодания, вызываемого высокой скоростью и нагреванием и ведущего к уменьшению трения.

Коэффициент трения скольжения можно вычислить по следующей формуле:

$$\mu_{sl} = \Phi_{bl} \mu_{bl} + (1 - \Phi_{bl}) \mu_{EHL},$$

Диаграмма 3

Зависимость момента трения подшипника от скорости и вязкости



Зона 1 : Режим смешанного трения
Зона 2 : Режим эластогидродинамического смазывания (EHL)
Зона 3 : Режим EHL + эффект смазочного голодания

где

- μ_{sl} = коэффициент трения скольжения
- ϕ_{bl} = коэффициент режима смешанного трения, см. ниже
- μ_{bl} = коэффициент, зависящий от содержания добавок в смазочном материале, примерная величина – 0,15
- μ_{EHL} = коэффициент трения в условиях образования смазочной пленки:
0,05 для смазывания минеральными маслами
0,04 для смазывания синтетическими маслами
0,1 для смазывания трансмиссионными жидкостями
- При применении цилиндрических или конических роликоподшипников вместо вышеуказанных следует использовать следующие величины:
0,02 для цилиндрических роликоподшипников
0,002 для конических роликоподшипников

Коэффициент режима смешанного трения можно вычислить по следующей формуле:

$$\Phi_{bl} = \frac{1}{e^{2,6 \times 10^{-8} (n v)^{1,4} d_m}},$$

где

- Φ_{bl} = весовой коэффициент момента трения скольжения
- e = основание натурального логарифма = 2,718
- n = частота вращения, об/мин
- v = кинематическая вязкость смазочного материала при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$ (для пластичной смазки – вязкость базового масла)
- d_m = средний диаметр подшипника = $0,5 (d + D)$, мм

Приблизительная оценка весового коэффициента Φ_{bl} для момента трения скольжения может быть произведена при помощи кривой, показанной на **диаграмме 4**.

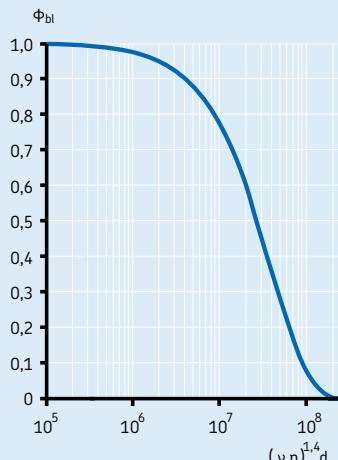
Влияние величин зазора и перекоса на трение

Изменение величины зазора/перекоса подшипников приводит к изменению момента трения. Вышеописанная модель справедлива для условий нормального зазора и отсутствия перекоса в подшипнике. Однако в условиях высоких рабочих температур подшипника или высоких скоростей внутренний зазор подшипника может уменьшаться, а трение соответственно возрастать. При наличии перекоса трение, как правило, возрастает, однако, в случае самоустанавливающихся шарикоподшипников, сферических роликоподшипников, торOIDальных роликоподшипников CARB и сферических упорных роликоподшипников рост трения в зависимости от величины перекоса ничтожно мал.

Если предполагается эксплуатировать подшипники в особых условиях, чувствительных к изменениям величины зазора и перекоса, просим обращаться в техническую службу SKF.

Диаграмма 4

Весовой коэффициент для расчета момента трения скольжения Φ_{bl}



Влияние пластичной смазки на трение
При использовании пластичной смазки и заполнении (или повторном смазывании) подшипника рекомендуемым количеством смазки в течение первых часов или дней работы (в зависимости от скорости) трение в подшипнике может значительно превышать предполагавшиеся ранее величины. Это объясняется тем, что пластичной смазке требуется время чтобы перераспределиться в свободном пространстве подшипника. Для примерной оценки этого эффекта нужно умножить расчетную величину начального момента трения скольжения на два для подшипников легких серий и на четыре для подшипников тяжелых серий. После этого периода «приработки» трение в подшипнике падает до уровня трения подшипников, смазываемых маслом, а в некоторых случаях даже ниже. Превышение рекомендованных объемов заполнения пластичной смазкой приводит к повышенному трению в подшипнике. Для получения более подробной информации просим обратиться к разделу «Повторное смазывание» на стр. 237 или в техническую службу SKF.

Фрикционные характеристики гибридных подшипников

Благодаря более высоким величинам модуля упругости керамики гибридные подшипники имеют уменьшенные зоны контакта, что способствует уменьшению компонентов трения качения и скольжения. Кроме этого, более низкая плотность керамики по сравнению со сталью уменьшает центробежные силы, что также может снижать трение на высоких скоростях.

При помощи вышеуказанных уравнений можно вычислить момент трения гибридных радиально-упорных подшипников, если вместо геометрических констант цельностальных подшипников R_3 и S_3 подставить $0,41 R_3$ и $0,41 S_3$ соответственно.

Высокоскоростная конструкция узлов с гибридными радиальными шарикоподшипниками на практике означает, что подшипниковый узел должен иметь осевой преднатяг. В таких условиях поведение радиальных шарикоподшипников ничем не отличается от поведения радиально-упорных шарикоподшипников, в частности, в отношении уменьшения трения на высоких частотах вращения. Тем не менее, подобные расчеты трения следует производить при содействии специалистов технической службы SKF.

Пусковой крутящий момент

Пусковой крутящий момент подшипника качения определяется как момент трения, который необходимо преодолеть для того, чтобы находящийся в неподвижном состоянии подшипник начал вращаться. При нормальной температуре окружающей среды от +20 до +30 °C, при запуске при нулевой скорости и $\mu_{sl} = \mu_{bl}$ пусковой крутящий момент можно рассчитать как сумму только момента трения скольжения и момента трения уплотнений, если таковые имеются. Таким образом,

$$M_{start} = M_{sl} + M_{seal},$$

где

M_{start} = пусковой момент трения, Нмм

M_{sl} = момент трения скольжения, Нмм

M_{seal} = момент трения уплотнений, Нмм

Однако, пусковой момент трения для конических роликоподшипников с большим углом контакта может быть почти в четыре раза выше расчетного, например, для конических роликоподшипников серий 313, 322 B, 323 B и T7FC, и почти в восемь раз больше для упорных сферических роликоподшипников.

Потери мощности и температура подшипника

Величину потерь мощности в подшипнике вследствие трения можно вычислить по формуле:

$$N_R = 1,05 \times 10^{-4} M n,$$

где

N_R = потери мощности, Вт

M = общий момент трения подшипника, Нмм

n = частота вращения, об/мин

Если величина коэффициента охлаждения (количество тепла, которое должно быть отведено от подшипника для понижения разницы температур между подшипником и окружающей средой на один градус) известна, примерный рост температуры в подшипнике можно вычислить по формуле:

$$\Delta T = N_R / W_s,$$

где

ΔT = рост температуры, °C

N_R = потери мощности, Вт

W_s = коэффициент охлаждения, Вт/°C

Примеры расчетов

Сферический роликоподшипник 22208 E должен работать при частоте вращения 3500 об/мин в следующих условиях:

Фактическая радиальная нагрузка на подшипник $F_r = 2\ 990\ N$

Фактическая осевая нагрузка на подшипник составляет $F_a = 100\ N$

Вращается внутреннее кольцо

Рабочая температура равна $+40\ ^\circ C$

Смазывание масляной ванной

Уровень масла равен $H = 2,5\ mm$ выше края дорожки качения наружного кольца в неподвижном состоянии. Минеральное масло с кинематической вязкостью $\nu = 68\ mm^2/s$ при $40\ ^\circ C$

Требуется узнать:

Какова будет величина общего момента трения?

1. Расчет геометрических переменных и переменных, зависящих от нагрузки

По табл. 2а на стр. 91 средний диаметр подшипника равен:

$$d_m = 0,5(d + D) = 0,5(40 + 80) = 60\ mm$$

- Переменные трения качения

$$G_{rr,e} = R_1 d_m^{1,85} (F_r + R_2 F_a)^{0,54}$$

$$= 1,6 \times 10^{-6} \times 60^{1,85} \times$$

$$(2\ 990 + 5,84 \times 100)^{0,54}$$

$$= 0,26$$

$$G_{rr,l} = R_3 d_m^{2,3} (F_r + R_4 F_a)^{0,31}$$

$$= 2,81 \times 10^{-6} \times 60^{2,3} \times$$

$$(2\ 990 + 5,8 \times 100)^{0,31}$$

$$= 0,436$$

т.к. $G_{rr,e} < G_{rr,l}$, то

$$G_{rr} = 0,26$$

- Переменные трения скольжения равны:

$$G_{sl,e} = S_1 d_m^{0,25} (F_r^4 + S_2 F_a^4)^{1/3}$$

$$= 3,62 \times 10^{-3} \times 60^{0,25} \times$$

$$(2\ 990^4 + 508 \times 100^4)^{1/3}$$

$$= 434$$

$$G_{sl,l} = S_3 d_m^{0,94} (F_r^3 + S_4 F_a^3)^{1/3}$$

$$= 8,8 \times 10^{-3} \times 60^{0,94} \times$$

$$(2\ 990^3 + 117 \times 100^3)^{1/3}$$

$$= 1\ 236,6$$

т.к. $G_{sl,e} < G_{sl,l}$, то

$$G_{sl} = 434$$

2. Расчет момента трения качения

$$M_{rr} = G_{rr} (\nu n)^{0,6} = 0,26 \times (68 \times 3\ 500)^{0,6}$$

$$= 437\ Nmm$$

3. Расчет момента трения скольжения

Предположим, что условия образования полноценной смазочной пленки $k > 2$

$$M_{sl} = \mu_{sl} G_{sl} = 0,05 \times 434 = 21,7\ Nmm$$

4. Расчет коэффициента уменьшения за счет нагрева смазочного материала

$$\Phi_{ish} = \frac{1}{1 + 1,84 \times 10^{-9} \times (n \times d_m)^{1,28} \nu^{0,64}}$$

$$= \frac{1}{1 + 1,84 \times 10^{-9} \times (3\ 500 \times 60)^{1,28} 68^{0,64}}$$

$$\approx 0,85$$

5. Расчет коэффициента уменьшения в режиме кинематического смазочного голодания

$$\Phi_{rs} = \frac{1}{e^{K_{rs} v n (d + D)} \sqrt{\frac{K_z}{2(D-d)}}}$$
$$= \frac{1}{2,718^{3 \times 10^{-8}} \times 68 \times 3500 \times (40+80) \sqrt{\frac{5,5}{2 \times (80-40)}}}$$
$$\approx 0,8$$

6. Расчет потерь на сопротивление в условиях смазывания масляной ванной

Переменная потеря на сопротивление выражена в виде зависимости от:

$$H/d_m = 2,5/60 = 0,041$$

Из **диаграммы 2 на стр. 99**, видно, что потери на сопротивление движению невелики, т.к. $H/d_m < 0,1$. Тем не менее, они должны быть учтены. Для роликоподшипников переменная потеря на сопротивление движению V_M составляет примерно $0,3 \times 10^{-4}$.

Затем можно вычислить константу для роликоподшипника

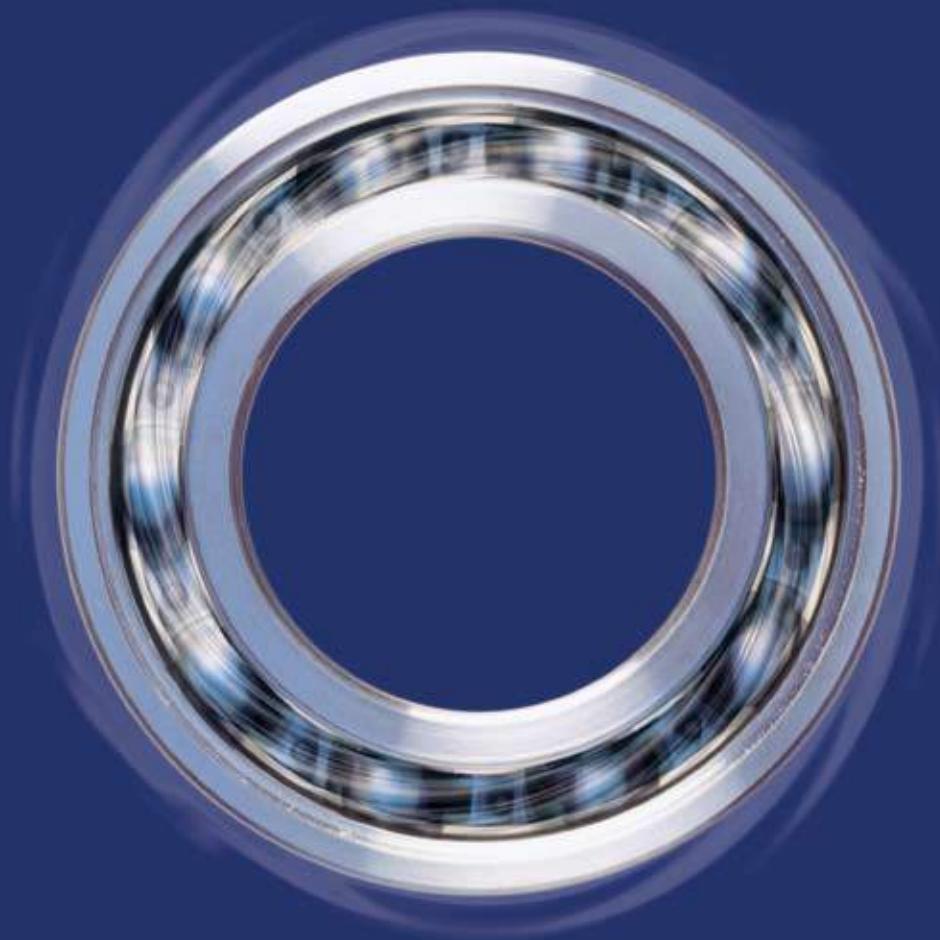
$$K_{roll} = \frac{K_L K_Z (d + D)}{D - d} \times 10^{-12}$$
$$= \frac{0,8 \times 5,5 \times (40 + 80)}{80 - 40} \times 10^{-12}$$
$$= 13,2 \times 10^{-12}$$

После этого можно примерно определить величину потерь на сопротивление («барботаж»)

$$M_{drag} = 10 V_M K_{roll} B d_m^4 n^2$$
$$= 10 \times 0,3 \times 10^{-4} \times$$
$$13,2 \times 10^{-12} \times 23 \times 604 \times 3500^2$$
$$= 14,5 \text{ Нмм}$$

7. Расчет общего момента трения подшипника 22208 Е при помощи новой модели SKF

$$M = \phi_{ish} \Phi_{rs} M_{rr} + M_{sl} + M_{drag}$$
$$= 0,85 \times 0,8 \times 437 + 21,7 + 14,5$$
$$= 334 \text{ Нмм}$$



Скорости и вибрация

Номинальные частоты вращения.....	108
Влияние нагрузки и вязкости масла на величину номинальной/допустимой скорости	109
Частоты вращения, превышающие номинальные значения	114
Предельные частоты вращения.....	114
Особые случаи.....	114
Малые скорости	114
Колебательные движения	115
Возникновение вибрации в подшипнике.....	115
Изменение количества нагруженных тел качения	115
Волнистость деталей	115
Местные повреждения	115
Воздействие загрязнений	115
Влияние подшипника на вибрацию машин и механизмов	115

Существует предел скорости, с которой могут вращаться подшипники качения. Как правило, этот предел зависит от предельной рабочей температуры используемого смазочного материала или материала, из которого изготовлены детали подшипника.

Скорость, при которой достигается предел рабочей температуры, зависит от тепловыделения вследствие трения в подшипнике (включая все внешние источники тепла) и количества тепла, которое может отводиться от подшипника.

Скоростные характеристики определяются типоразмером и внутренней конструкцией подшипника, величиной нагрузки, условиями смазывания и охлаждения, а также типом сепаратора, точностью и внутренним зазором подшипника.

В общем случае в таблицах подшипников указаны две частоты вращения: (тепловая) номинальная частота вращения и (кинематическая) предельная частота вращения, величины которых зависят от критерииев, принимаемых во внимание при ее оценке.

Номинальные частоты вращения

Номинальная (тепловая) частота вращения, указанная в таблицах подшипников, соответствует величине скорости, которая используется для определения допустимой эксплуатационной частоты вращения подшипника, нагруженного определенной нагрузкой и в присутствии смазочного материала определенной вязкости.

Величины указанных номинальных частот вращения соответствуют стандарту ISO 15312: 2003 (за исключением упорных шарикоподшипников). Данный стандарт ISO разработан для смазывания маслом, но также действителен для пластичной смазки.

Номинальная частота вращения отдельного подшипника – это скорость при определенных условиях, при которой достигается тепловой баланс между теплом, выделяемым подшипником, и теплом, отводимым от подшипника через вал, корпус и смазочный материал. Этalonными условиями для достижения такого теплового баланса согласно ISO 15312:2003 являются

- превышение на 50 °C температуры окружающей среды, равной 20 °C, т.е. температура подшипника 70 °C, измеренная на неподвижном наружном или свободном кольце подшипника
- радиальный подшипник: постоянная радиальная нагрузка, составляющая 5 % от базовой статической грузоподъемности C_0
- упорный подшипник: постоянная осевая нагрузка, составляющая 2 % от базовой статической грузоподъемности C_0
- открытые подшипники с нормальным зазором

для подшипников, смазываемых маслом:

- смазочный материал: минеральное масло без добавок EP, имеющее кинематическую вязкость при 70 °C:
 $v = 12 \text{ mm}^2/\text{s}$ (ISO VG 32) для радиальных подшипников
 $v = 24 \text{ mm}^2/\text{s}$ (ISO VG 68) для упорных ролико-подшипников
- способ смазывания: масляная ванна с уровнем масла, достигающим середины тела качения, находящегося в самом нижнем положении

для подшипников, смазываемых пластичной смазкой:

- смазочный материал: пластичная смазка на основе литиевого мыла/минерального масла, вязкость 100–200 mm^2/s при 40 °C (например, ISO VG 150)
- количество смазки: примерно 30 % свободного пространства в подшипнике.

Т.к. пищевая температура возникает в начальный период эксплуатации подшипника, смазываемого пластичной смазкой, подшипник, возможно, должен отработать 10–20 часов, прежде чем его рабочая температура достигнет нормальной величины.

При этих определенных условиях номинальная частота вращения для смазывания маслом и пластичной смазкой будет одинаковой.

В случае вращения наружного кольца, показатели скорости, возможно, потребуется уменьшить.

Для некоторых подшипников, где предельная скорость не определяется тепловыделением контакта тел и дорожек качения, в таблицах подшипников приведены только величины предельных скоростей. К таким подшипникам относятся, в частности, подшипники с контактными уплотнениями.

Влияние нагрузки и вязкости масла на величину номинальной/допустимой скорости

Если величины нагрузки и вязкости превышают номинальные, сопротивление трению возрастает, и подшипник не может вращаться с рекомендуемой номинальной скоростью, если не будет расширен диапазон допустимых температур. Понижение вязкости приводит к повышению эксплуатационной частоты вращения.

Влияние нагрузки и кинематической вязкости на величину номинальной скорости можно определить по следующим диаграммам:

Диаграмма 1: Радиальные шарикоподшипники **стр. 110.**

Диаграмма 2: Радиальные шарикоподшипники **стр. 111.**

Диаграмма 3: Упорные шарикоподшипники **стр. 112.**

Диаграмма 4: Упорные шарикоподшипники **стр. 113.**

Смазывание маслом

Величины поправочных коэффициентов при смазывании маслом

- f_p : на влияние эквивалентной динамической нагрузки на подшипник P и
- f_v : на влияние вязкости

можно определить по **диаграмме 1–4** как зависимость между P/C_0 и средним диаметром подшипника d_m ,

где

P = эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник, кН

C_0 = статическая грузоподъемность, кН

d_m = средний диаметр подшипника
= $0,5(d + D)$, мм

Величины вязкости на диаграммах указаны согласно ISO, например, ISO VG 32, где 32 – вязкость масла при 40 °C.

Для условий постоянной номинальной температуры 70 °C допустимая частота вращения подшипника составляет

$$n_{perm} = n_r f_p f_v,$$

где

n_{perm} = допустимая частота вращения подшипника, об/мин

n_r = номинальная частота вращения, об/мин

f_p = поправочный коэффициент нагрузки подшипника P

f_v = поправочный коэффициент вязкости масла

Смазывание пластичной смазкой

Эти диаграммы также действительны для смазывания пластичной смазкой. Однако величины номинальной частоты вращения для смазывания пластичной смазкой основаны на вязкости базового масла VG 150, хотя также может использоваться диапазон вязкости ISO VG 100 – ISO VG 200. Для других вязкостей требуется вычислить величину f_v , которую необходимо рассчитать как отношение f_v для вязкости базового масла используемой пластичной смазки при 40 °C к f_v для масла ISO VG 150, т.е.

$$n_{perm} = n_r f_p \frac{f_v \text{ текущая вязкость}}{f_v \text{ вязкость ISO VG150}}$$

Пример 1

Радиальный шарикоподшипник SKF Explorer 6210 подвергается нагрузке $P = 0,24 C_0$ и смазывается масляной ванной с вязкостью масла 68 мм²/с при 40 °C. Какова величина допустимой частоты вращения?

Для подшипника 6210: $d_m = 0,5(50 + 90) = 70$ мм. По **диаграмме 1, стр. 110**, для $d_m = 70$ мм и $P/C_0 = 0,24$, $f_p = 0,63$ и для $P/C_0 = 0,24$ и ISO VG 68, $f_v = 0,85$.

Тогда допустимая скорость вращения подшипника n_{perm} , при которой можно ожидать, что его рабочая температура будет 70 °C

$$n_{perm} = 15\ 000 \times 0,63 \times 0,85 = 8\ 030 \text{ об/мин}$$

Пример 2

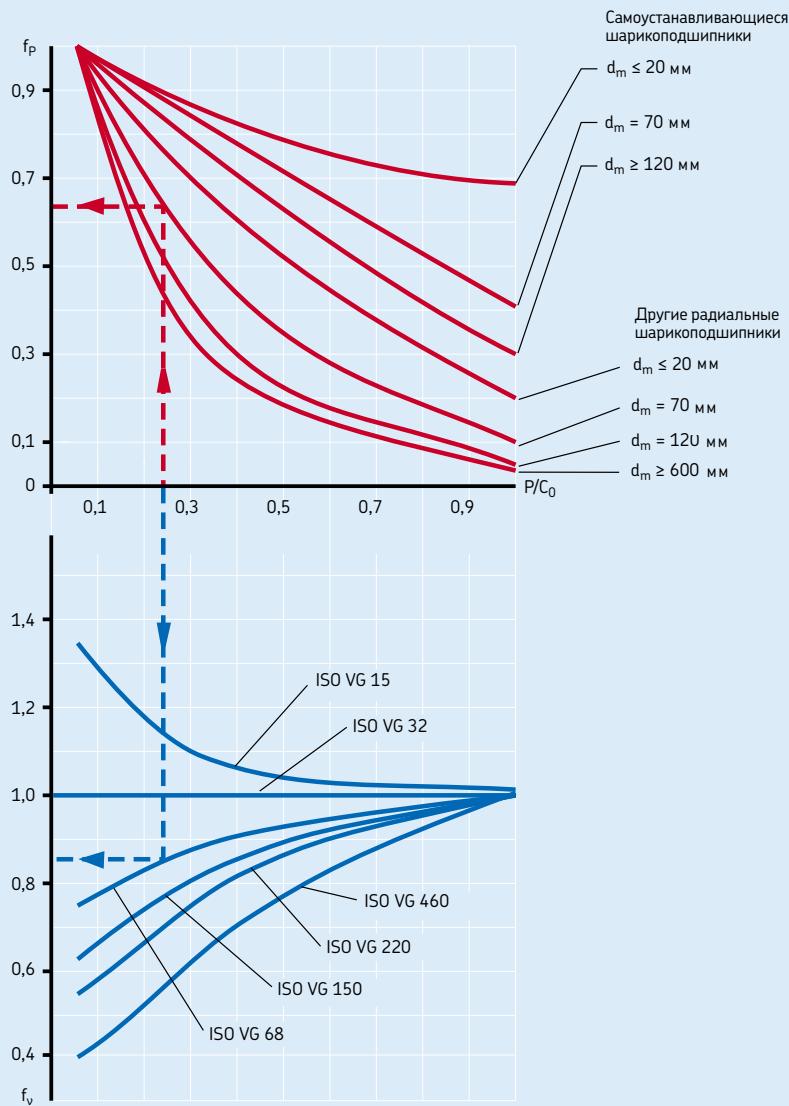
Сферический роликоподшипник SKF Explorer 22222 E подвергается нагрузке $P = 0,15 C_0$ и смазывается пластичной смазкой, имеющей вязкость базового масла 220 мм²/с при 40 °C. Какова величина допустимой частоты вращения?

Для подшипника 22222 E: $d_m = 0,5(110 + 200) = 155$ мм. По **диаграмме 2, стр. 111**, для $d_m = 155$ мм и $P/C_0 = 0,15$, $f_p = 0,53$ и для $P/C_0 =$

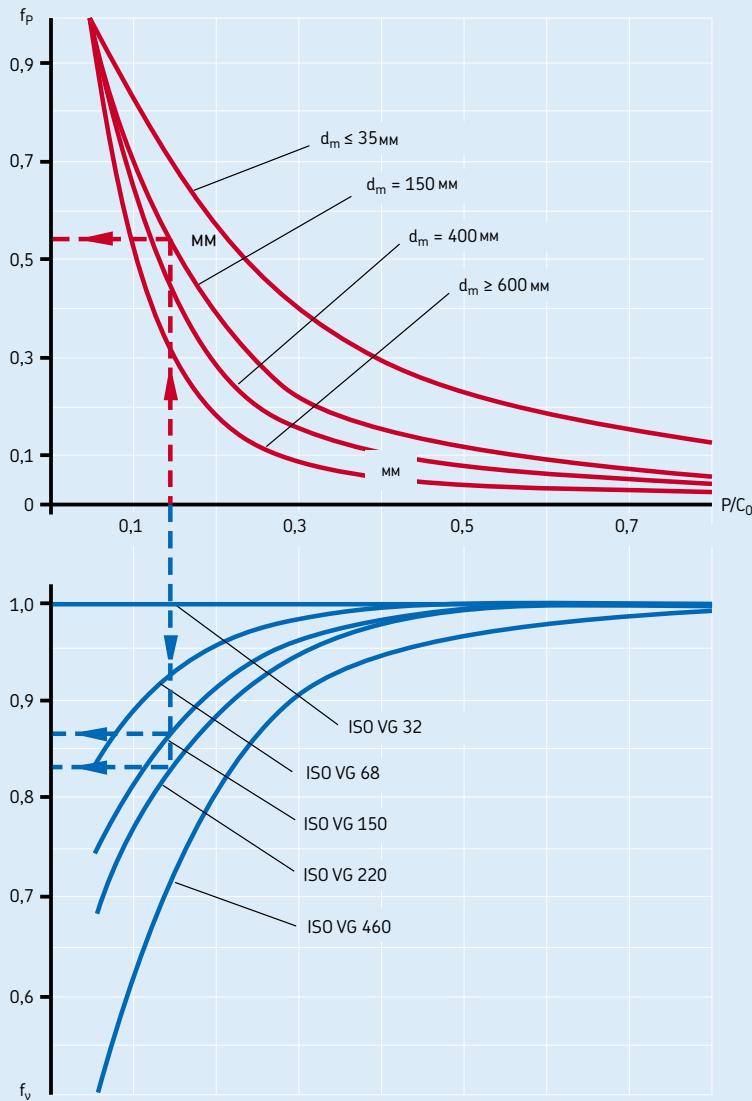
Скорости и вибрация

Диаграмма 1

Поправочные коэффициенты f_p и f_v для радиальных шарикоподшипников



Поправочные коэффициенты f_p и f_v для радиальных роликоподшипников



Скорости и вибрация

Диаграмма 3

Поправочные коэффициенты f_p и f_v для упорных шарикоподшипников

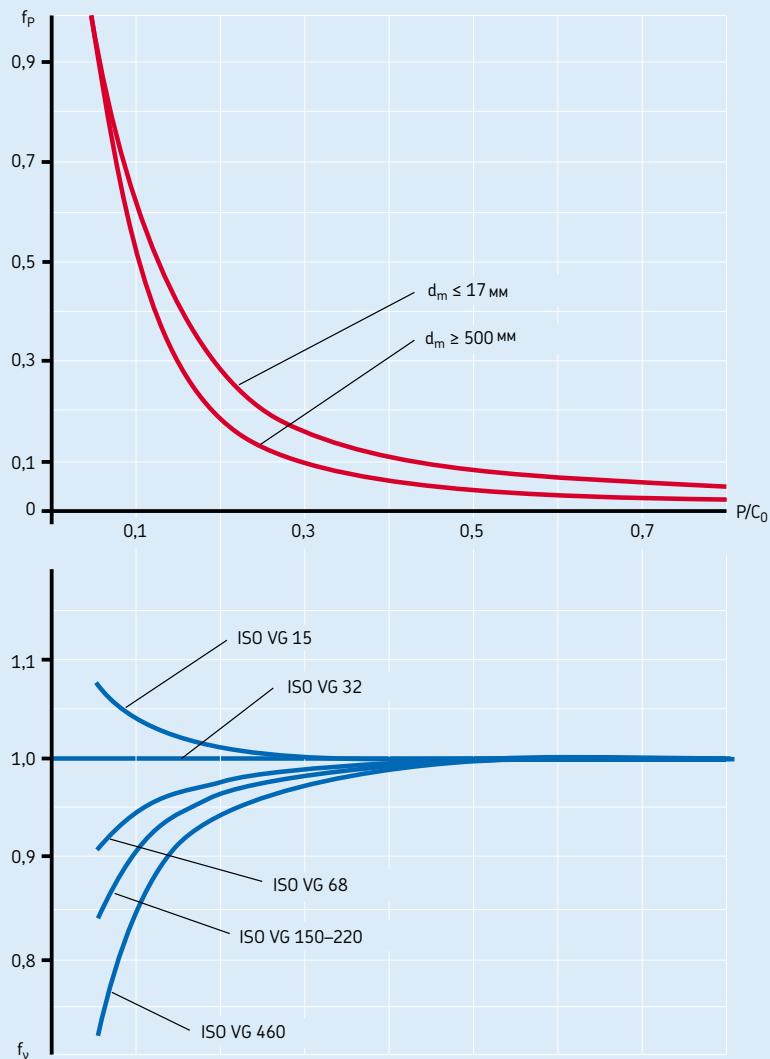
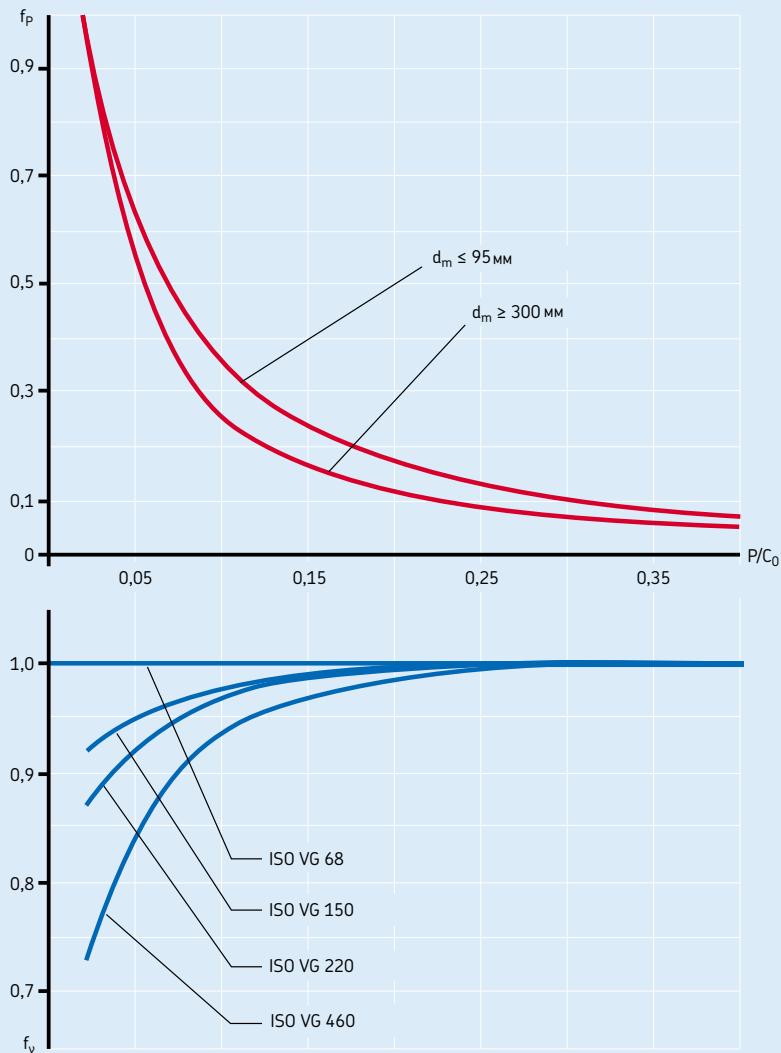


Диаграмма 4

Поправочные коэффициенты f_p и f_v для упорных роликоподшипников

0,15 и ISO VG 220, $f_{v\text{ actual}} = 0,83$; для $P/C_0 = 0,15$ и ISO VG 150, $f_{v\text{ ISO VG150}} = 0,87$.

Тогда допустимая скорость вращения подшипника n_{perm} , при которой можно ожидать, что его рабочая температура будет 70 °C:

$$n_{\text{perm}} = 3\,000 \times 0,53 \times 0,83 / 0,87 = 1\,520 \text{ об/мин}$$

Частоты вращения, превышающие номинальные значения

Подшипники способны вращаться со скоростями, превышающими номинальные, если трение в них может быть уменьшено за счет смазки малыми, точно дозированными количествами смазочного материала или за счет отвода тепла циркуляцией масла, при помощи ребер охлаждения на корпусе подшипника или направленными потоками охлаждающего воздуха (→ раздел «Способы смазывания маслом», на стр. 248).

Любое превышение номинальных скоростей без принятия вышеуказанных мер предосторожности вызывает сильный нагрев подшипника. Повышение температуры подшипника влечет за собой снижение вязкости смазочного материала и ухудшение условий образования смазочной пленки, что приводит к увеличению трения и дальнейшему повышению температуры. Если при этом рабочий зазор подшипника уменьшается из-за повышения температуры внутреннего кольца, конечным результатом будет заклинивание подшипника. В большинстве случаев превышение номинальных скоростей означает, что разница температур между внутренним и наружным кольцом больше нормальной. Поэтому, в таких случаях внутренний зазор подшипника, как правило, должен быть больше нормального (C3), и дополнительное внимание должно быть удалено распределению температур в подшипнике.

Предельные частоты вращения

Предельная частота вращения подшипника устанавливается с учетом таких факторов, как стабильность формы и прочность сепаратора, условия смазывания направляющих поверхностей сепаратора, величина центробежных и гироскопических сил, действующих на тела качения, точность и факторы, ограничивающие скорость, например, тип уплотнений и смазоч-

ного материала для подшипников с уплотнениями.

Величины предельных частот вращения, приведенные в таблицах подшипников, действительны для указанных типов подшипников и стандартных типов сепараторов.

Для эксплуатации подшипников на более высоких скоростях должны быть модифицированы такие ограничивающие скорость факторы, как точность вращения, материал и конструкция сепаратора, система смазывания и отвода тепла. По таким вопросам целесообразно обращаться в техническую службу SKF.

При смазывании пластичной смазкой должны дополнительно учитываться такие аспекты, как условия смазывания направляющих поверхностей сепаратора и сопротивление сдвигу смазочного материала, которые обусловлены характеристиками базового масла и загустителя (→ раздел «Смазывание пластичной смазкой», стр. 231).

Поскольку некоторые открытые шарикоподшипники имеют очень малое трение и их номинальные скорости вращения могут превышать предельные частоты вращения, необходимо произвести расчет величины допустимой скорости вращения, сравнить ее с величиной предельной частоты и оставить наименьшую из двух величин.

Следует помнить, что для стабильной работы подшипников на высоких частотах вращения на них должна действовать определенная минимальная нагрузка. Подробную информацию по этому вопросу можно найти во вступительных статьях соответствующих разделов под заголовком «Минимальная нагрузка».

Особые случаи

В некоторых случаях предельные частоты вращения подшипников не важны по сравнению с другими соображениями.

Малые скорости

При очень малой частоте вращения образование эластогидродинамической смазочной пленки в контакте тел и дорожек качения невозможно. В таких случаях обычно используют смазочные материалы, содержащие антизадирные (EP) добавки (→ раздел «Смазывание пластичной смазкой», стр. 231).

Колебательные движения

При таком типе движения направление вращения изменяется прежде, чем подшипник совершил полный оборот. Поскольку скорость в точке изменения направления вращения равна нулю, поддержать в ней полную толщину гидродинамической смазочной пленки невозможно. В таких случаях, для формирования необходимой смазочной пленки, важно использовать смазочный материал, содержащий добавку EP.

Установить какой-либо предел скорости совершения таких колебательных движений невозможно, т.к. верхний предел скорости определяется не тепловым балансом, а силами инерции. При каждом изменении направления вращения существует опасность, что силы инерции вызовут проскальзывание в подшипнике и задирание. Допустимые величины ускорений и замедлений зависят от массы тел качения и сепаратора, типа и количества смазочного материала, величины рабочего зазора и нагрузки на подшипник. Например, для подшипниковых узлов шатунов применяются подшипники с преднатягом, имеющие тела качения малого размера и веса. По таким вопросам следует обращаться в техническую службу SKF.

Возникновение вибрации в подшипнике

Сам по себе подшипник, как правило, не производит шумов. То, что подразумевают под выражением «шум подшипника», относится к звуковому эффекту вибрации, который прямо или косвенно передается подшипником сопряженным с ним деталям и узлу в целом. По этой причине проблемы шума можно расценивать как проблемы вибрации, относящиеся ко всей машине, в которой используется подшипник.

Изменение количества нагруженных тел качения

Если на подшипник действует радиальная нагрузка, то количество тел качения, несущих такую нагрузку, в процессе работы изменяется, например, 2-3-2-3. Это вызывает постоянное смещение направления нагрузки. При этом возникает вибрация, которую можно уменьшить при помощи осевого преднатяга для нагружения всех тел качения (невозможно в случае цилиндрических роликоподшипников).

Волнистость деталей

При посадке с натягом, подшипника на валу или в корпусе, кольцо подшипника может принимать форму сопряженной детали. При этом отклонения формы могут вызывать вибрации в процессе работы. Поэтому важно, чтобы обработка посадочных мест на валах и в корпусах соответствовала требуемым допускам (→ раздел «Допуски размеров и формы посадочных мест подшипников» стр. 194).

Местные повреждения

В результате небрежного обращения или неправильной установки подшипников на дорожках и телах качения могут возникать повреждения. В процессе работы вращение поврежденного подшипника вызывает вибрацию особой частоты. Частотный анализ вибраций помогает выявить поврежденные детали подшипника. Именно этот принцип используется в диагностическом оборудовании SKF для обнаружения дефектов подшипников.

Порядок расчета частот подшипника представлен в разделе «Расчеты» «Интерактивного инженерного каталога SKF» на интернет-сайте www.skf.com.

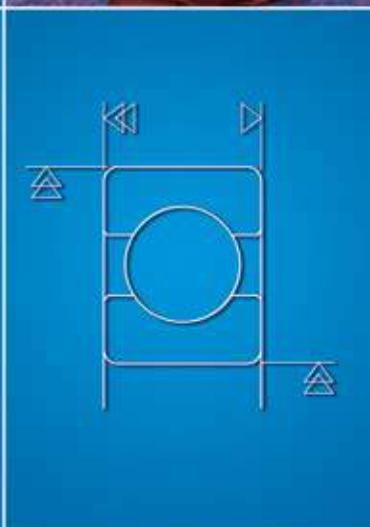
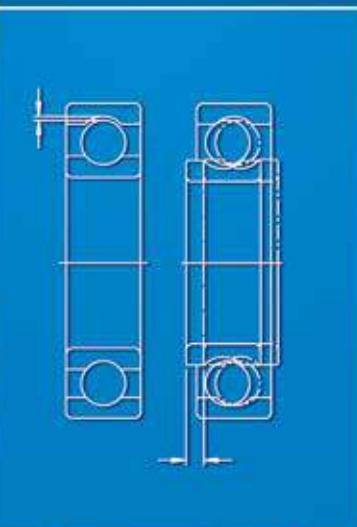
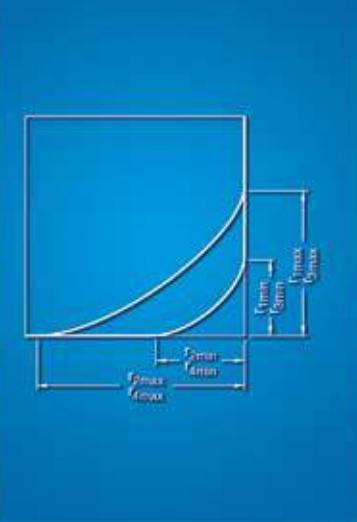
Воздействие загрязнений

При работе в загрязненных условиях частицы грязи проникают в подшипник и прокатываются между дорожками и телами качения. Уровень вибрации зависит от количества, размера и состава загрязняющих частиц. Никакой характерной частотной модели такая вибрация не имеет.

Влияние подшипника на вибрацию машин и механизмов

Во многих конструкциях жесткость подшипника составляет величину того же порядка, что и жесткости окружающих деталей. Это дает возможность уменьшить вибрацию машины за счет тщательного подбора подшипника (включая величину преднатяга и зазора) и его положения в машине. Существует три способа уменьшения вибрации:

- Устранение источника вибрации из механизма.
- Демпфирование.
- Изменение жесткости для изменения критических частот.



Подшипники – общие сведения

Размеры	118
Серии размеров ISO	118
Размеры дюймовых подшипников	119
Размеры фасок.....	119
Допуски	120
Обозначения допусков.....	120
Обозначение серий диаметров	120
Таблицы допусков	120
Допуски на размеры фасок.....	121
Внутренний зазор подшипников	137
Материалы подшипников качения.....	138
Материалы колец и тел качения подшипников.....	138
Материалы сепараторов	140
Материалы уплотнений	142
Меры предосторожности при работе с фторкаучуком.....	143
Покрытия	143
Сепараторы	144
Штампованные сепараторы	144
Массивные сепараторы	144
Сепараторы с осями	146
Материалы	146
Обозначения подшипников.....	147
Базовые обозначения	148
Дополнительные обозначения	151

Размеры

В силу экономических причин и по соображениям обеспечения качества и взаимозаменяемости как производители, так и потребители подшипников качения заинтересованы в ограничении количества типоразмеров подшипников. Поэтому Международная организация по стандартизации (ISO) разработала общие требования к основным размерам

- метрических радиальных подшипников качения – стандарт ISO 15:1998, за исключением конических роликоподшипников
- метрических радиальных конических роликоподшипников – стандарт ISO 355:1977
- метрических упорных роликоподшипников – стандарт ISO 104: 2002.

Серии размеров ISO

Серии основных размеров радиальных подшипников ISO содержат последовательность стандартизованных наружных диаметров для всех стандартных диаметров отверстий, которые включают серии диаметров 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3 и 4 (в порядке возрастания наружного диаметра). В пределах каждой серии диаметров также имеются различные серии ширин (8, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 и 7 в порядке возрастания ширины). Серия ширин радиальных подшипников соответствует серии высоты упорных подшипников (7, 9, 1 и 2 в порядке возрастания высоты).

Серия размера обозначается комбинацией из двух цифр, первая из которых обозначает

серию ширины или высоты, а вторая – серию диаметра (→ рис. 1).

В общей программе ISO размеров однорядных метрических конических роликоподшипников основные размеры сгруппированы по определенным диапазонам величин угла контакта α , известным как серии угла (2, 3, 4, 5, 6 и 7 в порядке возрастания величины угла). На основании зависимостей наружного диаметра от диаметра отверстия и общей ширины подшипника от высоты его поперечного сечения были также установлены серии диаметров и серии ширин. В этом случае серия размера обозначается комбинацией из одной цифры, соответствующей серии угла, и двух букв, первая из которых соответствует серии диаметра, а вторая – серии ширины (→ рис. 2).

За немногими исключениями, продиктованными разработкой новых продуктов, размеры подшипников, представленных в настоящем каталоге, соответствуют сериям размеров ISO или другим стандартам ISO, установленным для некоторых типов подшипников, для которых серии размеров ISO являются неприемлемыми. Таким образом гарантируется взаимозаменяемость подшипников. Дополнительная информация приведена под заголовками «Размеры» во вступительных текстах разделов, посвященных отдельным изделиям.

Опыт показывает, что подшипники со стандартными размерами в подавляющем большинстве случаев полностью удовлетворяют требованиям различных областей применения.

Рис. 1

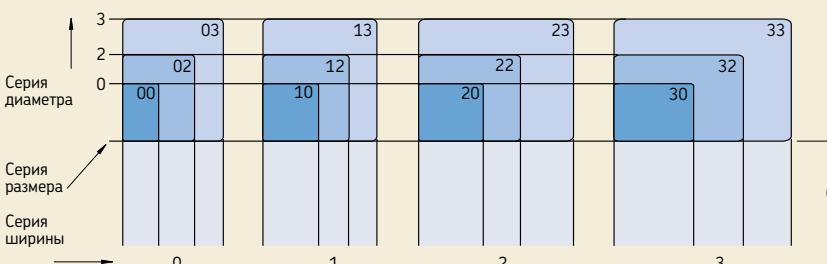
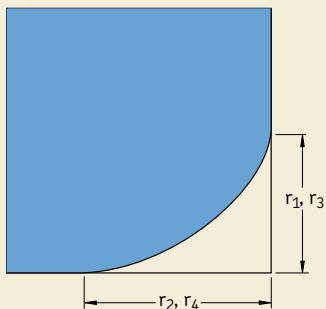


Рис. 3



Размеры дюймовых подшипников

Большая группа подшипников дюймовой размерности представлена коническими роликоподшипниками. Размеры этих подшипников соответствуют стандарту AFBMA 19-1974 (ANSI B3.19-1975). Впоследствии этот стандарт был заменен стандартом ANSI/ABMA 19.2-1994, из которого, однако, были исключены размеры.

Помимо дюймовых конических роликоподшипников, также существуют дюймовые шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники, которые соответствуют устаревшему стандарту British Standard BS292-1:1982, однако в настоящем каталоге они не представлены. Данный стандарт был впоследствии отменен в связи с переходом на метрическую систему, поэтому использовать такие подшипники в новых конструкциях машин не рекомендуется.

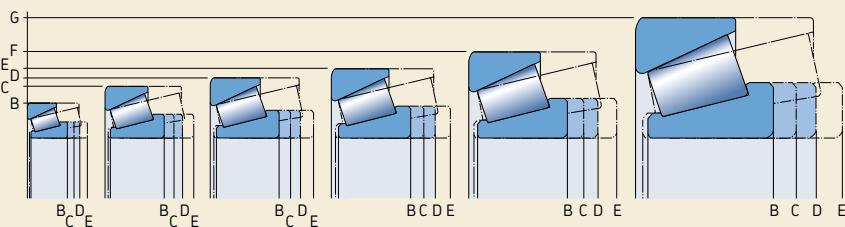
Размеры фасок

Величины минимальных размеров фасок в радиальном (r_1, r_3) и осевом (r_2, r_4) направлениях (→ рис. 3) приведены в таблицах подшипников. Эти величины соответствуют следующим стандартам

- ISO 15:1998, ISO 12043:1995 и ISO 12044: 1995 для радиальных подшипников качения
- ISO 355:1977 для радиальных конических роликоподшипников
- ISO 104: 2002 для упорных роликоподшипников.

Соответствующие максимально допустимые размеры фасок, которые важны для определения величин радиусов галтелей в соответствии со стандартом ISO 582:1995, можно найти в разделе «Допуски» на стр. 120.

Рис. 2



Допуски

Допуски размеров и точности вращения подшипников качения регламентированы международными стандартами. Помимо нормального класса точности, стандарты ISO также регламентируют допуски более точных классов, например

- класс точности 6, соответствующий классу SKF P6
- класс точности 5, соответствующий классу SKF P5.

Для специальных случаев применения, как, например, шпиндельные узлы станков, SKF также выпускает прецизионные подшипники, соответствующие классам точности SKF P4, P4A, PA9A, SP и UP. Дополнительная информация по подшипникам данных классов приведена в отдельном каталоге SKF «Прецизионные подшипники».

Информация о допусках для каждого типа подшипников содержится во вступительных статьях к таблицам подшипников соответствующих разделов каталога под заголовком «Допуски». В обозначении подшипников, имеющих класс точности, превышающий нормальный, имеется соответствующий суффикс (\rightarrow раздел «Дополнительные обозначения» на стр. 151).

Обозначения допусков

Расшифровка условных обозначений, указанных в таблицах допусков 3–12, приведена в табл. 1 на стр. 122 и 123.

Обозначение серий диаметров

Поскольку указанные в таблицах допуски на диаметр отверстия и наружный диаметр V_{dp} и V_{Dp} метрических роликоподшипников (за исключением конических роликоподшипников) действительны не для всех серий диаметров, а быстро определить принадлежность подшипника к той или иной серии диаметра ISO по его обозначению не всегда представляется возможным, информация о сериях диаметров основных типов подшипников приведена в табл. 2 на стр. 124.

Таблицы допусков

Реальные величины допусков представлены в таблицах в следующем порядке:

Таблица 3: Допуски радиальных подшипников нормального класса точности, за исключением конических роликоподшипников

Таблица 4: Допуски радиальных подшипников класса точности P6, за исключением конических роликоподшипников

Таблица 5: Допуски радиальных подшипников класса точности P5, за исключением конических роликоподшипников

Таблица 6: Допуски классов точности нормальный и CL7C для метрических конических роликоподшипников

Таблица 7: Допуски класса точности CLN для метрических конических роликоподшипников

Таблица 8: Допуски класса точности P5 для метрических конических роликоподшипников

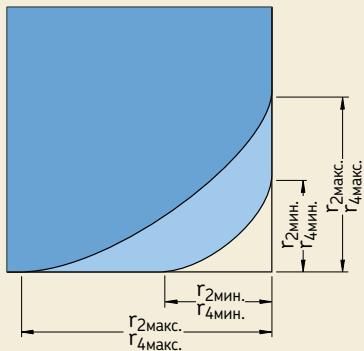
Таблица 9: Допуски дюймовых конических роликоподшипников

Таблица 10: Допуски упорных подшипников

Таблица 11: Допуски классов точности нормальный, P6 и P5 для конических отверстий, конусность 1:12

Таблица 12: Допуски конических отверстий, конусность 1:30

В тех случаях, когда величины допусков стандартизованы, они соответствуют стандартам ISO 492:2002, ISO 199:1997 и ANSI/ABMA Std 19.2:1994.



Допуски на размеры фасок

Во избежание ошибок в определении размеров фасок на сопряженных деталях подшипников и для упрощения расчетов положения посадочных мест стопорных колец допуски и соответствующие минимальные размеры фасок (**→ рис. 4**), указанные в таблицах подшипников, можно найти в следующих таблицах:

Таблица 13: Размеры фасок для метрических радиальных и упорных подшипников, за исключением конических роликоподшипников

Таблица 14: Размеры фасок для метрических конических роликоподшипников

Таблица 15: Размеры фасок для дюймовых конических роликоподшипников,

которые начинаются на **стр. 135**. Допуски размеров фасок для метрических подшипников соответствуют стандарту ISO 582:1995. Допуски размеров фасок для дюймовых конических роликоподшипников, которые значительно отличаются от тех же величин для метрических подшипников, соответствуют стандарту ANSI/ABMA 19.2-1994.

Условные обозначения, используемые в **табл. 13 и 15**, и их расшифровка приведены в **табл. 1** на **стр. 122 и 123**.

Пример

Каков наибольший радиальный размер фаски ($r_{1\max}$) радиального шарикоподшипника 6211? Согласно таблице подшипников на **стр. 309**, $r_{1\max} = 1,5$ мм и $d = 55$ мм. По **таблице 13** на **стр. 135** для $r_{smin} = 1,5$ мм и d меньше 120 мм находим $r_{1\max} = 2,3$ мм.

Подшипники – общие сведения

Таблица 1

Обозначения допусков	
Обозначение	Определение
Диаметр отверстия	
d	Номинальный диаметр отверстия
d_s	Диаметр отверстия, измеренный в одном месте (единичный диаметр)
d_{mp}	1. Средний диаметр отверстия; среднее арифметическое наибольшего и наименьшего единичных диаметров отверстия, измеренных в одной плоскости 2. Средний диаметр со стороны меньшего диаметра конического отверстия; среднее арифметическое наибольшего и наименьшего единичных диаметров
Δ_{ds}	Отклонение единичного диаметра отверстия от номинального значения ($\Delta_{ds} = d_s - d$)
Δ_{dmp}	Отклонение среднего диаметра отверстия от номинального значения ($\Delta_{dmp} = d_{mp} - d$)
V_{dp}	Непостоянство диаметра отверстия; разница между наибольшим и наименьшим единичными диаметрами отверстия в одной плоскости
V_{dmp}	Непостоянство среднего диаметра отверстия; т.е. разница между наибольшим и наименьшим единичными диаметрами отверстия в одной плоскости
d_1	Номинальный диаметр со стороны большего диаметра конического отверстия
d_{1mp}	Средний диаметр со стороны большего диаметра конического отверстия; среднее арифметическое наибольшего и наименьшего единичных диаметров отверстия
Δ_{d1mp}	Отклонение среднего диаметра со стороны большего диаметра конического отверстия от номинального значения ($\Delta_{d1mp} = d_{1mp} - d_1$)
Наружный диаметр	
D	номинальный наружный диаметр
D_s	Наружный диаметр, измеренный в одном месте (единичный диаметр)
D_{mp}	Средний наружный диаметр; среднее арифметическое наибольшего и наименьшего единичных наружных диаметров, измеренных в одной плоскости
Δ_{Ds}	Отклонение единичного наружного диаметра от номинального значения ($\Delta_{Ds} = D_s - D$)
Δ_{Dmp}	Отклонение среднего наружного диаметра от номинального значения ($\Delta_{Dmp} = D_{mp} - D$)
V_{Dp}	Непостоянство наружного диаметра; разница между наибольшим и наименьшим единичными наружными диаметрами, измеренными в одной плоскости
V_{Dmp}	Непостоянство среднего внешнего диаметра; разница между наибольшим и наименьшим средними наружными диаметрами одного кольца
Допуски фасок	
r_s	Единичный размер фаски
$r_{s min}$	Наименьший единичный размер фаски $r_s, r_1, r_2, r_3, r_4 \dots$
r_1, r_3	Радиальные размеры фаски
r_2, r_4	Осевые размеры фаски

Обозначения допусков**Обозначение** **Определение**
допуска**Ширина или высота**

B, C	Номинальная ширина внутреннего и наружного колец соответственно
B_s, C_s	Единичная ширина внутреннего и наружного колец соответственно
B_{1s}, C_{1s}	Единичная ширина внутреннего и наружного колец подшипника, предназначенного для парного монтажа, соответственно
Δ_{Bs}, Δ_{Cs}	Отклонение единичной ширины внутреннего кольца или наружного кольца от номинального значения ($Δ_{Bs} = B_s - B$; $Δ_{Cs} = C_s - C$; $Δ_{B1s} = B_{1s} - B_1$; $Δ_{C1s} = C_{1s} - C_1$)
V_{Bs}, V_{Cs}	Непостоянство ширины кольца; разница между наибольшей и наименьшей единичной шириной наружного и внутреннего колец соответственно
T	1. Действительная ширина (монтажная высота) конического роликоподшипника; расстояние между опорными торцами внутреннего и наружного колец 2. Единичная высота (H) одинарного упорного подшипника (за исключением сферического упорного подшипника, см. T ₄)
T₁	1. Единичная ширина конического роликоподшипника, состоящего из внутренней детали в сборе с наружным мастер-кольцом 2. Единичная высота (H ₁) двойного упорного шарикоподшипника с подкладным кольцом
T₂	1. Единичная ширина конического роликоподшипника, состоящего из наружного кольца в сборе с внутренней мастер-деталью 2. Единичная высота (H) двойного упорного подшипника
T₃	Единичная высота (H ₁) двойного упорного шарикоподшипника с подкладным кольцом
T₄	Единичная высота (H) сферического упорного роликоподшипника
Δ_{Ts}	1. Отклонение единичной ширины конического роликоподшипника от номинального значения 2. Отклонение единичной высоты упорного подшипника от номинального значения (за исключением сферического упорного роликоподшипника, см. Δ _{T4s})
Δ_{T1s}	1. Отклонение единичной ширины внутренней детали конического роликоподшипника от номинального значения 2. Отклонение высоты одинарного упорного шарикоподшипника со сферическим подкладным кольцом
Δ_{T2s}	1. Отклонение единичной ширины наружного кольца конического роликоподшипника от номинального значения 2. Отклонение высоты двойного упорного шарикоподшипника от номинального значения
Δ_{T3s}	Отклонение высоты двойного упорного шарикоподшипника со сферическими подкладными кольцами от номинального значения
Δ_{T4s}	Отклонение высоты упорного сферического роликоподшипника от номинального значения

Точность вращения

K_{ia}, K_{ea}	Радиальное биение внутреннего и наружного колец собранного подшипника соответственно
S_d	Торцевое биение относительно отверстия (внутреннего кольца)
S_D	Торцевое биение боковой поверхности наружного кольца относительно наружной цилиндрической поверхности
S_{ia}, S_{ea}	Торцевое биение боковой поверхности внутреннего и наружного колец, в собранном подшипнике соответственно
S_i, S_e	Непостоянство толщины, измеренной от середины дорожки качения до опорной плоскости тугого или свободного кольца, упорного подшипника соответственно (осевое биение)

Подшипники – общие сведения

Таблица 2

Серии диаметра (радиальные подшипники)			
Тип подшипника	Серии диаметра ISO 7, 8, 9	0, 1	2, 3, 4
Радиальные шарикоподшипники ¹⁾	617, 618, 619 627, 628 637, 638, 639	60 160, 161 630	2, 3 42, 43 62, 63, 64, 622, 623
Радиально-упорные шарикоподшипники			32, 33 72, 73 QJ 2, QJ 3
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники ²⁾	139	10, 130	12, 13, 112 22, 23
Цилиндрические роликоподшипники		NU 10, 20 NJ 10	NU 2, 3, 4, 12, 22, 23 NJ 2, 3, 4, 22, 23 NUP 2, 3, 22, 23 N 2, 3
Бессепараторные цилиндрические роликоподшипники	NCF 18, 19, 28, 29 NNC 48, 49 NNCF 48, 49 NNCL 48, 49	NCF 30 NNF 50 NNCF 50	NCF 22 NJG 23
Сферические роликоподшипники	238, 239 248, 249	230, 231 240, 241	222, 232 213, 223
Тороидальные роликоподшипники CARB	C 39, 49, 59, 69	C 30, 31 C 40, 41	C 22, 23 C 32

¹⁾ подшипники 604, 607, 608 и 609 принадлежат серии диаметра 0,
подшипники 623, 624, 625, 626, 627, 628 и 629 – серии диаметра 2,

²⁾ подшипник 108 принадлежит серии диаметра 0,
подшипники 126, 127 и 129 – серии диаметра 2 и подшипник 135 – серии 3

Таблица 3

Допуски радиальных подшипников нормального класса точности, за исключением конических роликоподшипников

Внутреннее кольцо

d свыше до	Δ_{dmp} ¹⁾		V _{dmp} Серия диаметра 7, 8, 9 0, 1 макс. макс. макс.			V _{dmp}		Δ_{Bs}		Δ_{B1s}		V _{Bs}	K _{ia}
	верх.	нижн.	мкм	мкм	мкм	макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	макс.	макс.	
мм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	
-	2,5	0	-8	10	8	6	6	0	-40	-	-	12	10
2,5	10	0	-8	10	8	6	6	0	-120	0	-250	15	10
10	18	0	-8	10	8	6	6	0	-120	0	-250	20	10
18	30	0	-10	13	10	8	8	0	-120	0	-250	20	13
30	50	0	-12	15	12	9	9	0	-120	0	-250	20	15
50	80	0	-15	19	19	11	11	0	-150	0	-380	25	20
80	120	0	-20	25	25	15	15	0	-200	0	-380	25	25
120	180	0	-25	31	31	19	19	0	-250	0	-500	30	30
180	250	0	-30	38	38	23	23	0	-300	0	-500	30	40
250	315	0	-35	44	44	26	26	0	-350	0	-500	35	50
315	400	0	-40	50	50	30	30	0	-400	0	-630	40	60
400	500	0	-45	56	56	34	34	0	-450	0	-630	50	65
500	630	0	-50	63	63	38	38	0	-500	0	-800	60	70
630	800	0	-75	-	-	-	-	0	-750	-	-	70	80
800	1 000	0	-100	-	-	-	-	0	-1 000	-	-	80	90
1 000	1 250	0	-125	-	-	-	-	0	-1 250	-	-	100	100
1 250	1 600	0	-160	-	-	-	-	0	-1 600	-	-	120	120
1 600	2 000	0	-200	-	-	-	-	0	-2 000	-	-	140	140

¹⁾ допуски для конических роликоподшипников → табл. 11 и 12 на стр. 133 и 134

Наружное кольцо

D свыше до	Δ_{Dmp}		V _{Dmp} ¹⁾ Серия диаметра 7, 8, 9 0, 1 макс. макс. макс.			V _{Dmp} ¹⁾ Подшипники с уплотнениями ²⁾ макс.		$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}, V_{Cs}$		K _{ea}	
	верх.	нижн.	мкм	мкм	мкм	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.
мм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.
2,5	18	0	-8	10	8	6	10	6	Величины идентичны величинам для внутреннего кольца того же подшипника	15	
18	30	0	-9	12	9	7	12	7		15	
30	50	0	-11	14	11	8	16	8		20	
50	80	0	-13	16	13	10	20	10		25	
80	120	0	-15	19	19	11	26	11		35	
120	150	0	-18	23	23	14	30	14		40	
150	180	0	-25	31	31	19	38	19		45	
180	250	0	-30	38	38	23	-	23		50	
250	315	0	-35	44	44	26	-	26		60	
315	400	0	-40	50	50	30	-	30		70	
400	500	0	-45	56	56	34	-	34		80	
500	630	0	-50	63	63	38	-	38		100	
630	800	0	-75	94	94	55	-	55		120	
800	1 000	0	-100	125	125	75	-	75		140	
1 000	1 250	0	-125	-	-	-	-	-		160	
1 250	1 600	0	-160	-	-	-	-	-		190	
1 600	2 000	0	-200	-	-	-	-	-		220	
2 000	2 500	0	-250	-	-	-	-	-		250	

¹⁾ действительны до сборки подшипника и после снятия внутреннего и/или наружного стопорного кольца²⁾ действительны только для подшипников серии диаметра 2, 3 и 4

Подшипники – общие сведения

Таблица 4

Допуски радиальных подшипников класса точности Р6, за исключением конических роликоподшипников

Внутреннее кольцо

d свыше до мм	Δ_{dmp} ¹⁾		V _d Серия диаметра 7, 8, 9 0, 1 макс. макс. макс.				V _{dmp}		Δ_{Bs}		Δ_{B1s}		V _{Bs}	K _{ia}
	верх.	нижн.	мкм	мкм	мкм	мкм	макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	макс.	макс.	
– 2,5	2,5	0	-7	9	7	5	5	0	-40	–	–	12	5	
2,5 10	10	0	-7	9	7	5	5	0	-120	0	-250	15	6	
10 18	18	0	-7	9	7	5	5	0	-120	0	-250	20	7	
18 30	30	0	-8	10	8	6	6	0	-120	0	-250	20	8	
30 50	50	0	-10	13	10	8	8	0	-120	0	-250	20	10	
50 80	80	0	-12	15	15	9	9	0	-150	0	-380	25	10	
80 120	120	0	-15	19	19	11	11	0	-200	0	-380	25	13	
120 180	180	0	-18	23	23	14	14	0	-250	0	-500	30	18	
180 250	250	0	-22	28	28	17	17	0	-300	0	-500	30	20	
250 315	315	0	-25	31	31	19	19	0	-350	0	-500	35	25	
315 400	400	0	-30	38	38	23	23	0	-400	0	-630	40	30	
400 500	500	0	-35	44	44	26	26	0	-450	0	-630	45	35	
500 630	630	0	-40	50	50	30	30	0	-500	0	-800	50	40	
630 800	800	0	-50	–	–	–	–	0	-750	–	–	55	45	
800 1 000	1 000	0	-60	–	–	–	–	0	-1 000	–	–	60	50	
1 000 1 250	1 250	0	-75	–	–	–	–	0	-1 250	–	–	70	60	
1 250 1 600	1 600	0	-90	–	–	–	–	0	-1 600	–	–	70	70	
1 600 2 000	2 000	0	-115	–	–	–	–	0	-2 000	–	–	80	80	

¹⁾ допуски для конических роликоподшипников → табл. 11 на стр. 133

Наружное кольцо

D свыше до мм	Δ_{Dmp}		V _D Серия диаметра 7, 8, 9 0, 1 макс. макс. макс.				V _{Dmp} ¹⁾ Подшипники с уплотнениями ²⁾ макс.		$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}, V_{Cs}$		V _{ea}
	верх.	нижн.	мкм	мкм	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.	макс.
2,5 18	18	0	-7	9	7	5	9	5	–	–	8
18 30	30	0	-8	10	8	6	10	6	–	–	9
30 50	50	0	-9	11	9	7	13	7	–	–	10
50 80	80	0	-11	14	11	8	16	8	–	–	13
80 120	120	0	-13	16	16	10	20	10	–	–	18
120 150	150	0	-15	19	19	11	25	11	–	–	20
150 180	180	0	-18	23	23	14	30	14	–	–	23
180 250	250	0	-20	25	25	15	–	15	–	–	25
250 315	315	0	-25	31	31	19	–	19	–	–	30
315 400	400	0	-28	35	35	21	–	21	–	–	35
400 500	500	0	-33	41	41	25	–	25	–	–	40
500 630	630	0	-38	48	48	29	–	29	–	–	50
630 800	800	0	-45	56	56	34	–	34	–	–	60
800 1 000	1 000	0	-60	75	75	45	–	45	–	–	75
1 000 1 250	1 250	0	-75	–	–	–	–	–	–	–	85
1 250 1 600	1 600	0	-90	–	–	–	–	–	–	–	100
1 600 2 000	2 000	0	-115	–	–	–	–	–	–	–	100
2 000 2 500	2 500	0	-135	–	–	–	–	–	–	–	120

¹⁾ действительны до сборки подшипника и после снятия внутреннего и/или наружного стопорного кольца

²⁾ действительны только для подшипников серии диаметра 0, 1, 2, 3 и 4

Таблица 5

Допуски радиальных подшипников класса точности Р5, за исключением конических роликоподшипников

Внутреннее кольцо

d свыше до мм	Δ_{dmp}		V_{dp} Серия диаметра 7, 8, 9 макс.	V_{dmp}	Δ_{Bs}		Δ_{B1s}		V_{Bs}	K_{ia}	S_d	$S_{ia}^{1)}$
	верх.	нижн.			макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	макс.	макс.	макс.
- 2,5 10 18	2,5 10 0 18	0 -5 -5 -5	5 5 5 4	4 4 3 3	3 3 0 0	0 -40 -40 -80	0 -40 -40 0	-250 -250 -250 -250	5 5 5 5	4 4 4 4	7 7 7 7	7 7 7 7
18 30 50 80	30 50 80 0	0 -8 -8 -9	6 8 9 7	5 6 7 5	3 4 0 0	0 -120 -120 -150	0 0 0	-250 -250 -250 -250	5 5 6 6	4 5 5 5	8 8 8 8	8 8 8 8
80 120 180 250	120 180 180 250	0 -13 -13 -15	10 13 13 15	8 10 10 12	5 7 7 8	0 -200 -250 -300	0 0 0	-380 -380 -500	7 8 10	6 8 10 10	9 8 10 11	9 10 10 13
250 315 400 500	315 400 400 500	0 -18 -23 -28	18 23 23 28	14 18 18 21	9 1 1 1	0 -350 -400 -450	0 0 0	-500 -630 -630	13 15 18	13 15 17 18	13 15 15 18	13 15 20 23
500 630 800 800 1 000	630 800 800 1 000	0 -45 -45 -60	35 - - -	26 - - -	1 - - 0	0 -500 -750 -1 000	0 0 0	-800 -26 -32	20 26 26	19 22 26 32	20 26 26 32	25 30 30 30
1 000 1 250 1 600 1 600 2 000	1 250 1 600 1 600 2 000	0 -75 -90 -115	- - - -	- - - -	- 0 0 0	0 -1 250 -1 600 -2 000	- 0 0	- 38 45 55	30 35 40	38 45 55	38 45 55	30 30 30

¹⁾ действительны только для радиальных и радиально-упорных шарикоподшипников

Наружное кольцо

D свыше до мм	Δ_{Dmp}		V_{Dp} ¹⁾ Серия диаметра 7, 8, 9 макс.	V_{Dmp}	$\Delta_{Cs}, \Delta_{C1s}$		V_{Cs}	K_{ea}	S_d	$S_{ea}^{2)}$
	верх.	нижн.			макс.	макс.			макс.	
2,5 18 18 30 30 50	18 0 0 -6 -6 -7	0 -5 -5 7	5 4 5 5 5	3 3 3 4	Величины идентичны величинам для внутрен- него кольца того же подшипника		5 5 5 7	5 6 8 8	8 8 8	8 8 8
50 80 80 120 120 150	80 0 0 -10 -10 -11	0 -9 -10 11	9 7 8 8	5 5 5 6			6 8 8 11	8 8 10 11	8 8 9 10	10 10 11 13
150 180 180 250 250 315	180 0 0 -15 -15 -18	0 -13 -15 15 18	13 10 11 14	7 8 8 9			8 10 11	13 15 18	10 11 13	14 15 18
315 400 400 500 500 630	400 0 0 -23 -23 -28	0 -20 -23 23 28	20 15 17 21	10 12 12 14			13 15 15 18	20 23 25 25	13 15 15 18	20 23 23 25
630 800 800 1 000 1 000 1 250	800 0 0 -50 -50 -63	0 -35 -35 -50 -50	35 26 29	18 18 25			20 25 30	30 35 40	20 25 30	30 35 45
1 250 1 600 1 600 2 000 2 000 2 500	1 600 0 0 -100 -100 -125	0 -80 -80 -100 -100	- - - -	- - - -			35 38 45	45 55 65	35 40 50	35 45 55

¹⁾ недействительны для подшипников с уплотнениями или защитными шайбами²⁾ действительны только для радиальных и радиально-упорных шарикоподшипников

Подшипники – общие сведения

Таблица 6

Допуски метрических конических роликоподшипников классов точности нормальный и CL7C

Внутреннее кольцо, ширина подшипника и ширина кольца

d	Δ_{Dmp}		V_{dp}	V_{Dmp}	Δ_{Bs}	K_{ia} класс точности Нормаль- ный CL7C	Δ_{Ts}	Δ_{T1s}		Δ_{T2s}			
	свыше	до	верх.	нижн.	макс.			макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	
мм		μm		μm		μm		μm		μm			
10	18	0	-12	12	9	0	-120	15	7	+200	0	+100	0
18	30	0	-12	12	9	0	-120	18	8	+200	0	+100	0
30	50	0	-12	12	9	0	-120	20	10	+200	0	+100	0
50	80	0	-15	15	11	0	-150	25	10	+200	0	+100	0
80	120	0	-20	20	15	0	-200	30	13	+200	-200	+100	-100
120	180	0	-25	25	19	0	-250	35	-	+350	-250	+150	-150
180	250	0	-30	30	23	0	-300	50	-	+350	-250	+150	-150
250	315	0	-35	35	26	0	-350	60	-	+350	-250	+150	-150
315	400	0	-40	40	30	0	-400	70	-	+400	-400	+200	-200

Наружное кольцо

D	Δ_{Dmp}		V_{Dp}	V_{Dmp}	Δ_{Cs}	K_{ea} класс точности Нормальный CL7C					
	свыше	до	верх.	нижн.	макс.						
мм		мкм		мкм		мкм					
18	30	0	-12	12	9	Величины идентичны величинам	18	9			
30	50	0	-14	14	11		20	10			
50	80	0	-16	16	12		25	13			
80	120	0	-18	18	14	для внутрен- него кольца	35	18			
120	150	0	-20	20	15	того же	40	20			
150	180	0	-25	25	19	подшипника	45	23			
180	250	0	-30	30	23		50	-			
250	315	0	-35	35	26		60	-			
315	400	0	-40	40	30		70	-			
400	500	0	-45	45	34		80	-			
500	630	0	-50	50	38		100	-			
630	800	0	-75	75	55		120	-			

Таблица 7

Допуски метрических конических роликоподшипников класса точности CLN

Внутреннее кольцо, ширина подшипника и ширина кольца

d		Δ_{dmp}	V_{dp}	V_{dmp}	Δ_{Bs}		Δ_{Cs}		K_{ia}	Δ_{Ts}		Δ_{T1s}		Δ_{T2s}
свыше	до	верх.	нижн.	макс.	макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм
10	18	0	-12	12	9	0	-50	0	-100	15	+100	0	+50	0
18	30	0	-12	12	9	0	-50	0	-100	18	+100	0	+50	0
30	50	0	-12	12	9	0	-50	0	-100	20	+100	0	+50	0
50	80	0	-15	15	11	0	-50	0	-100	25	+100	0	+50	0
80	120	0	-20	20	15	0	-50	0	-100	30	+100	0	+50	0
120	180	0	-25	25	19	0	-50	0	-100	35	+150	0	+100	0
180	250	0	-30	30	23	0	-50	0	-100	50	+150	0	+50	0
250	315	0	-35	35	26	0	-50	0	-100	60	+200	0	+100	0
315	400	0	-40	40	30	0	-50	0	-100	70	+200	0	+100	0

Наружное кольцо

D		Δ_{Dmp}	V_{Dp}	V_{Dmp}	K_{ea}
свыше	до	верх.	нижн.	макс.	макс.
мм		мкм		мкм	мкм
18	30	0	-12	12	9
30	50	0	-14	14	11
50	80	0	-16	16	12
80	120	0	-18	18	14
120	150	0	-20	20	15
150	180	0	-25	25	19
180	250	0	-30	30	23
250	315	0	-35	35	26
315	400	0	-40	40	30
400	500	0	-45	45	34
500	630	0	-50	50	38
					100

Подшипники – общие сведения

Таблица 8

Допуски метрических конических роликоподшипников класса точности Р5

Внутреннее кольцо и ширина подшипника

d свыше до	Δ_{dmp}	V_{dp}	V_{dmp}	Δ_{Bs}	K_{ia}	S_d	Δ_{Ts}
мм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм
10 18	0 -7	5	5	0 -200	5	7	+200 -200
18 30	0 -8	6	5	0 -200	5	8	+200 -200
30 50	0 -10	8	5	0 -240	6	8	+200 -200
50 80	0 -12	9	6	0 -300	7	8	+200 -200
80 120	0 -15	11	8	0 -400	8	9	+200 -200
120 180	0 -18	14	9	0 -500	11	10	+350 -250
180 250	0 -22	17	11	0 -600	13	11	+350 -250
250 315	0 -25	19	13	0 -700	16	13	+350 -250
315 400	0 -30	23	15	0 -800	19	15	+400 -400

Наружное кольцо

D свыше до	Δ_{Dmp}	V_{Dp}	V_{Dmp}	Δ_{Cs}	K_{ea}	S_D
мм	мкм	мкм	мкм		макс.	макс.
18 30	0 -8	6	5	Величины идентичны величинам для внутрен- кольца	6	8
30 50	0 -9	7	5		7	8
50 80	0 -11	8	6		8	8
80 120	0 -13	10	7		10	9
120 150	0 -15	11	8	него того же подшипника	11	10
150 180	0 -18	14	9		13	10
180 250	0 -20	15	10		15	11
250 315	0 -25	19	13		18	13
315 400	0 -28	22	14		20	13
400 500	0 -33	25	17		23	15
500 630	0 -38	29	19		25	18

Таблица 9

Допуски дюймовых конических роликоподшипников

Внутреннее кольцо

d	Δ_{ds} Классы точности Нормальный, CL2		CL3, CLO		
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм	мкм				
-	76,2	+13	0	+13	0
76,2	101,6	+25	0	+13	0
101,6	266,7	+25	0	+13	0
266,7	304,8	+25	0	+13	0
304,8	609,6	+51	0	+25	0
609,6	914,4	+76	0	+38	0

Наружное кольцо

D	Δ_{ds} Классы точности Нормальный, CL2		CL3, CLO		$\Delta_{da}, K_{ea}, S_{ia}, S_{ea}$ Классы точности Нормальный макс.		CL2	CL3	CLO
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.	макс.	макс.	макс.	макс.
мм	мкм					мкм			
-	304,8	+25	0	+13	0	51	38	8	4
304,8	609,6	+51	0	+25	0	51	38	18	9
609,6	914,4	+76	0	+38	0	76	51	51	26
914,4	1 219,2	+102	0	+51	0	76	-	76	38
1 219,2	-	+127	0	+76	0	76	-	76	-

Монтажная высота однорядного подшипника

d	D	Δ_{ts} Классы точности Нормальный		CL2		CL3, CLO	
свыше	до	свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм	мм	мкм					
-	101,6	-	-	+203	0	+203	0
101,6	266,7	-	-	+356	-254	+203	0
266,7	304,8	-	-	+356	-254	+203	0
304,8	609,6	-	508	+381	-381	+381	-381
304,8	609,6	508	-	+381	-381	+381	-381
609,6	-	-	-	+381	-381	+381	-381

Подшипники – общие сведения

Таблица 10

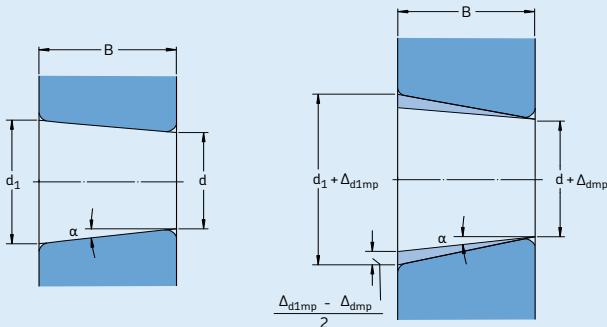
Допуски упорных подшипников													
Номинальный диаметр d, D		Тугое кольцо			Классы точности Норм., P6, P5			Свободное кольцо			V _{Dp} макс.	S _e макс.	
свыше	до	Δd _{dmp}	верх.	нижн.	V _{d_p} макс.	макс.	Норм.	P ₆ S ₁ ¹⁾ макс.	P ₅ S ₁ ¹⁾ макс.	Норм., P6, P5	ΔD _{dmp}	верх.	нижн.
мм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм			
–	18	0	–8	6	10	5	3	0	–11	8	Величины идентичны величинам для внутреннего кольца того же подшипник		
18	30	0	–10	8	10	5	3	0	–13	10			
30	50	0	–12	9	10	6	3	0	–16	12			
50	80	0	–15	11	10	7	4	0	–19	14			
80	120	0	–20	15	15	8	4	0	–22	17			
120	180	0	–25	19	15	9	5	0	–25	19			
180	250	0	–30	23	20	10	5	0	–30	23			
250	315	0	–35	26	25	13	7	0	–35	26			
315	400	0	–40	30	30	15	7	0	–40	30			
400	500	0	–45	34	30	18	9	0	–45	34			
500	630	0	–50	38	35	21	11	0	–50	38			
630	800	0	–75	–	40	25	13	0	–75	55			
800	1 000	0	–100	–	45	30	15	0	–100	75			
1 000	1 250	0	–125	–	50	35	18	0	–125	–			
1 250	1 600	0	–160	–	60	40	21	0	–160	–			
1 600	2 000	–	–	–	–	–	–	0	–200	–			
2 000	2 500	–	–	–	–	–	–	0	–250	–			

¹⁾ недействительны для сферических упорных роликоподшипников

Высота подшипника																					
d		Классы точности Нормальный, P6, P5				ΔT _{1s}				ΔT _{2s}				ΔT _{3s}		ΔT _{4s}		SKF		SKF Explorer	
свыше	до	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	верх.	нижн.
мм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм	
–	30	+20	–250	+100	–250	+150	–400	+300	–400	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
30	50	+20	–250	+100	–250	+150	–400	+300	–400	–	–	–	–	–	–	0	–125	0	–100		
50	80	+20	–300	+100	–300	+150	–500	+300	–500	+20	–300	0	–125	0	–100						
80	120	+25	–300	+150	–300	+200	–500	+400	–500	+25	–300	0	–150	0	–100						
120	180	+25	–400	+150	–400	+200	–600	+400	–600	+25	–400	0	–175	0	–125						
180	250	+30	–400	+150	–400	+250	–600	+500	–600	+30	–400	0	–200	0	–125						
250	315	+40	–400	–	–	–	–	–	–	+40	–400	0	–225	0	–150						
315	400	+40	–500	–	–	–	–	–	–	+40	–500	0	–300	0	–200						
400	500	+50	–500	–	–	–	–	–	–	+50	–500	0	–420	–	–						
500	630	+60	–600	–	–	–	–	–	–	+60	–600	0	–500	–	–						
630	800	+70	–750	–	–	–	–	–	–	+70	–750	0	–630	–	–						
800	1 000	+80	–1 000	–	–	–	–	–	–	+80	–1 000	0	–800	–	–						
1 000	1 250	–	–	–	–	–	–	–	–	+100	–1 400	0	–1 000	–	–						
1 250	1 600	–	–	–	–	–	–	–	–	+120	–1 600	0	–1 200	–	–						

Таблица 11

Допуски классов точности нормальный, Р6 и Р5 для конических отверстий, конусность 1:12



Половина угла конуса 1:12

$$\alpha = 2^\circ 23' 9,4''$$

Наибольший теоретический диаметр d_1

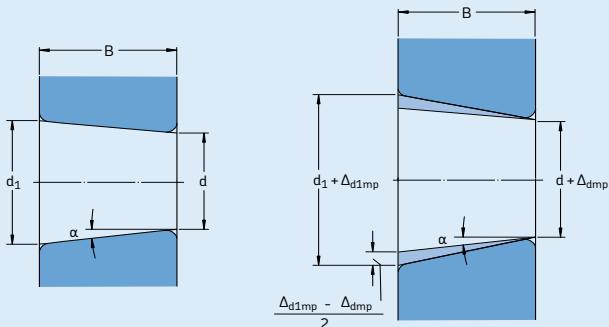
$$d_1 = d + \frac{1}{12} \times B$$

Допуски фасок		Классы точности Нормальный, Р6				Класс точности Р5				
d		Δ_{dmp}	$V_{dp}^{(1)}$	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$		Δ_{dmp}	$V_{dp}^{(1)}$	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$		
свыше	до	верх.	нижн.	макс.	верх.	нижн.	верх.	нижн.	макс.	
мм		мкм	мкм	мкм		мкм	мкм	мкм	мкм	
18	30	+21	0	13	+21	0	+13	0	13	+13 0
30	50	+25	0	15	+25	0	+16	0	15	+16 0
50	80	+30	0	19	+30	0	+19	0	19	+19 0
80	120	+35	0	25	+35	0	+22	0	22	+22 0
120	180	+40	0	31	+40	0	+25	0	25	+25 0
180	250	+46	0	38	+46	0	+29	0	29	+29 0
250	315	+52	0	44	+52	0	+32	0	32	+32 0
315	400	+57	0	50	+57	0	+36	0	36	+36 0
400	500	+63	0	56	+63	0	+40	0	-	+40 0
500	630	+70	0	70	+70	0	+44	0	-	+44 0
630	800	+80	0	-	+80	0	+50	0	-	+50 0
800	1 000	+90	0	-	+90	0	+56	0	-	+56 0
1 000	1 250	+105	0	-	+105	0	+66	0	-	+66 0
1 250	1 600	+125	0	-	+125	0	+78	0	-	+78 0
1 600	2 000	+150	0	-	+150	0	+92	0	-	+92 0

¹⁾ действительны во всех единичных радиальных плоскостях отверстия

Таблица 12

Допуски нормального класса точности для конических отверстий, конусность 1:30



Допуски фасок		Класс точности нормальный					
d		Δ_{dmp}	$V_{dp}^{1)}$	$\Delta_{d1mp} - \Delta_{dmp}$			
свыше	до	верх.	нижн.	макс.	верх.	нижн.	
мм		мкм		мкм	мкм		
-	80	+15	0	19	+30	0	
80	120	+20	0	22	+35	0	
120	180	+25	0	40	+40	0	
180	250	+30	0	46	+46	0	
250	315	+35	0	52	+52	0	
315	400	+40	0	57	+57	0	
400	500	+45	0	63	+63	0	
500	630	+50	0	70	+70	0	
630	800	+75	0	-	+100	0	
800	1 000	+100	0	-	+100	0	
1 000	1 250	+125	0	-	+115	0	
1 250	1 600	+160	0	-	+125	0	
1 600	2 000	+200	0	-	+150	0	

1) действительны во всех единичных радиальных плоскостях отверстия

Таблица 13

Допуски на размеры фасок для метрических радиальных и упорных подшипников, за исключением конических роликоподшипников

Минимальный единичный размер фаски подшипника	Номинальный диаметр отверстия подшипника	Максимальные размеры фаски		
		Радиальные подшипники	Упорные подшипники	Подшипники
$r_s \text{ min}$	d	$r_{1,3}$ макс.	$r_{2,4}$ макс.	$r_{1,2,3,4}$ макс.
	мм	мм	мм	мм
0,05	—	0,1	0,2	0,1
0,08	—	0,16	0,3	0,16
0,1	—	0,2	0,4	0,2
0,15	—	0,3	0,6	0,3
0,2	—	0,5	0,8	0,5
0,3	—	0,6	1	0,8
	40	—	0,8	1
0,6	—	1	2	1,5
	40	—	1,3	2
1	—	1,5	3	2,2
	50	—	1,9	3
1,1	—	2	3,5	2,7
	120	—	2,5	4
1,5	—	2,3	4	3,5
	120	—	3	5
2	—	3	4,5	4
	80	—	3,5	5
	220	—	3,8	6
2,1	—	4	6,5	4,5
	280	—	4,5	7
2,5	—	3,8	6	—
	100	—	4,5	6
	280	—	5	7
3	—	5	8	5,5
	280	—	5,5	8
4	—	6,5	9	6,5
5	—	8	10	8
6	—	10	13	10
7,5	—	12,5	17	12,5
9,5	—	15	19	15
12	—	18	24	18

Таблица 14

Допуски на размеры фасок для метрических конических роликоподшипников

Минимальный единичный размер фаски	Номинальный диаметр отверстия подшипника	Максимальные размеры фаски	
		$r_{1,3}$ макс.	$r_{2,4}$ макс.
	мм	мм	мм
0,3	—	40	0,7
	40	—	0,9
0,6	—	40	1,1
	40	—	1,3
1	—	50	1,6
	50	—	1,9
1,5	—	120	2,3
	120	250	2,8
	250	—	3,5
2	—	120	2,8
	120	250	3,5
	250	—	4
2,5	—	120	3,5
	120	250	4
	250	—	4,5
3	—	120	4
	120	250	4,5
	250	400	5
	400	—	5,5
4	—	120	5
	120	250	5,5
	250	400	6
	400	—	6,5
5	—	180	6,5
	180	—	7,5
6	—	180	7,5
	180	—	9

Подшипники – общие сведения

Таблица 15

Допуски на размеры фасок для дюймовых конических роликоподшипников

Минимальный единичный размер фаски		Внутреннее кольцо Номинальный диаметр отверстия подшипника			Наружное кольцо Номинальный внешний диаметр подшипника			Максимальный размер фаски	
r_s мин. свыше до	d свыше до	r_1 макс.	r_2 макс.	D свыше до	r_3 макс.	r_4 макс.			
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм			
0,6	1,4	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 0,9	r_2 мин. + 2	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
1,4	2,5	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 2	r_2 мин. + 3	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
2,5	4,0	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
		400	r_1 мин. + 2	r_2 мин. + 4	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
4,0	5,0	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 2,5	r_2 мин. + 4	400	r_3 мин. + 2	r_4 мин. + 4		
5,0	6,0	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 3	r_2 мин. + 5	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
6,0	7,5	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 4,5	r_2 мин. + 6,5	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
7,5	9,5	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 6,5	r_2 мин. + 9,5	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
9,5	12	101,6	r_1 мин. + 0,5	r_2 мин. + 1,3	168,3	r_3 мин. + 0,6	r_4 мин. + 1,2		
		254	r_1 мин. + 0,6	r_2 мин. + 1,8	266,7	r_3 мин. + 0,8	r_4 мин. + 1,4		
			r_1 мин. + 8	r_2 мин. + 11	355,6	r_3 мин. + 1,7	r_4 мин. + 1,7		
						r_3 мин. + 8	r_4 мин. + 11		

Внутренний зазор подшипников

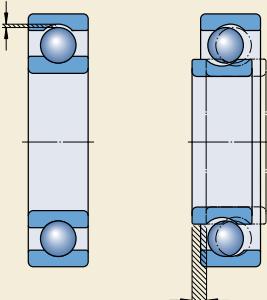
Внутренний зазор подшипника (→ рис. 5) определяется, как общее расстояние, на которое может переместиться одно из колец подшипника относительно другого кольца в радиальном направлении (радиальный внутренний зазор) или в осевом направлении (осевой внутренний зазор).

Необходимо различать внутренний зазор подшипника в домонтажном состоянии и внутренний зазор смонтированного подшипника, достигшего своей рабочей температуры (рабочего зазора). Начальный внутренний зазор (в домонтажном состоянии) больше рабочего зазора из-за разницы в степени натяга и тепловом расширении колец подшипника и сопряженных деталей, благодаря которой кольца расширяются или сжимаются.

Радиальный внутренний зазор имеет большое значение для правильной работы подшипника. Как правило, шарикоподшипники всегда имеют рабочий зазор, фактически равный нулю, или устанавливаются с небольшим преднатягом. С другой стороны, цилиндрические, сферические и тороидальные роликоподшипники в процессе работы всегда должны иметь некоторый минимальный зазор. Это относится и к коническим роликовым подшипникам, за исключением тех узлов, где требуется повышенная жесткость, например, опоры конических шестерен, где подшипники устанавливаются с преднатягом (→ раздел «Преднатяг подшипника» на стр. 206).

Рис. 5

Радиальный внутренний зазор



Величина внутреннего зазора подшипника, именуемая нормальной, выбирается с таким расчетом, чтобы обеспечить соответствующий рабочий зазор при монтаже подшипника с рекомендуемой посадкой при обычных рабочих условиях. В тех случаях, когда условия работы и монтажа отличаются от нормальных, например, когда оба кольца устанавливаются с натягом или когда преобладают повышенные рабочие температуры и пр., требуются подшипники, величина внутреннего зазора которых меньше или больше нормального. В таких случаях рекомендуется проверять величину остаточного зазора подшипника после его монтажа.

Подшипники, величина внутреннего зазора которых отличается от нормального, обозначаются суффиксами C1- C5 (→ табл. 16).

Таблицы зазоров разных групп для различных типов подшипников можно найти во вступительном тексте к разделу, посвященному соответствующим изделиям. Для спаренных однорядных радиально-упорных шарикоподшипников, конических роликоподшипников, двухрядных радиально-упорных шарикоподшипников и шарикоподшипников с четырехточечным контактом вместо радиального зазора приведены величины осевого внутреннего зазора, т.к. величина осевого зазора более важна для подшипниковых узлов, состоящих из подшипников этих типов.

Таблица 16

Дополнительные обозначения групп внутреннего зазора

Суффикс Внутренний зазор

C1	меньше, чем C2
C2	меньше нормального
CN	нормальный, используется только в комбинации с буквами, обозначающими уменьшенное или смещеноное поле зазора.
C3	больше нормального
C4	больше, чем C3
C5	больше, чем C4

Материалы подшипников качения

Рабочие характеристики и надежность подшипников качения в основном определяются материалами, из которых изготовлены детали подшипника. При выборе материала для колец подшипника и тел качения обычно учитывают его твердость, играющую важную роль при обеспечении достаточной грузоподъемности, усталостной прочности контакта качения в условиях чистой и загрязненной смазки, а также стабильности размеров деталей подшипников. При выборе материала сепаратора учитывают трение, прочность, инерционные силы, а в некоторых случаях – химическую агрессивность смазочных материалов, растворителей, охладителей и хладагентов. Относительная важность этих факторов может зависеть от других рабочих параметров, как, например, коррозии, повышенных температур, ударных нагрузок, сочетания вышеперечисленных и других условий.

Обладая знаниями, опытом и возможностями производства различных материалов, использования различных технологий и покрытий, инженеры SKF могут оказать содействие в выборе подшипников, наиболее подходящих для конкретных областей и условий применения.

Встроенные контактные уплотнения подшипников качения также оказывают большое влияние на их рабочие характеристики и надежность. Материалы уплотнений обладают отличной устойчивостью к окислению, воздействию температур и химических веществ.

В зависимости от предназначения подшипников специалисты SKF используют различные материалы для колец, тел качения, сепараторов и уплотнений. Кроме того, для случаев, когда подшипники работают в условиях недостаточного смазывания или требуется электроизоляция подшипника, могут поставляться подшипники, имеющие специальные покрытия.

Материалы колец и тел качения подшипника

Подшипниковые стали объемной закалки

Среди сталей объемной закалки чаще всего используют легированную хромом (т.н. шарикоподшипниковую) сталь, содержащую около 1 процента углерода и 1,5 процента хрома согласно ISO 683-17:1999. Сегодня данная

сталь является одной из старейших и наиболее изученных марок из-за постоянно повышающихся требований к долговечности подшипников. Состав этой подшипниковой стали, обеспечивает оптимальный баланс между технологическими и потребительскими характеристиками изделий. В процессе производства данная сталь, как правило, проходит закалку на мартенсит или бейнит, в результате чего ее твердость составляет 58–65 HRC.

Разработанные в последние годы новые технологические процессы позволили реализовать более жесткие требования по чистоте стали, что оказало большое влияние на постоянство качества подшипниковой стали производства SKF. Снижение содержания кислорода и вредных неметаллических примесей позволило значительно улучшить характеристики стали, используемой для производства подшипников класса SKF Explorer.

Подшипниковые стали для индукционной закалки

Поверхностная индукционная закалка упрочняет выборочную часть детали (дорожки качения), не затрагивая при этом остальную поверхность. Поэтому свойства незакаленной поверхности остаются неизменными и определяются химическим составом стали и способом ее производства. Это означает, что разные поверхности одной детали могут иметь разные рабочие характеристики.

Примером может служить фланцевый ступичный подшипниковый узел HBU, в котором незакаленный фланец воспринимает усилия упруго-пластических деформаций, а дорожки качения обладают высокой контактной выносивностью.

Подшипниковые стали для цементации

Хромоникелевые и хромомарганцевые стали согласно ISO 683-17:1999 с содержанием углерода примерно 0,15 % чаще всего используются для производства подшипников SKF из цементируемых сталей.

В тех случаях, когда предполагается использование посадок с большим натягом, а также при наличии ударных нагрузок рекомендуется использовать подшипники, имеющие кольца и/или тела качения из цементируемой стали.

Нержавеющая сталь для подшипников

Чаще всего для производства колец и тел качения подшипников SKF из нержавеющей стали используется сталь с высоким содержанием хрома марки X65Cr14, соответствующая стандартам ISO 683-17:1999 и X105CrMo17, EN 10088-1:1995.

Следует отметить, что в некоторых случаях антикоррозионные покрытия могут являться отличной альтернативой нержавеющей стали. За дополнительной информацией по альтернативным покрытиям просим обращаться в техническую службу SKF.

Высокотемпературные подшипниковые стали

В зависимости от типа подшипника диапазон рекомендованных максимально допустимых рабочих температур для стандартных подшипников, изготовленных из объемно-закаленных сталей и сталей с поверхностной закалкой, составляет 120–200 °C. Максимально допустимая рабочая температура напрямую зависит от процесса термической обработки, используемого при производстве деталей.

Для рабочих температур подшипника до +250 °C может использоваться специальная темообработка (стабилизация). В этом случае, необходимо учитывать снижение грузоподъемности подшипника.

Для подшипников продолжительное время работающих при температурах выше +250 °C, продолжительное время следует использовать жаропрочные высоколегированные стали типа 80MoCrV42-16, соответствующие

ISO 683-17:1999, т.к. они сохраняют твердость и рабочие характеристики подшипника даже в условиях экстремальных температур.

За дополнительной информацией по жаропрочным подшипниковым сталим просим обращаться в техническую службу SKF.

Керамика

Среди широко распространенных типов керамики, используемых для изготовления колец и тел качения подшипников SKF, чаще всего применяется нитрид кремния. Он состоит из тонких продолговатых частиц нитрида бетакремния, расположенных в фазированной матрице, и обеспечивает благоприятное сочетание таких свойств, как высокая твердость, малая плотность, малый коэффициент теплового расширения, высокое электрическое сопротивление, малая диэлектрическая проницаемость и нечувствительность к магнитным полям (**→ табл. 17**).

Таблица 17

Свойства материала	Подшипниковая сталь	Подшипниковый материал нитрид кремния
Механические свойства		
Плотность (г/см ³)	7,9	3,2
Твердость	700 HV10	1 600 HV10
Модуль упругости (кН/мм ²)	210	310
Тепловое расширение (10 ⁻⁶ /K)	12	3
Электрические свойства (при 1 МГц)		
Электрическое сопротивление (Ом)	0,4 × 10 ⁻⁶ (Проводник)	10 ¹² (Изолятор)
Диэлектрическая прочность (кВ/мм)	–	15
Относительная диэлектрическая постоянная	–	8

Материалы сепараторов

Сепараторы из листовой стали

Большинство стальных штампованных сепараторов изготавливается из малоуглеродистого горячекатаного стального листа, соответствующего стандарту EN 10111:1998. Эти легкие сепараторы обладают относительно высокой прочностью и подвергаются поверхностной обработке для дальнейшего снижения трения и износа.

Штампованные сепараторы в подшипниках из нержавеющей стали обычно изготавливаются из нержавеющей стали марки X5CrNi18-10 согласно EN 10088-1:1995.

Механически обработанные стальные сепараторы

Механически обработанные сепараторы, как правило, изготавливаются из углеродистой стали марки S355GT (St 52) согласно EN 10 025:1990 + A:1993. Для улучшения антифрикционных свойств и износостойкости некоторые механически обработанные сепараторы подвергаются поверхностной обработке.

Механически обработанные стальные сепараторы используются для крупногабаритных подшипников или в случаях, когда существует опасность возникновения в латунном сепараторе трещин, вызываемых химической реакцией. Стальные сепараторы могут использоваться при рабочей температуре до 300 °C. Они не подвержены воздействию минеральных или синтетических смазочных материалов, обычно используемых для смазывания подшипников качения, или органических растворителей, применяемых для очистки последних.

Сепараторы из листовой латуни

Штампованные сепараторы из листовой латуни используются для некоторых подшипников малых и средних размеров. Латунь, из которой изготовлены эти сепараторы, соответствует стандарту EN 1652:1997. В таких машинах, как компрессоры аммиачных холодильных установок, в листовой латуни могут образовываться химические трещины, поэтому в таких случаях вместо сепараторов из листовой латуни следует использовать механически обработанные стальные или латунные сепараторы.

Механически обработанные латунные сепараторы

Большинство механически обработанных латунных сепараторов изготавливается из литой или катаной латуни марки CW612N согласно EN 1652:1997. Они не подвержены воздействию большинства подшипниковых смазочных материалов, включая синтетические масла и пластичные смазки, и для их очистки могут применяться обычные органические растворители. Латунные сепараторы не должны использоваться при температурах свыше 250 °C.

Сепараторы из полимерных материалов

Полиамид 6,6

Для изготовления большинства литьих под давлением сепараторов используется полиамид 6,6. Этот материал может быть армированным или не армированным стекловолокном, отличается благоприятным сочетанием прочности и упругости. Такие механические свойства полимерных материалов, как прочность и упругость, зависят от температуры и подвержены постоянному изменению, называемому старением. Важнейшими факторами, влияющими на старение, являются температура, время и среда (смазочный материал), воздействию которых подвергается полимерный материал. Взаимосвязь между этими факторами и старением стеклонаполненного полиамида 6,6 показана на **диаграмме 1**. Из этой диаграммы следует, что срок службы сепаратора сокращается по мере повышения температуры и агрессивности смазочного материала.

Таким образом, пригодность сепараторов из полиамида для конкретного случая применения зависит от рабочих условий и требований, предъявляемых к долговечности сепаратора. В **табл. 18** показано, как степень агрессивности смазочных материалов отражается на допустимой рабочей температуре, устанавливаемой для использования сепараторов из стеклонаполненного полиамида 6,6. Допустимая рабочая температура, приведенная в данной таблице, определена как температура, при которой продолжительность старения сепаратора составляет не менее 10 000 рабочих часов.

Существуют еще более агрессивные среды, чем указанные в **табл. 18**. Типичным примером такой среды является аммиак, используемый в качестве хладагента в компрессорах холодиль-

Таблица 18

Допустимые рабочие температуры для сепараторов из стеклонаполненного полиамида 6,6 при использовании различных смазочных материалов

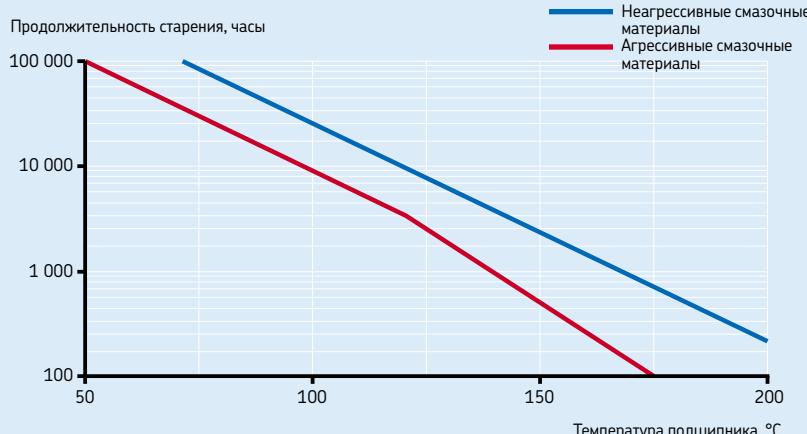
Смазочный материал	Допустимая рабочая температура ¹⁾
Минеральные масла	
Масла, не содержащие ЕР-добавки, например, машинные или гидравлические масла	120 °C
Масла, содержащие ЕР-добавки, например, индустриальные и редукторные масла	110 °C
Масла, содержащие ЕР-добавки, например, трансмиссионные и гипоидные масла	100 °C
Синтетические масла	
Полигликоли, полияльфаолефины	120 °C
Сложные эфиры, силиконы	110 °C
Эфиры фосфорной кислоты	80 °C
Пластичные смазки	
Смазки на литиевой основе	120 °C
Сложные смазки на основе полимочевины, бентонита, кальциевого комплекса	120 °C

Для пластичных смазок на натриевой и кальциевой основе и других пластичных смазок, рассчитанных на работу при температуре не более 120 °C, максимальная температура сепаратора из полиамида равна максимальной рабочей температуре пластичной смазки.

¹⁾ Измеренная на внешней поверхности наружного кольца

Диаграмма 1

Старение сепаратора из стеклонаполненного полиамида 6,6



Полиэфирэфиркетон (PEEK)

Использование стеклонаполненного полиэфирэфиркетона (PEEK) стало обычной практикой при изготовлении сепараторов, предназначенных для работы в условиях высоких частот вращения, химически агрессивных сред и повышенных температур. Испключительные свойства материала PEEK выражаются в отличном сочетании таких качеств, как прочность и упругость, широкий интервал рабочих температур, высокая стойкость к химическому воздействию и износу, высокая технологичность. Благодаря этим выдающимся качествам сепараторами PEEK оснащаются некоторые стандартные гибридные и прецизионные шарико- и роликовподшипники. Хотя этот материал не показывает признаков старения при температуре до +200 °C и наличии агрессивных смазочных добавок, максимально допустимая температура для работы при высоких частотах вращения составляет +150 °C, т.к. это температура размягчения этого полимера.

Сепараторы из текстолита

Легкие, армированные тканью сепараторы из фенольформальдегидной пластмассы (текстолита) способны выдерживать большие центробежные нагрузки и ускорения, но не могут работать в условиях высоких температур. В большинстве случаев, эти сепараторы используются в стандартных прецизионных радиальноупорных подшипниках.

Другие материалы

Помимо вышеуказанных материалов, подшипники специального назначения могут оснащаться сепараторами, изготовленными из других технических полимерных материалов, сплавов или специального чугуна. Информацию по сепараторам из альтернативных материалов, можно получить в технической службе SKF.

Материалы уплотнений

Встроенные уплотнения подшипников, как правило, изготавливаются из эластомерных материалов. Тип материала может зависеть от серии и размера подшипника, а также предъявляемых к нему требований. В основном уплотнения изготавливаются из следующих материалов:

Бутадиенакрилнитрильный каучук

Бутадиенакрилнитрильный каучук (NBR) – универсальный материал. Этот сополимер акрилнитрила и бутадиена обладает хорошей устойчивостью к воздействию следующих сред

- большинство минеральных масел и пластичных смазок на минеральной основе
- бензин, дизельное топливо и мазут
- животные и растительные масла и жиры
- горячая вода.

Также допускается кратковременное трение кромки уплотнения всухую. Диапазон допустимых рабочих температур составляет от -40 до +100 °C и кратковременно до +120 °C. При более высоких температурах этот материал затвердевает.

Гидрированный бутадиенакрилнитрильный каучук

Гидрированный бутадиенакрилнитрильный каучук (HNBR) имеет значительно лучшую износостойкость, чем обычный нитрильный каучук, поэтому уплотнения, изготовленные из этого материала, служат дольше. Гидрированный бутадиенакрилнитрильный каучук также обладает большей устойчивостью к воздействию тепла, старению и отвердению в горячем масле или озоне.

Смесь масла и воздуха может оказывать отрицательное воздействие на срок службы уплотнения. Верхний предел рабочей температуры составляет +150 °C, что значительно выше, чем у обычного каучука.

Фторкаучук

Фторкаучуки (FPM) отличаются высокой устойчивостью к тепловому и химическому воздействию. Они стойки к старению и воздействию озона и имеют весьма незначительную газопроницаемость. Они обладают исключительно высокими характеристиками износостойкости даже в неблагоприятных условиях окружающей среды и способны выдерживать температуру до +200 °C. Уплотнения, изготовленные из данного материала, допускают кратковременное трение кромки уплотнения всухую.

Фторкаучуки устойчивы к воздействию масел и гидравлических жидкостей, топлива и смазочных материалов, минеральных кислот и алифатов, а также ароматических углеводородов, вызывающих повреждение уплотнений, изго-

ВНИМАНИЕ!

Меры предосторожности при работе с фторкаучуком

Фторкаучук является высокостабильным и безвредным материалом в обычных условиях при температуре до +200 °C. Однако, подвергаясь воздействию экстремальных температур выше 300 °C, например, в огне или пламени газового резака, уплотнения из фторкаучука выделяют вредные пары. Эти пары могут быть опасны при вдыхании или попадании в глаза. Кроме того, после нагревания до высоких температур такие уплотнения опасны даже после их охлаждения, в связи с чем следует избегать их соприкосновения с кожей. При необходимости работы с подшипниками, уплотнения которых были подвернуты воздействию высоких температур, например, демонтажа подшипника, следует соблюдать следующие меры предосторожности:

- Работа должна выполняться в защитных перчатках, защитных очках и с использованием надлежащего дыхательного аппарата.
- Использованное уплотнение должно быть помещено в герметичный контейнер, имеющий маркировку «Ядовитые материалы».
- Должны соблюдаться меры предосторожности, указанные в соответствующей инструкции по технике безопасности при работе с подобными материалами.

При случайном контакте с уплотнениями, вымыть руки с мылом большим количеством воды, промыть глаза большим количеством воды и немедленно обратиться к врачу. При вдыхании паров немедленно обратиться к врачу.

Пользователь несет ответственность за правильное использование изделия в течение всего срока службы и его надлежащую утилизацию. SKF не несет ответственности за неправильное обращение с уплотнениями из фторкаучука или за какой бы то ни было ущерб здоровью, связанный с их использованием.

твленных из других материалов. Фторкаучуки не должны использоваться в присутствии сложных и простых эфиров, кетонов, некоторых аминов, а также горячих безводных фтороводородов.

При температурах выше 300 °C, фторкаучуки выделяют опасные пары. Т.к. работа с уплотнениями, изготовленными из фторкаучука, сопряжена с потенциальным риском, необходимо предусмотреть изложенные ниже меры предосторожности.

Полиуретан

Полиуретан (AU) – износостойчивый органический материал, имеющий хорошие характеристики упругости. Он выдерживает температуры в интервале от -20 до +80 °C, имеет хорошую устойчивость к воздействию минеральных масел, не имеющих или имеющих низкое содержание антизадирных добавок, например, воды или водонефтяных смесей. Подвержен воздействию кислот, алкалоидов или полярных растворителей.

Покрытия

Покрытие – хорошо зарекомендовавший себя способ улучшения характеристик материалов и придания подшипникам дополнительных свойств, требуемых для работы в специфических условиях. Фирма SKF разработала два вида покрытий, уже апробированных и с успехом используемых в различных областях применения подшипников.

NoWear – это керамическое покрытие с низким коэффициентом трения, предназначенное прежде всего для поверхностей качения подшипника и обеспечивающее продолжительную работу в условиях, например, плохого смазывания. Более подробная информация представлена в разделе «Подшипники NoWear», стр. 943.

Покрытие INSOCOAT®, которое может наноситься на внешнюю поверхность наружного или внутреннего кольца подшипника, обеспечивает устойчивость к повреждению, вызываемому пробоем подшипника электротоком. Более подробная информация приведена в разделе «Подшипники INSOCOAT», стр. 911.

Другие покрытия, например, покрытия из хромата цинка, являются альтернативой нержавеющей стали в коррозионно-активной среде, особенно для готовых к монтажу подшипниковых узлов.

Сепараторы

Сепараторы оказывают заметное влияние на пригодность подшипников качения. Их основным назначением является

- удержание тел качения на соответствующем расстоянии друг от друга и предотвращение непосредственного контакта между соседними телами качения для поддержания минимального трения и, следовательно, тепловыделения
- поддержание равномерного распределения тел качения по всей окружности и обеспечение равномерного распределения нагрузки и малошумного и равномерного вращения подшипника
- направление тел качения в ненагруженной зоне, улучшение условий качения в подшипнике и предотвращение повреждающих проскальзываний
- предотвращение выпадения тел качения в подшипниках разъемной конструкции в процессе их монтажа и демонтажа.

Сепараторы подвергаются механическому воздействию сил трения, растяжения и инерции и могут также подвергаться химическому воздействию некоторых смазочных веществ, смазочных добавок или продуктов их старения, органических растворителей или охладителей. Поэтому конструкция и материал имеют первостепенное значение для обеспечения работоспособности сепаратора, а также эксплуатационной надежности подшипника в целом. Поэтому SKF разрабатывает различные типы сепараторов, изготавливаемых из разных материалов для разных типов подшипников.

В вступительном тексте каждого раздела, посвященного тому или иному типу подшипников, приведена информация, касающаяся стандартных сепараторов, а также возможных альтернатив. Если требуется подшипник с нестандартным сепаратором, его наличие нужно обязательно уточнить перед заказом.

В целом, сепараторы подшипников качения можно разделить на штампованные, массивные и сепараторы с осями.

Штампованные сепараторы

Штампованные сепараторы подшипников обычно, изготавливаются из листовой стали и реже из листовой латуни (**→ рис. 6**). В зависимости от типа подшипника в них могут устанавливаться сепараторы следующих типов

- составные латунные или стальные (a)
- клепанные стальные (b)
- защелкивающиеся латунные или стальные (c)
- прочные штампованные стальные оконного типа (d).

Преимущество штампованных сепараторов состоит в том, что они легки и занимают мало места в подшипнике, что оказывает положительный эффект на смазывание подшипников.

Массивные сепараторы

Массивные сепараторы подшипников изготавливаются из латуни, стали, легких сплавов, полимеров или текстолита (**→ рис. 7**). Подшипники различных типов могут оснащаться следующими сепараторами

- составной механически обработанный клепаный сепаратор (a)
- составной механически обработанный сепаратор (b)
- цельный механически обработанный сепаратор оконного типа (c)
- механически обработанный гребенчатый сепаратор (d)

Рис. 6

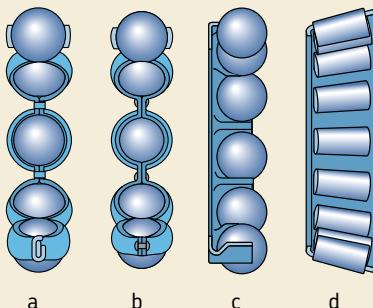
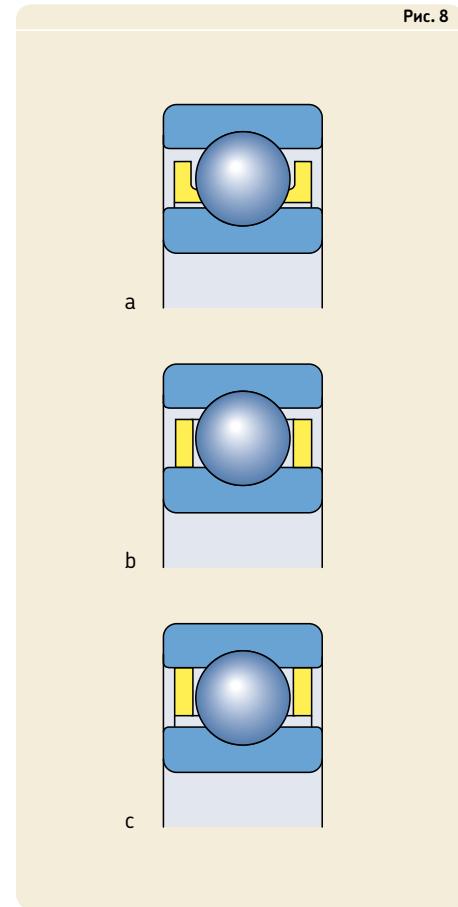


Рис. 8



- литой полимерный сепаратор оконного типа (е)
- литой защелкивающийся полимерный сепаратор (f)
- цельный механически обработанный сепаратор из текстолита.

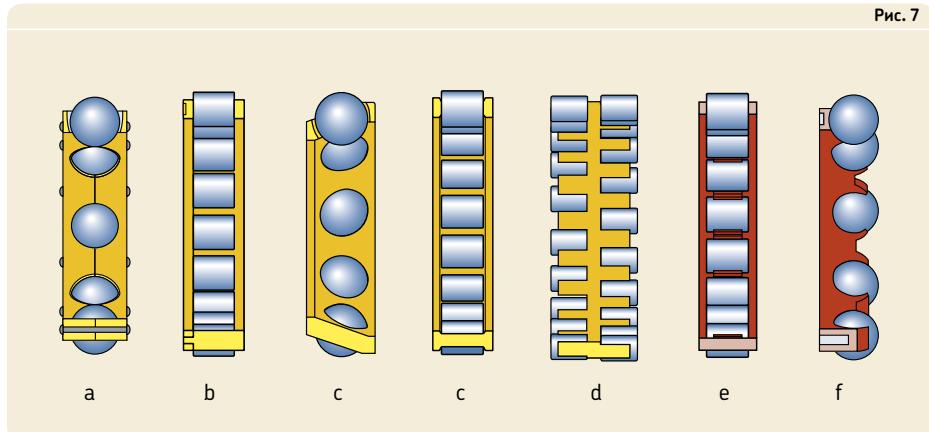
Механически обработанные металлические сепараторы обычно допускают более высокие частоты вращения и необходимы в тех случаях, когда на чисто вращательное движение накладываются дополнительные движения и особенно когда действуют высокие ускорения. Чтобы обеспечить подачу достаточного количества смазочного материала к направляющим поверхностям сепаратора и в полость подшипника, необходимо принять надлежащие меры (например, смазывание маслом). Механически обработанные сепараторы могут центрироваться по (→ рис. 8)

- телам качения (а)
- внутреннему кольцу (б)
- наружному кольцу (с),

что обеспечивает их радиальное направление.

Массивные сепараторы из полимерных материалов отличаются благоприятным сочетанием прочности и упругости. Хорошие характеристики скольжения полимерного материала по стальными поверхностями и гладкость поверхностей сепаратора, находящихся в контакте с телами качения, способствуют низкому трению, благодаря чему тепловыделение и износ подшипника минимальны. Малая плотность материала озна-

Рис. 7



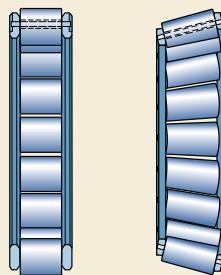
Подшипники – общие сведения

чает, что инерция сепаратора мала. Свойства сепараторов из полимерных материалов исключают опасность повреждения подшипника в условиях недостаточного смазывания и позволяют подшипнику продолжительное время работать без заклинивания и вторичного повреждения.

Сепараторы с осями

Стальные сепараторы с осями требуют наличия полых роликов (→ рис. 9) и используются только в крупногабаритных роликоподшипниках. Эти сепараторы имеют малый вес и позволяют использовать большее количество роликов.

Рис. 9



Материалы

Подробную информацию о материалах сепараторов подшипников можно найти в разделе «Материалы подшипников качения» на стр. 138.

Обозначения подшипников

Обозначения подшипников качения состоят из комбинаций цифр и/или букв, расшифровка которых требует определенных навыков. Ниже приводится описание системы обозначений подшипников качения SKF и дается объяснение наиболее употребимых дополнительных обозначений. Во избежание путаницы обозначения, используемые для таких специальных типов подшипников, как игольчатые подшипники, подшипники типа U или прецизионные подшипники в настоящем каталоге не приводятся. Дополнительную информацию об этих обозначениях можно найти в специальных каталогах. Также отсутствует описание обозначений таких типов подшипников, как тонкостенные подшипники с фиксированной высотой поперечного сечения, опорно-поворотные устройства или подшипники для линейного перемещения. Их обозначения существенно отличаются от описанной здесь системы.

Обозначения подшипников делятся на две главные группы: обозначения стандартных подшипников и обозначения специальных подшипников. Стандартными являются подшипники, которые, как правило, имеют стандартизованные размеры, в то время как размеры специальных подшипников продиктованы только требованиями заказчика. Эти подшипники, обозначаемые «номером чертежа», изготавливаются по техническим спецификациям заказчика и в настоящем разделе подробно не рассматриваются.

Полное обозначение может состоять из базового обозначения и одного или нескольких дополнительных обозначений (**→ Диаграмма 2**). Полное обозначение подшипника всегда указывается на его упаковке, в то время как маркировка, наносимая на подшипнике иногда может быть неполной, например, по производственным причинам.

Базовое обозначение идентифицирует

- тип
- конструкцию
- стандартные размеры подшипника.

Дополнительные обозначения идентифицируют

- детали подшипника и/или
- варианты исполнения или отличия конструкции.

Дополнительные обозначения могут предшествовать базовому (префиксы) или следовать после него (суффиксы). Если для идентификации подшипника используется несколько дополнительных обозначений, они всегда следуют в определенном порядке (**→ Диаграмма 4, стр. 150**).

Перечень приведенных в настоящем разделе дополнительных обозначений не является полным, однако включает наиболее употребительные из них.

Диаграмма 2

Система обозначения подшипников

Примеры

R	NU 2212	/	ECML
W	6008	/	C3
	23022	-	2CS

Префикс

Пробел или без пробела

Базовое обозначение

Пробел, косая черта или дефис

Суффикс

Базовые обозначения

Все стандартные подшипники SKF имеют характерное базовое обозначение, которое, как правило, состоит из 3, 4 или 5 цифр или комбинации букв и цифр. Принцип системы, используемой для обозначения практически всех типов стандартных шарико- и роликоподшипников, схематически показан на **диаграмме 3**. Цифры и цифро-буквенные комбинации имеют следующее значение:

- Первая цифра или первая буква либо комбинация букв обозначает тип подшипника; реальный тип подшипника можно определить по изображению (→ **диаграмма 3**).
- Следующие две цифры обозначают серию размера ISO; первая цифра указывает серию ширины или высоты (размеры B, T или H соответственно), а вторая – серию диаметра (размер D).
- Последние две цифры основного обозначения указывают код размера подшипника; умножением этой цифры на 5 можно получить диаметр отверстия в миллиметрах.

Однако нет правил без исключений. Наиболее важные из них приведены ниже.

1. В некоторых случаях цифра типа подшипника и/или первая цифра серии размера отсутствуют. Эти цифры указаны на **диаграмме 3** в скобках.
2. 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 касается стандартных подшипников, соответствующих ISO 15:1988 и имеющих диаметр отверстия 22, 28 или 32 мм, например: 62/22 ($d = 22$ мм).
3. Подшипники с диаметром отверстия 10, 12, 15 и 17 мм имеют следующие коды размера:
00 = 10 мм
01 = 12 мм
02 = 15 мм
03 = 17 мм

4. Для некоторых подшипников с диаметром отверстия менее 10 мм, например, радиально-упорных шарикоподшипников, диаметр отверстия также указывается в миллиметрах (не кодируется), однако косой чертой от обозначения не отделяется, например: 629 или 129 ($d = 9$ мм).
5. Диаметры отверстия, имеющие отклонения от стандартного, никогда не кодируются и указываются в миллиметрах до трех десятичных разрядов. Такое обозначение диаметра отверстия входит в состав основного обозначения и отделяется от него косой чертой, например: 6202/15.875 ($d = 15,875$ мм = $5\frac{7}{16}$ ").

Обозначения серии

Все стандартные подшипники принадлежат к определенной серии, которая идентифицируется при помощи основного обозначения без указания размера. Обозначения серии часто включают суффикс A, B, C, D или E или комбинацию этих букв, например, CA. Они используются для идентификации различий во внутренней конструкции, например, угла контакта.

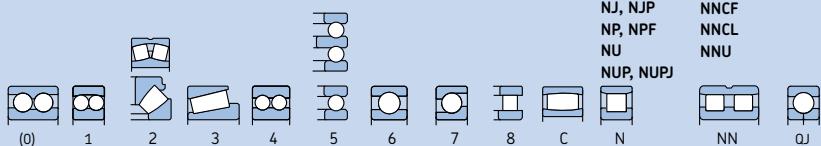
Наиболее распространенные обозначения серий приведены на **диаграмме 3** над изображениями подшипников. Цифры в скобках в обозначение серии не включены.

Система обозначения стандартных метрических шарико- и роликоподшипников SKF

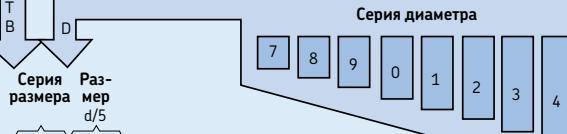
Серия подшипника

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

Тип подшипника

Радиальные подшипники
Ширина (B, T)Упорные подшипники
Высота (H)

Серия диаметра



Серия размера d/5



Серия подшипника

Код Тип подшипника

Код Тип подшипника

Код Тип подшипника

- 0 двухрядные радиально-упорные шарикоподшипники
1 самоустанавливающиеся шарикоподшипники
2 сферические роликоподшипники, сферические упорные роликоподшипники
3 конические роликоподшипники
4 двухрядные радиальные шарикоподшипники

- 5 упорные шарикоподшипники
6 однорядные радиальные шарикоподшипники
7 однорядные радиально-упорные шарикоподшипники
8 цилиндрические упорные роликоподшипники
C торOIDальные роликоподшипники CARB

- N цилиндрические роликоподшипники. Вторая, а иногда третья буква означает количество рядов или конфигурацию направляющих бортов, например: NJ, NU, NUP, NN, NNU, NNCF и т.д.
QJ шарикоподшипники с четырехточечным контактом
T конические роликоподшипники, соответствующие стандарту ISO 355-1977

Подшипники – общие сведения

Диаграмма 4

Система суффиксов обозначений

Пример обозначения

6205-RS1NRTN9/P63LT20CVB123

23064 CCK/HA3C084S2W33

Группа 1	Группа 2	Группа 3	/	Группа 4					
				4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
-RS1NR	TN9	/	P63					LT20C	VB123
CC	K	/	HA3	C084			S2	W33	

Основное обозначение

Пробел

Суффиксы

Группа 1: Внутренняя конструкция

Группа 2: Внешняя конструкция (уплотнения, канавка под стопорное кольцо и т.д.)

Группа 3: Тип сепаратора

Косая черта

Группа 4: Варианты

Группа 4.1: Материалы, термообработка

Группа 4.2: Точность, зазор, малошумное вращение

Группа 4.3: Комплекты подшипников, спаренные подшипники

Группа 4.4: Стабилизация

Группа 4.5: Смазывание

Группа 4.6: Прочие варианты

Дополнительные обозначения

Префиксы

Префиксы используются либо для обозначения деталей подшипника, при этом за ними обычно следует полное обозначение подшипника, либо во избежание путаницы с другими обозначениями подшипника. Например, они ставятся перед обозначениями конических роликоподшипников по системе, установленной стандартом ANSI/ABMA Standard 19, в основном для подшипников дюймовых размеров.

GS	Свободное кольцо цилиндрического упорного роликоподшипника
K	Комплект упорных цилиндрических роликов с сепаратором
K-	Комплект внутреннего кольца и роликов с сепаратором дюймового конического роликоподшипника, согласно стандарту ABMA
L	Отдельное внутреннее или наружное кольцо разборного подшипника
R	Комплект внутреннего или наружного кольца с роликами (и сепаратором) разборного подшипника
W	Радиальный шарикоподшипник из нержавеющей стали.
WS	Тугое кольцо цилиндрического упорного роликоподшипника.
ZE	Подшипник с функцией SensorMount®

Суффиксы

Суффиксы используются для идентификации вариантов исполнения, некоторым образом отличающихся от первоначальной или стандартной конструкции подшипника. Суффиксы разделены на группы и при необходимости идентификации двух и более специальных характеристик должны быть расположены в порядке, указанном на схеме **диаграмма 4**.

Перечень наиболее употребляемых суффиксов приведен ниже. Следует иметь в виду, что не все из указанных исполнений подшипников имеются в ассортименте.

A	Измененная внутренняя конструкция или ее модификация при неизменных основных размерах. Как правило, значение буквы привязано к определенному типу или серии подшипника.
----------	---

Примеры:

4210 A: двухрядный радиальный шарикоподшипник без канавок для ввода шариков.

3220 A: двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник без канавок для ввода шариков

AC Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник с углом контакта 25°

ADA Модифицированные канавки под стопорное кольцо в наружном кольце; разъемное внутреннее кольцо, удерживаемое при помощи удерживающего кольца

B Измененная внутренняя конструкция или ее модификация при неизменных основных размерах. Как правило, значение буквы привязано к определенной серии подшипника. Примеры:

7224 B: однорядный радиально-упорный шарикоподшипник с углом контакта 40°

32210 B: конический роликоподшипник с большим углом контакта

Bxx(x) Буква B в комбинации с двухзначным или трехзначным числом обозначает вариант стандартной конструкции, который не может быть идентифицирован при помощи общепринятых суффиксов. Пример:

B20: уменьшенный допуск ширины подшипника

C Измененная внутренняя конструкция или ее модификация при неизменных основных размерах. Как правило, значение буквы привязано к определенной серии подшипника. Пример:

21306 C: сферический роликоподшипник с внутренним кольцом без бортов, с симметричными роликами, направляющим кольцом и стальными сепараторами оконного типа

- CA**
1. Сферический роликоподшипник типа C, но с удерживающими бортами на внутреннем кольце и механически обработанным сепаратором
 2. Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника при расположении по О-образной или Х-образной схеме будут иметь в домонтажном состоянии уменьшенный осевой зазор

Подшипники – общие сведения

CAC	Сферический роликоподшипник типа CA, но с улучшенным направлением роликов	Вышеуказанные буквы H, M, L и P также используются в сочетании со следующими группами зазора: C2, C3, C4 и C5, например C2H
CB	1. Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника при расположении по О-образной или Х-образной схеме будут иметь в домонтаажном состоянии нормальный осевой зазор 2. Осевой зазор двухрядных радиально-упорных шарикоподшипников.	CV Бессепараторный цилиндрический роликоподшипник модифицированной внутренней конструкции
CC	1. Сферический роликоподшипник типа C, но с улучшенным направлением роликов 2. Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника при расположении по О-образной или Х-образной схеме будут иметь в домонтаажном состоянии увеличенный осевой зазор	CS Контактное уплотнение из бутадиен-акрилнитрильного каучука (NBR) с армированием листовой сталью с одной стороны подшипника
CLN	Конический роликоподшипник с допусками, соответствующими классу 6X стандарта ISO	2CS Контактное уплотнение CS с обеих сторон подшипника
CL0	Дюймовый конический роликоподшипник с допусками по классу 0 согласно стандарту ANSI/ABMA 19.2:1994	CS2 Контактное уплотнение из фторкаучука (FPM) с армированием листовой сталью с одной стороны подшипника
CL00	Дюймовый конический роликоподшипник с допусками по классу 00 согласно стандарту ANSI/ABMA 19.2:1994	2CS2 Контактное уплотнение CS2 с обеих сторон подшипника
CL3	Дюймовый конический роликоподшипник с допусками по классу 3 согласно стандарту ANSI/ABMA 19.2:1994	CS5 Контактное уплотнение из гидрированного бутадиенакрилнитрильного каучука (HNBR) с армированием листовой сталью с одной стороны подшипника
CL7C	Конический роликоподшипник с уменьшенным трением и повышенной точностью вращения	2CS5 Контактное уплотнение CS5 с обеих сторон подшипника
CN	Нормальный внутренний зазор; обычно используется только в сочетании с дополнительной буквой, обозначающей уменьшенное или смещенное поле зазора. Примеры	C1 Внутренний зазор подшипника меньше C2
CNH	верхняя половина поля нормального зазора	C2 Внутренний зазор подшипника меньше нормального (CN)
CNL	нижняя половина поля нормального зазора	C3 Внутренний зазор подшипника больше нормального (CN)
CNM	две средние четверти поля нормального зазора	C4 Внутренний зазор подшипника больше C3
CNP	верхняя половина поля нормального зазора и нижняя половина поля группы C3	C5 Внутренний зазор подшипника больше C4
		C02 Уменьшенные допуски точности вращения внутреннего кольца подшипника в сборе
		C04 Уменьшенные допуски на точность вращения наружного кольца подшипника в сборе
		C08 C02 + C04
		C083 C02 + C04 + C3
		C10 Уменьшенные допуски диаметра отверстия и наружного диаметра.
		D Измененная внутренняя конструкция или ее модификация при неизменных основных размерах. Как правило, значение буквы привязано к определенному типу или серии подшипника. Пример: 3310 D: двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник с разъемным внутренним кольцом

DA	Модифицированные канавки под стопорное кольцо в наружном кольце; разъемное внутреннее кольцо удерживается при помощи удерживающего кольца	E	Измененная внутренняя конструкция или ее модификация при неизменных основных размерах; как правило, значение буквы привязано к определенному типу или серии подшипника; обычно указывает на усиленный набор тел качения. Пример: 7212 BE: Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник с углом контакта 40° и оптимизированной внутренней конструкцией
DB	Два однорядных радиальных шарикоподшипника (1), однорядных радиально-упорных шарикоподшипника (2) или однорядных конических роликоподшипника, спаренные по О-образной схеме. Последующая буква (буквы) указывают на величину осевого зазора или преднатяга в паре подшипников в домонтажном состоянии A легкий преднатяг (2) B средний преднатяг (2) C тяжелый преднатяг (2) CA уменьшенный осевой внутренний зазор (CB) (1,2) CB нормальный осевой зазор (1, 2) CC увеличенный осевой внутренний зазор (CB) (1,2) C специальный осевой зазор в мкм GA легкий преднатяг (1) GB средний преднатяг (1) G особый преднатяг в дан Для спаренных конических роликоподшипников тип и расположение проставочных колец между внутренним и наружным кольцами обозначается двузначным числом, расположенным между буквами DB и вышеуказанными буквами	EC	Однорядный цилиндрический роликоподшипник с оптимизированной внутренней конструкцией и модифицированным контактом торцов роликов с бортами
		ECA	Сферический роликоподшипник типа CA, но с усиленным комплектом роликов
		ECAC	Сферический роликоподшипник типа CAC, но с усиленным комплектом роликов
		F	механически обработанный сепаратор из стали или чугуна, центрируемый по телам качения; различные типы или материалы обозначаются цифрой после буквы F, например, F1
		FA	Механически обработанный стальной или чугунный сепаратор, центрируемый по наружному кольцу
		FB	Механически обработанный стальной или чугунный сепаратор, центрируемый по внутреннему кольцу
DF	Два однорядных радиальных шарикоподшипника, однорядных радиально-упорных шарикоподшипника или однорядных конических роликоподшипника, согласованные для монтажа по X-образной схеме. Значение последующей буквы (букв) объясняется выше – см. «DB»	G	Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника, установленные по О-образной или Х-образной схеме, будут иметь определенный осевой зазор в домонтажном состоянии
DT	Два однорядных радиальных шарикоподшипника, однорядных радиально-упорных шарикоподшипника или однорядных конических роликоподшипника, согласованные для монтажа по схеме «танDEM»; для спаренных конических роликоподшипников тип и расположение проставочных колец между внутренними/наружными кольцами обозначается двузначным числом, которое следует сразу за буквами DT	G..	Подшипник с пластичной смазкой. Вторая буква обозначает интервал рабочих температур смазки, а третья буква – используемую пластичную смазку. Вторая буква имеет следующее значение: E антизадирная пластичная смазка F смазка, совместимая с пищевыми продуктами H, J высокотемпературная пластичная смазка, от -20 до +130 °C L низкотемпературная пластичная смазка, от -50 до +80 °C

Подшипники – общие сведения

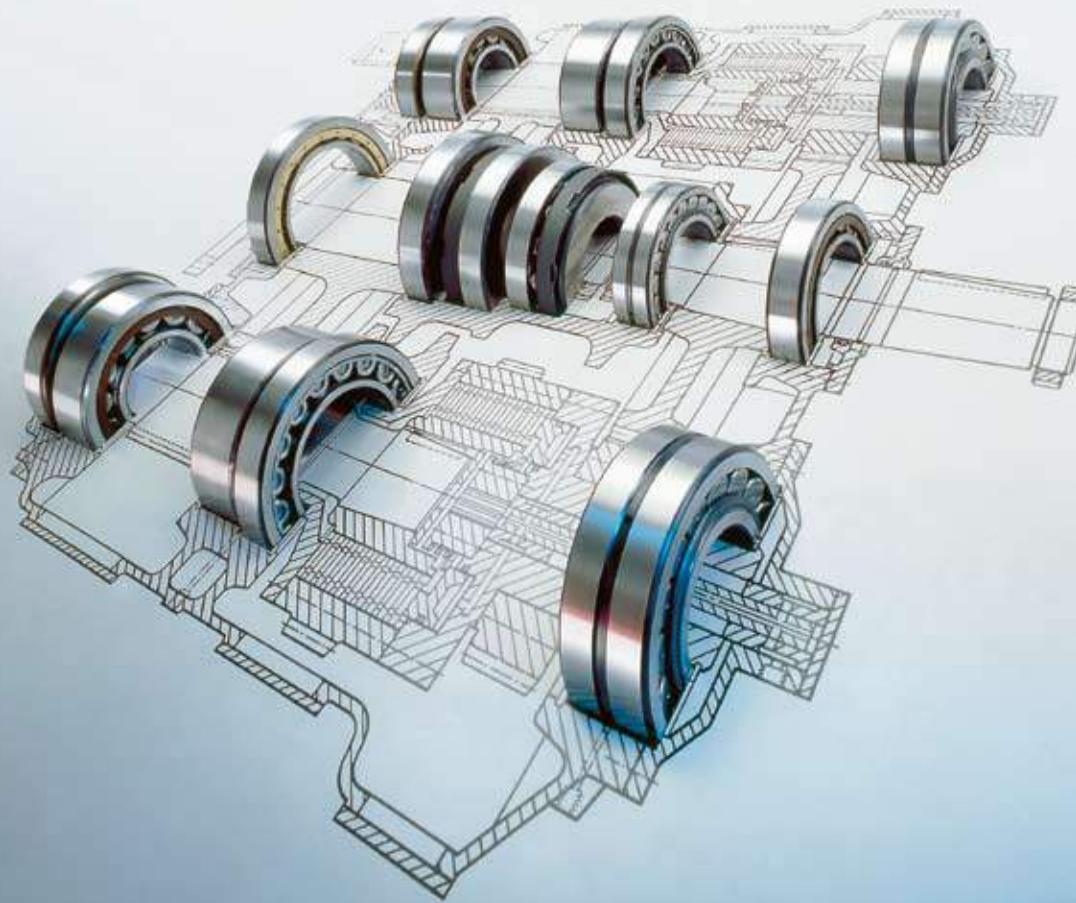
M	среднетемпературная пластичная смазка, от -30 до +110 °C	2	наружное кольцо
W, X	широкодиапазонная по температуре пластичная смазка, от -40 до +140 °C	3	внутреннее кольцо
	Цифра после трехбуквенного кода пластичной смазки означает, что степень заполнения отличается от стандартной: цифры 1, 2 и 3 означают, что она меньше стандартной, цифры 4–9 – больше стандартной. Примеры: GEA: пластичная смазка для экстремального давления, стандартная степень заполнения GLB2: низкотемпературная пластичная смазка, наполняемость 15–25 %	4	наружное кольцо, внутреннее кольцо и тела качения
GA	Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника, установленные по О-образной или Х-образной схеме, в домонтажном состоянии будут иметь легкий преднатяг	5	тела качения
GB	Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника, установленные по О-образной или Х-образной схеме, в домонтажном состоянии будут иметь средний преднатяг	6	наружное кольцо и тела качения
GC	Однорядный радиально-упорный шарикоподшипник для универсального парного монтажа. Два подшипника, установленные по О-образной или Х-образной схеме, в домонтажном состоянии будут иметь тяжелый преднатяг	7	внутреннее кольцо и тела качения
GJN	Пластичная смазка с загустителем на основе полимочевины, класс консистенции 2 NLGI для диапазона температур от -30 до +150 °C (стандартное количество)	HB	Подшипник или детали подшипника с закалкой на бейнит. После букв HB следует цифра, значение – см. «НА»
GXN	Пластичная смазка с загустителем на основе полимочевины, класс консистенции 2 NLGI, для диапазона температур от -40 до +150 °C (стандартное количество)	HC	Подшипник или детали подшипника из керамики. После букв HC следует цифра, значение – см. «НА»
H	Штампованный защелкивающийся стальной сепаратор, закаленный	HE	Подшипник или детали подшипника из стали вакуумного переплава. После букв HE следует цифра, значение – см. «НА»
HA	Подшипник или детали подшипника из цементируемой стали. После букв HA могут следовать следующие цифры: 0 подшипник в сборе 1 наружные и внутренние кольца	HM	Подшипник или детали подшипника из стали с закалкой на мартенсит. После букв HM следует цифра, значение – см. «НА»
		HN	Подшипник или детали подшипника со специальной поверхностной термообработкой. После букв HN следует цифра, значение – см. «НА»
		HT	Высокотемпературная пластичная смазка (от -20 до +130 °C). Пластичные смазки, интервал рабочих температур которых отличается от стандартного, обозначаются двухзначным числом, следующим после букв HT. Степень заполнения, отличающаяся от стандартной, обозначается буквой или буквенно-цифровой комбинацией, которые следуют после HTxx и имеют следующее значение: A степень заполнения меньше стандартной B степень заполнения больше стандартной C степень заполнения более 70 % F1 степень заполнения меньше стандартной F7 степень заполнения больше стандартной F9 степень заполнения более 70 % Примеры: HTB, HT22 или HT24B
		HV	Подшипник или детали подшипника из закаливаемой нержавеющей стали. После букв HV следует цифра, значение – см. «НА»

J	Штампованный стальной сепаратор, центрируемый по телам качения, незакаленный; различные типы и материалы обозначаются цифрой, например, J1	MA	Механически обработанный латунный сепаратор, центрируемый по наружному кольцу
JR	Сепаратор, состоящий из двух склепанных плоских шайб из незакаленной стали	MB	Механически обработанный латунный сепаратор, центрируемый по внутреннему кольцу
K	Коническое отверстие, конусность 1:12	ML	Цельный латунный сепаратор оконного типа, центрируемый по внутреннему или наружному кольцу
K30	Коническое отверстие, конусность 1:30	MP	Цельный латунный сепаратор оконного типа с штампованными или протянутыми карманами, центрируемый по внутреннему или наружному кольцу
LHT	Пластичная смазка для низких и высоких температур (от -40 до +140 °C). Двухзначное число после LHT означает тип используемой пластичной смазки. Дополнительная буква или буквенно-цифровая комбинация, как указано в пункте «НТ», означает степень заполнения, отличную от стандартной. Примеры: LHT23, LHT23С или LHT23F7	MR	Цельный латунный сепаратор оконного типа, центрируемый по телам качения
LS	Контактное уплотнение из бутадиен-акрилнитрильного каучука (NBR) или полиуретана (AU) с армированием листовой сталью или без такового, с обеих сторон подшипника	MT	Пластичная смазка для средних температур (от -30 до +110 °C). Двухзначное число после букв MT означает тип используемой смазки. Дополнительная цифра или буквенно-цифровая комбинация (см. «НТ») означает, что степень заполнения отличается от стандартной. Примеры: MT33, MT37F9 или MT47
2LS	Контактное уплотнение, с армированием листовой сталью (или без него) с обеих сторон подшипника	N	Канавка под стопорное кольцо в наружном кольце
LT	Низкотемпературная пластичная смазка (от -50 до +80 °C). Двухзначное число после LT означает тип используемой пластичной смазки. Дополнительная буква или буквенно-цифровая комбинация как указано в пункте «НТ», означает степень заполнения, отличную от стандартной. Примеры: LT, LT10 или LTF1	NR	Канавка под стопорное кольцо в наружном кольце с соответствующим стопорным кольцом
L4B	Кольца подшипника или тела качения со специальным поверхностным покрытием	N1	Один фиксирующий паз на торце наружного кольца
L5B	Тела качения со специальным поверхностным покрытием	N2	Два фиксирующих паза на торце наружного кольца, расположенные под углом 180° друг к другу
L5DA	Подшипник, тела качения которого имеют специальное поверхностное покрытие NoWear	P	Литой сепаратор из стеклонаполненного полиамида 6,6, центрируемый по телам качения
L7DA	Подшипник, тела качения и дорожка (и) внутреннего кольца которого имеют специальное поверхностное покрытие NoWear	PH	Литой сепаратор из стеклонаполненного полизэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по телам качения
M	Механически обработанный латунный сепаратор, центрируемый по телам качения; разные типы и материалы обозначаются цифрой, например, M2	PHA	Литой сепаратор из стеклонаполненного полизэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по наружному кольцу
		PHAS	Литой сепаратор из стеклонаполненного полизэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по наружному кольцу, со смазочными канавками на направляющей поверхности
		P4	Точность размеров и вращения соответствует классу точности 4 ISO
		P5	точность размеров и вращения соответствует классу точности 5 ISO
		P6	точность размеров и вращения соответствует классу точности 6 ISO

Подшипники – общие сведения

P62	P6 + C2	S2	Кольца подшипника стабилизированы для рабочих температур до +250 °C
P63	P6 + C3	S3	Кольца подшипника стабилизированы для рабочих температур до +300 °C
Q	Конический роликоподшипник с оптимизированной внутренней геометрией и обработкой поверхности	S4	Кольца подшипника стабилизированы для рабочих температур до +350 °C
R	1. Наружное кольцо с фланцем 2. Бомбинированная наружная поверхность подшипников – опорных роликов	T	Механически обработанный сепаратор из текстолита, центрируемый по телам качения
RS	Контактное уплотнение из бутадиен-акрилнитрильного (NBR) каучука с армированием листовой сталью (или без него) с одной стороны подшипника	TB	Сепаратор оконного типа из текстолита, центрируемый по внутреннему кольцу
2RS	Контактное уплотнение RS с обеих сторон подшипника	TH	Защелкивающийся сепаратор из текстолита, центрируемый по телам качения
RS1	Контактное уплотнение из бутадиен-акрилнитрильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника	TN	Литой сепаратор из полиамида, центрируемый по телам качения
2RS1	Контактное уплотнение RS1 с обеих сторон подшипника	TNH	Литой сепаратор из стеклонаполненного полизэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по телам качения
RS12	Контактное уплотнение из бутадиен-акрилнитрильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны и защитная шайба с другой стороны подшипника	TNHA	Литой сепаратор из стеклонаполненного полизэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по наружному кольцу
RS2	Контактное уплотнение из фторкаучука (FPM), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника	TN9	Литой сепаратор из стеклонаполненного полиамида 6,6, центрируемый по телам качения
2RS2	Контактное уплотнение RS2 с обеих сторон подшипника	U	Комбинация из буквы U и цифры обозначает конический роликоподшипник с уменьшенными допусками по ширине. Примеры: U2: допуск по ширине +0,05/0 мм U4: допуск по ширине +0,10/0 мм
RSH	Контактное уплотнение из бутадиен-акрилнитрильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника	V	Бессепараторный подшипник
2RSH	Контактное уплотнение RSH с обеих сторон подшипника	V...	Комбинация из буквы V и второй буквы обозначает группу признаков, а следующее за ними трех- или четырехзначное число обозначает варианты, на которые не распространяются стандартные суффиксы обозначения. Примеры VA исполнение для конкретной области применения VB отклонения основных размеров VE отклонения внешних или внутренних параметров VL покрытия VQ отличные от стандартных качество и допуски VS зазор и преднатяг VT смазывание VU различные дополнительные признаки
RSL	Контактное уплотнение малого трения из бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника	VA201	Подшипник для высоких температур (например, печные вагонетки)
2RSL	Контактное уплотнение малого трения RSL с обеих сторон подшипника	VA208	Подшипник для высоких температур
RZ	Контактное уплотнение малого трения из бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника	VA216	Подшипники для высоких температур
2RZ	Контактное уплотнение малого трения RZ с обеих сторон подшипника		
S0	Кольца подшипника стабилизированы для рабочих температур до +150 °C		
S1	Кольца подшипника стабилизированы для рабочих температур до +200 °C		

VA228	Подшипник для высоких температур	увеличения допустимой величины
VA301	Подшипник для тяговых двигателей	перекоса
VA305	VA301 + специальный контроль	Точность вращения выше C08
VA3091	Подшипник для тяговых двигателей с электроизоляционным покрытием наружной поверхности наружного кольца оксидом алюминия – выдерживает постоянное напряжение до 1 000 В	Пластичная смазка для экстремального давления на литиевой основе, класс консистенции 2 NLGI, для интервала температур от -20 до +110 °C (стандартное количество)
VA350	Подшипник для ж/д. букс	VT378 Нетоксичная пластичная смазка с алюминиевым загустителем, класс консистенции 2 NLGI, для интервала температур от -25 до +120 °C (стандартное количество)
VA380	Подшипник для ж/д. букс согласно EN 12080:1998	W Без кольцевой канавки и смазочных отверстий в наружном кольце
VA405	Подшипник для вибромашин	WT Пластичная смазка для широкого диапазона температур (от -40 до +160 °C). Обозначение пластичных смазок, интервал рабочих температур которых отличается от стандартного, см. «HT». Примеры: WT или WTF1
VA406	Подшипник для вибромашин, отверстие которого имеет специальное покрытие PTFE	W20 Три смазочных отверстия в наружном кольце
VC025	Подшипник, детали которого имеют специальную обработку для работы в условиях сильноагрессивной среды	W26 Шесть смазочных отверстий во внутреннем кольце
VE240	Модифицированный подшипник CARB с увеличенным осевым смещением	W33 Кольцевая канавка и три смазочных отверстия в наружном кольце
VE447	Тугое кольцо упорного подшипника с тремя равнорасположенными резьбовыми отверстиями на одной торцовой плоскости для монтажа	W33X Кольцевая канавка и шесть смазочных отверстий в наружном кольце
VE552	Наружное кольцо с тремя равнорасположенными резьбовыми отверстиями на торцовой плоскости для монтажа	W513 Шесть смазочных отверстий во внутреннем кольце, кольцевая канавка и три смазочных отверстия в наружном кольце
VE553	Наружное кольцо с тремя равнорасположенными резьбовыми отверстиями на обеих торцовых плоскостях для монтажа	W64 Антифрикционный наполнитель Solid Oil
VE632	Свободное кольцо упорного подшипника с тремя равнорасположенными резьбовыми отверстиями на одной торцовой плоскости для монтажа	W77 Смазочные отверстия W33 с заглушками
VG114	Штампованный стальной сепаратор с поверхностной закалкой	X 1. Основные размеры отличаются от регламентированных стандартом ISO 2. Цилиндрическая наружная поверхность у подшипников – опорных роликов
VH	Бессепараторный цилиндрический роликоподшипник с комплектом самоудерживающихся роликов	Y Штампованный латунный сепаратор, центрируемый по телам качения; различные типы и материалы обозначаются цифрой после буквы Y, например, Y1
VL0241	Покрытие внешней поверхности наружного кольца оксидом алюминия для электрической изоляции – выдерживает постоянное напряжение до 1 000 В	Z Защитная шайба из листовой стали с одной стороны подшипника
VL2071	Покрытие внешней поверхности внутреннего кольца оксидом алюминия для электрической изоляции – выдерживает постоянное напряжение до 1 000 В	2Z Защитные шайбы из листовой стали с обеих сторон подшипника
VQ015	Внутреннее кольцо с бомбинированым профилем дорожки качения для	



Применение подшипников

Подшипниковые узлы	160
Фиксирующие и нефикссирующие подшипниковые узлы	160
Регулируемые подшипниковые узлы.....	162
«Плавающие» подшипниковые узлы	162
Радиальная фиксация подшипников	164
Выбор посадки.....	164
Рекомендуемые посадки	167
Таблицы рекомендуемых посадок	167
Таблицы допусков	172
Посадки для полых валов	172
Точность размеров, формы и взаимного расположения посадочных мест подшипников	194
Шероховатость поверхности посадочных мест подшипников	198
Дорожки качения на валах и в корпусах.....	198
Осевая фиксация подшипников	199
Способы фиксации.....	199
Размеры опор и галтелей.....	202
Конструирование сопряженных деталей	204
Предварительный натяг подшипников	206
Типы преднатяга.....	207
Эффект преднатяга подшипников	208
Определение силы преднатяга.....	208
Методика регулировки.....	212
Преднатяг при помощи пружин	216
Поддержание правильного преднатяга	216
Подшипники для узлов с преднатягом	217
Узлы уплотнений	218
Типы уплотнений.....	218
Выбор типа уплотнения.....	219
Встроенные уплотнения подшипников.....	221
Внешние уплотнения.....	223

Подшипниковые узлы

Обычно для опоры вращающейся детали машины, например, вала, требуются два подшипника для фиксации его положения в радиальном и осевом направлениях относительно неподвижной части машины, например, корпуса. В зависимости от назначения, нагрузки, требуемой точности вращения и экономических соображений опоры вращающихся валов могут состоять из:

- фиксирующих и нефиксирующих подшипниковых узлов
- регулируемых подшипниковых узлов
- «плавающих» подшипниковых узлов.

Подшипниковые узлы, состоящие из одного подшипника, способного воспринимать радиальные, осевые и моментные нагрузки, например, шарнирного соединения, в настоящем каталоге не рассматриваются. При необходимости разработки таких узлов советуем обратиться в техническую службу SKF.

Фиксирующие и нефиксирующие подшипниковые узлы

Фиксирующий подшипник, установленный на одном конце вала, обеспечивает радиальную опору вала и одновременно его двухстороннюю осевую фиксацию. Поэтому положение такого подшипника должно быть зафиксировано как на валу, так и в корпусе. Для этой цели подходят радиальные подшипники, способные нести комбинированные нагрузки, например, радиальные шарикоподшипники, двухрядные или спаренные однорядные радиально-упорные шарикоподшипники, самоустанавливающиеся шарикоподшипники, сферические роликоподшипники или спаренные конические роликоподшипники. Комбинации радиальных подшипников, способных воспринимать чисто радиальную нагрузку, например, цилиндрических роликоподшипников, имеющих одно неотбортованное кольцо, с радиальным шарикоподшипником, шарикоподшипником с четырехточечным контактом или двойным упорным подшипником, могут также использоваться в качестве фиксирующего подшипника. В таком случае второй подшипник обеспечивает осевую фиксацию в обоих направлениях, однако для этого он

Рис. 1

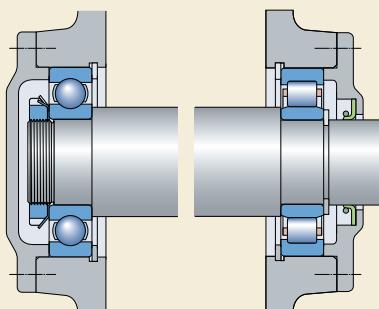


Рис. 2

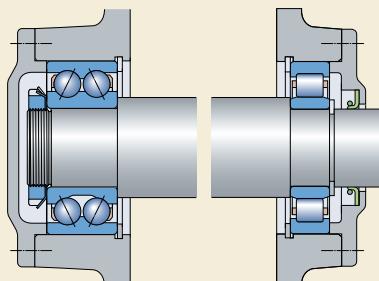


Рис. 3

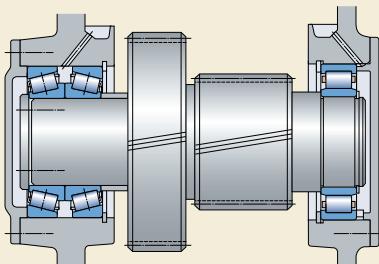


Рис. 4

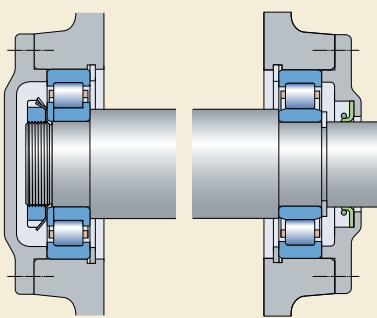


Рис. 5

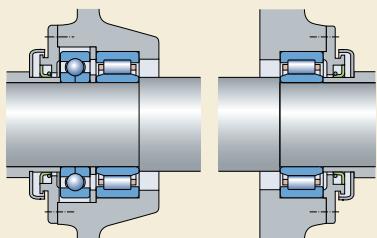
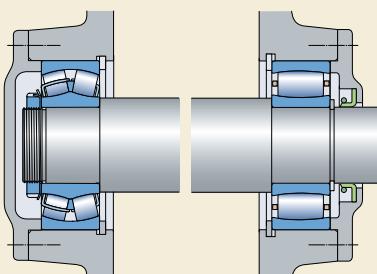


Рис. 6



должен иметь радиальную свободу (т.е. должен иметь посадку с гарантированным зазором) в корпусе.

Нефиксрующий подшипник, установленный на другом конце вала, обеспечивает только радиальную фиксацию. Он также должен обеспечивать осевое смещение, чтобы подшипники не создавали взаимного напряжения, например, в случае изменения длины вала в результате его теплового расширения. Осевое смещение внутри подшипника может происходить в игольчатых роликоподшипниках, цилиндрических роликоподшипниках типа NU и N и торOIDальных роликоподшипниках CARB или между одним из колец подшипника и его посадочным местом, желательно между наружным кольцом и его посадочным местом в отверстии корпуса.

Ниже приведено описание популярных комбинаций фиксирующих/нефиксрующих подшипников.

Для жестких подшипниковых узлов, где осевые смещения «без трения» осуществляются внутри подшипника, можно использовать следующие комбинации:

- радиальный шарикоподшипник/цилиндрический роликоподшипник (**→ рис. 1**)
- двухрядный радиально-упорный шарикоподшипник/цилиндрический роликоподшипник (**→ рис. 2**)
- спаренные однорядные конические роликоподшипники/цилиндрический роликоподшипник **→ рис. 3**)
- цилиндрический роликоподшипник типа NUP/цилиндрический роликоподшипник типа NU (**→ рис. 4**)
- цилиндрический роликоподшипник типа NU и шарикоподшипник с четырехточечным контактом/цилиндрический роликоподшипник типа NU (**→ рис. 5**).

Для указанных комбинаций подшипников величина углового перекоса вала должна быть минимальной. Если это невозможно, целесообразно использовать комбинации самоустанавливающихся подшипников, которые способны компенсировать указанный перекос, а именно:

- самоустанавливающийся шарикоподшипник/торOIDальный роликоподшипник CARB или

- сферический роликоподшипник/тороидальный роликоподшипник CARB (→ рис. 6).

Способность данных узлов компенсировать как угловые перекосы, так и осевые смещения позволяет избежать возникновения внутренних осевых сил в подшипниковой системе.

В подшипниковых узлах с вращающейся нагрузкой на внутреннем кольце, где изменения длины вала должны компенсироваться между подшипником и его посадочным местом, осевое смещение должно происходить между наружным кольцом подшипника и корпусом. Наиболее распространенные комбинации включают:

- радиальный шарикоподшипник/радиальный роликоподшипник (→ рис. 7)
- самоустанавливающийся шариковый или сферический роликовый подшипник/самоустанавливающийся шариковый или сферический роликоподшипник (→ рис. 8)
- согласованные однорядные радиально-упорные подшипники/радиальный шарикоподшипник (→ рис. 9).

Регулируемые подшипниковые узлы

В регулируемых подшипниковых узлах осевая фиксация вала в одном направлении осуществляется одним подшипником, а в другом направлении – вторым подшипником. Такая схема называется «перекрестной фиксацией» и, как правило, используется для коротких валов. Для этой цели пригодны все типы радиальных подшипников, способных восприни-

мать осевые нагрузки, по крайней мере в одном направлении, включая:

- радиально-упорные шарикоподшипники (→ рис. 10)
- конические роликоподшипники (→ рис. 11).

В определенных случаях, когда для узлов с перекрестной фиксацией используются однорядные радиально-упорные шарикоподшипники или конические роликоподшипники, может потребоваться предварительный натяг (→ стр. 206).

«Плавающие» подшипниковые узлы

Плавающие подшипниковые узлы также имеют перекрестную фиксацию и подходят для тех случаев, когда требования, предъявляемые к осевой фиксации, не очень высоки или когда другие детали, установленные на валу, служат для его осевой фиксации.

Подходящими подшипниками для этого типа подшипникового узла являются:

- радиальные шарикоподшипники (→ рис. 12)
- самоустанавливающиеся шарикоподшипники или
- сферические роликоподшипники.

Для таких узлов важно, чтобы одно кольцо каждого подшипника могло перемещаться на своем посадочном месте, желательно, чтобы это было наружное кольцо в корпусе. Плавающий подшипниковый узел можно также получить из двух цилиндрических роликоподшипников типа NJ со смещенными внутренними кольцами (→ рис. 13). В этом случае осевое перемещение может происходить внутри подшипника.

Рис. 7

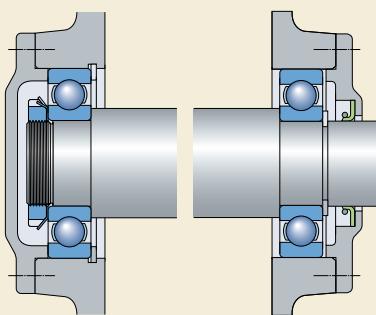


Рис. 8

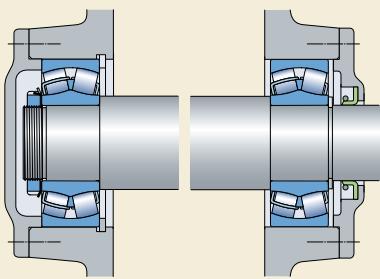


Рис. 11

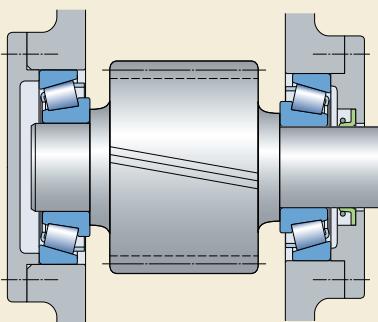


Рис. 9

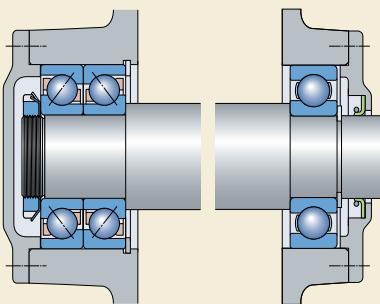


Рис. 12

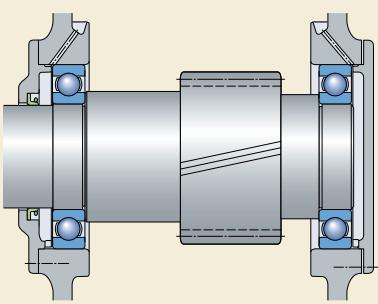


Рис. 10

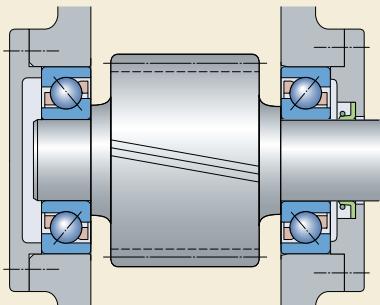
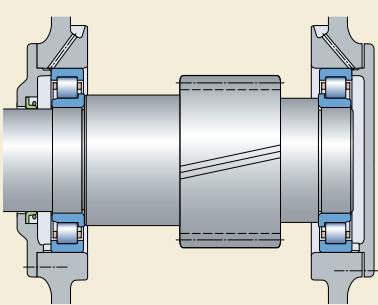


Рис. 13



Радиальная фиксация подшипников

Для полной реализации грузоподъемности подшипника его кольца должны иметь полную опору по всей окружности и по всей ширине дорожки качения. Такая опора должна быть жесткой и может быть обеспечена цилиндрической или конической посадочной поверхностью или, у колец упорного подшипника, плоской (ровной) опорной поверхностью. Это означает, что посадочные места подшипников должны быть обработаны с достаточной точностью, а их поверхность не должна прерываться канавками, отверстиями и т.п. Кроме того, кольца подшипника должны быть надежно зафиксированы, чтобы исключить возможность их проворота на посадочных местах под воздействием нагрузки.

В целом, удовлетворительная радиальная фиксация и достаточная опора может быть достигнута лишь в том случае, если кольца посажены с достаточной степенью натяга. Недостаточно прочно или неправильно закрепленные кольца, как правило, приводят к повреждению подшипников и сопряженных деталей. Однако, при необходимости простого монтажа и демонтажа или осевого смещения нефиксированного подшипника использование посадки с натягом не всегда возможно. В тех случаях, когда требуется свободная посадка, необходимо предпринять специальные меры предосторожности для ограничения неизбежного износа в результате проворота колец, например, путем поверхностной закалки посадочных мест и опор подшипников, смазывания сопряженных поверхностей и удаления частиц износа через специальные канавки или прорезания пазов в торцевых поверхностях колец под шпонки или другие фиксирующие устройства.

Выбор посадки

При выборе посадки необходимо учитывать как факторы, рассматриваемые в данном разделе, так и приводимые общие рекомендации.

1. Условия вращения

Условия вращения относятся к кольцу подшипника и рассматриваются применительно к направлению нагрузки (→ таблица 1). В основ-

ном, существуют три разных условия: «вращающаяся нагрузка», «неподвижная нагрузка» и «нагрузка неопределенного направления».

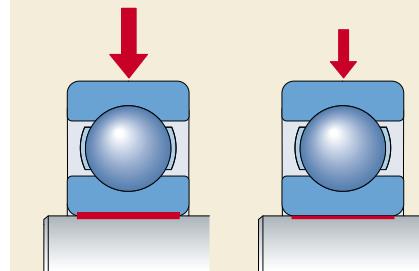
Нагрузка считается «вращающейся», если вращается кольцо подшипника при неподвижной нагрузке или кольцо неподвижно, а нагрузка вращается таким образом, что все точки дорожки качения подвергаются нагрузке в ходе одного оборота. Тяжелые нагрузки, которые не вращаются, но постоянно меняют направление, например, нагрузки на подшипники шатунов и штоков, как правило, считаются вращающимися нагрузками.

При посадке с гарантированным зазором кольцо подшипника, подвергаемое вращающейся нагрузке, поворачивается (или «гуляет») на посадочном месте, что приводит к износу и контактной коррозии поверхностей. Для предотвращения этого явления необходимо использовать посадку с натягом. Степень натяга зависит от условий эксплуатации (→ пункты 2 и 4 ниже).

Нагрузка считается «неподвижной», если кольцо подшипника неподвижно и нагрузка также неподвижна или если кольцо и нагрузка вращаются с одной и той же скоростью таким образом, что нагрузка всегда направлена в одно и то же место на дорожке качения. Поскольку в таких условиях кольцо подшипника обычно не поворачивается на своем посадочном месте, оно не обязательно должно устанавливаться с натягом, если такой натяг не требуется в силу других причин.

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. При невозможности определения направления нагрузки, а также в условиях тяжелых нагрузок желательно, чтобы оба кольца имели посадку с натягом. Для внутреннего кольца обычно используется величина натяга, рекомендуемая для вращающейся нагрузки. Однако если наружное кольцо устанавливается со свободной посадкой для осевого перемещения внутри корпуса в условиях не слишком большой нагрузки, можно использовать несколько более свободную посадку, чем та, что рекомендуется для вращающейся нагрузки.

Рис. 14



2. Величина нагрузки

По мере увеличения нагрузки посадка внутреннего кольца подшипника ослабляется из-за деформации кольца. Под воздействием врашающейся нагрузки кольцо может начать проворачиваться. Поэтому степень его натяга должна соответствовать величине нагрузки. Чем больше нагрузка, особенно ударная нагрузка, тем большая степень натяга требуется (→ рис. 14). Следует также принять во внимание ударные нагрузки и вибрацию.

Величина нагрузки определяется как:

- $P \leq 0,05 C$ – легкая нагрузка
- $0,05 C < P \leq 0,1 C$ – нормальная нагрузка
- $0,1 C < P \leq 0,15 C$ – тяжелая нагрузка
- $P > 0,15 C$ – очень тяжелая нагрузка.

Таблица 1

Условия работы	Схематическое изображение	Условие нагружения	Пример	Рекомендуемые посадки
Вращается внутреннее кольцо Неподвижное наружное кольцо Постоянное направление нагрузки		Вращающаяся нагрузка на внутреннем кольце Неподвижная нагрузка на наружном кольце	Валы с ременным приводом	Посадка с натягом внутреннего кольца Свободная посадка наружного кольца
Неподвижное внутреннее кольцо Вращающееся наружное кольцо Постоянное направление нагрузки		Неподвижная нагрузка на внутреннем кольце Вращающаяся нагрузка на наружном кольце	Опоры конвейеров Ступичные подшипники автомобилей	Свободная посадка внутреннего кольца Посадка с натягом наружного кольца
Вращается внутреннее кольцо Неподвижное наружное кольцо Нагрузка вращается с внутренним кольцом		Неподвижная нагрузка на внутреннем кольце Вращающаяся нагрузка на наружном кольце	Вибромашины Вибросита или двигатели	Посадка с натягом наружного кольца Свободная посадка внутреннего кольца
Неподвижное внутреннее кольцо Вращается наружное кольцо Нагрузка вращается с наружным кольцом		Вращающаяся нагрузка на внутреннем кольце Неподвижная нагрузка на наружном кольце	Конусная дробилка Приводы каруселей	Посадка с натягом внутреннего кольца Свободная посадка наружного кольца

3. Внутренний зазор подшипника

Посадка подшипника на вал или в корпус с натягом означает, что кольцо подвергается упругой деформации (растягивается или сжимается), при этом внутренний зазор подшипника уменьшается. Однако определенный минимальный зазор должен оставаться (\rightarrow раздел «Внутренний зазор подшипника» на стр. 137). Величина начального зазора и допустимая величина его уменьшения зависит от типа и размера подшипника. Уменьшение зазора, вызываемое посадкой с натягом, может быть настолько большим, что для предотвращения преднатяга подшипника при работе может возникнуть необходимость использования подшипников с начальным зазором больше нормального (\rightarrow рис. 15).

4. Температурные условия

Во многих случаях наружное кольцо имеет более низкую рабочую температуру, чем внутреннее кольцо. Это может привести к уменьшению внутреннего зазора (\rightarrow рис. 16).

В процессе эксплуатации кольца подшипника обычно нагреваются больше, чем детали, на которых они посажены. Это может вызвать ослабление посадки внутреннего кольца на его посадочном месте и расширение наружного кольца, которое способно препятствовать требуемому осевому перемещению этого кольца в его корпусе. Ослабление посадки внутреннего кольца также может быть вызвано высокой стартовой частотой вращения подшипника или трением уплотнения.

В связи с этим необходимо обращать особое внимание на разницу температур и направление теплового потока в подшипниковом узле.

5. Требования к точности вращения

Для уменьшения деформации и вибраций посадка с натягом, как правило, не используется для подшипников, от которых требуется повышенная точность вращения. Посадочные места подшипника на валу и в корпусе должны обрабатываться с узкими допусками по размерам, соответствующими по крайней мере 5 квалитету для валов и 6 квалитету для корпуса. Допуски цилиндричности также должны быть весьма жесткими (\rightarrow таблица 11, стр. 196).

6. Конструкция и материал вала и корпуса

Посадка кольца подшипника на его посадочное место не должна приводить к неравномерной

Рис. 15

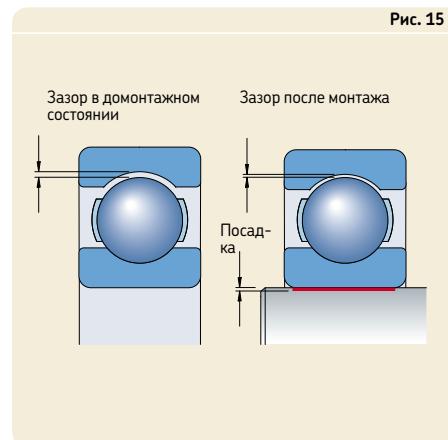
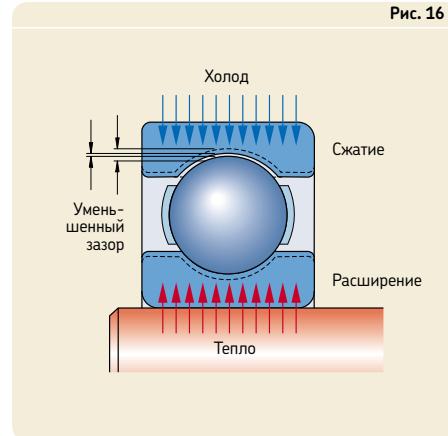


Рис. 16



деформации (некруглости) кольца, которая может быть вызвана разрывом сплошности посадочной поверхности. По этой причине разъемные корпуса, как правило, не годятся для тех случаев, когда наружные кольца должны иметь большую степень натяга, а выбранный допуск превышает плотность посадки, обеспечиваемую полем допусков Н (или самое большее K). Для обеспечения достаточной опоры колец подшипника, установленных в тонкостенных корпусах, корпусах из легких сплавов или на полых валах, должны использоваться более плотные посадки, чем те, что обычно рекомендуются для толстостенных стальных или чугунных корпусов или сплошных валов (\rightarrow раздел «Посадки для полых валов на стр. 172). Кроме того, в неко-

торых случаях более легкие посадки могут потребоваться для определенных материалов валов.

7. Простота монтажа и демонтажа

Подшипники, имеющие посадку с гарантированным зазором, как правило, более просты в монтаже и демонтаже, чем подшипники, имеющие посадку с натягом. В тех случаях, когда условия эксплуатации вынуждают использовать посадку с натягом и при этом требуется обеспечить простоту монтажа и демонтажа, можно использовать разборные подшипники или подшипники с коническим отверстием. Подшипники с коническим отверстием можно монтировать как непосредственно на коническое посадочное место на валу, так и при помощи закрепительных или стяжных втулок на гладкие или ступенчатые цилиндрические валы (**→ рис. 26, 27 и 28, стр. 201**).

8. Смещение нефиксирующих подшипников

При использовании неразборных подшипников в качестве нефиксирующих опор важно, чтобы в процессе эксплуатации одно из колец подшипника могло свободно смещаться в осевом направлении. Это обеспечивается за счет посадки с гарантированным зазором кольца, несущего неподвижную нагрузку (**→ рис. 20, стр. 199**). Если наружное кольцо находится под воздействием неподвижной нагрузки и его осевое смещение происходит внутри отверстия корпуса, наружное кольцо нередко устанавливают закаленную промежуточную втулку, например, в тех случаях, когда используются корпуса из легких сплавов. Этот способ позволяет избежать повреждения посадочной поверхности корпуса из-за более низкой твердости материала; в противном случае осевое смещение со временем было бы затруднено или полностью блокировано.

При использовании цилиндрических роликоподшипников, имеющих одно неотбортованное кольцо, игольчатых роликоподшипников или торOIDальных роликоподшипников CARB оба кольца подшипника могут устанавливаться с натягом, т.к. осевое смещение происходит внутри подшипника.

Рекомендуемые посадки

Допуски диаметра отверстия и наружного диаметра подшипников качения соответствуют

международным стандартам (**→ раздел «Допуски» на стр. 120**).

Для достижения гарантированного натяга или зазора при посадке подшипников с цилиндрическим отверстием и цилиндрической наружной поверхностью из системы допусков и посадок ISO выбираются подходящие поля допусков для посадочных мест на валу и в отверстии корпуса. Для подшипниковых узлов количество выбираемых полей допусков ISO ограничено. Расположение наиболее часто используемых полей допусков по отношению к допускам на диаметр отверстия и наружный диаметр стандартных метрических подшипников приведено на **рис. 17, стр. 168**.

Подшипники с коническим отверстием монтируются либо непосредственно на конические посадочные места на валу, либо на закрепительных или стяжных конических втулках, которые устанавливаются на цилиндрических валах. В таких случаях посадка внутреннего кольца подшипника регламентирована не выбранным допуском вала, как в случае подшипников с цилиндрическим отверстием, а расстоянием смещения кольца подшипника на его коническом посадочном месте или втулке. При этом необходимо соблюдать специальные меры предосторожности по предотвращению уменьшения внутреннего зазора, указанные в разделах «Самоустанавливающиеся шарикоподшипники», «Сферические роликоподшипники» и «Тороидальные роликоподшипники CARB».

При установке подшипников при помощи закрепительных или стяжных втулок допускается увеличение допусков на диаметр посадочного места вала, однако допуски на цилиндрическости должны быть ужесточены (**→ раздел «Точность размеров, формы и вращения посадочных мест подшипников» на стр. 194**).

Таблицы рекомендуемых посадок

Перечень рекомендованных посадок для сплошных стальных валов приведен в следующих таблицах:

Таблица 2: Радиальные подшипники с цилиндрическим отверстием

Таблица 3: Упорные подшипники

Для чугунных и стальных корпусов

Таблица 4: Радиальные подшипники – неразъемные корпуса

Таблица 5: Радиальные подшипники – разъемные или неразъемные корпуса

Таблица 6: Упорные подшипники

Данные рекомендации действительны для современных подшипников и базируются на общих сведениях по выбору посадок, приведенных выше. Опыт эксплуатации показывает, что они действительны для различных областей применения и типов подшипниковых узлов. Современные подшипники способны воспринимать гораздо большие нагрузки по сравнению со стандартными подшипниками предыдущих поколений, и рекомендации отражают эти более тяжелые условия применения. Таблицы рекомендуемых допусков отверстия корпуса также содержат информацию о возможности осевого перемещения

наружного кольца в отверстии корпуса. Эта информация позволяет убедиться в правильности выбора допуска для используемых в качестве нефиксирующих опор неразборных подшипников, которые не способны компенсировать осевое смещение за счет внутреннего плавания.

Примечание

Для подшипников из нержавеющей стали действуют допуски, указанные в **табл. 2** и **6** на стр. 169 и 171, однако должны быть учтены ограничения, указанные в сносках²⁾ и³⁾ к **табл. 2**. Сноска¹⁾ к **табл. 2** не действует в отношении подшипников из нержавеющей стали. При необходимости более плотных допусков, чем те, что указаны в **табл. 2**, обращайтесь в техническую службу SKF. Кроме того, в некоторых случаях, необходимо учитывать начальный зазор в подшипнике, например, при использовании валов из нержавеющей стали в условиях повышенных температур.

Рис. 17

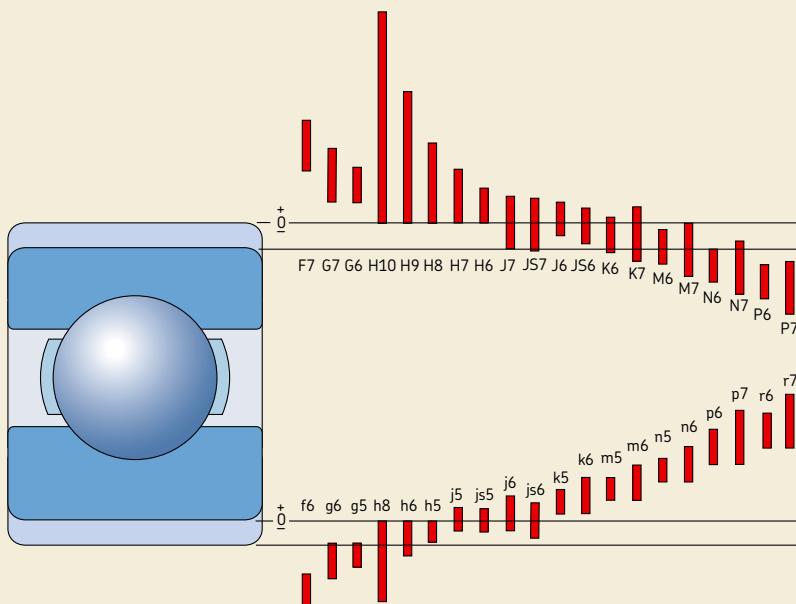


Таблица 2

Посадки для сплошных стальных валов						
Радиальные подшипники с цилиндрическим отверстием						
Условия	Примеры	Диаметр вала, мм	Шариковые подшипники ¹⁾	Цилиндрические и конические роликоподшипники	Конические роликоподшипники	Подшипники CARB и сферические роликоподшипники
Вращающееся внутреннее кольцо или неопределенное направление нагрузки						
Легкие и переменные нагрузки ($P \leq 0,05 \text{ C}$)	Конвейеры, легко-нагруженные подшипники редукторов	≤ 17 (17) до 100 (100) до 140 —	— ≤ 25 (25) до 60 (60) до 140	— ≤ 25 (25) до 60 (60) до 140	— ≤ 25 (25) до 60 (60) до 140	$j5 (j5)^2)$ $j6 (j5)^2)$ $k6$ $m6$
Нормальные и тяжелые нагрузки ($P > 0,05 \text{ C}$)	Общее применение, электродвигатели, двигатели внутреннего сгорания, коробки передач, деревообраб. станки	≤ 10 (10) до 17 (17) до 100 — (100) до 140 (140) до 200 (200) до 500 > 500 — —	— — — ≤ 30 (30) до 50 (50) до 65 (65) до 100 (100) до 280 (280) до 500 > 500	— — — ≤ 40 (40) до 65 (65) до 200 (200) до 360 (360) до 500 > 500	— < 25 — 25 до 40 — — $m5$ $m6$ $n5^4)$ $n6^4)$ $p5^5)$ $p7^4)$ $r6^4)$ $r7^4)$	$j5$ $j5 (j5)^2)$ $k5^3)$ $k6$ $m5$ $n6^4)$ $p6^6)$ $r6^7)$ $s6_{min} \pm IT6/2^{6/8})$ $s7_{min} \pm IT7/2^{6/8})$
Очень тяжелые нагрузки и ударные нагрузки в тяжелых условиях работы ($P > 0,1 \text{ C}$)	Буксы для тяжелых нагрузок/ж/д. тр. средств, тяговые двигатели, прокатные станы	— — — — — —	(50) до 65 (65) до 85 (85) до 140 (140) до 300 (300) до 500 > 500	— (50) до 110 (110) до 200 (200) до 500 — —	(50) до 70 (70) до 140 (140) до 280 (280) до 400 > 400	$n5^4)$ $n6^4)$ $p6^6)$ $r6^7)$ $s6_{min} \pm IT6/2^{6/8})$ $s7_{min} \pm IT7/2^{6/8})$
Высокие требования к точности хода с легкими нагрузками ($P \leq 0,05 \text{ C}$)	Станки	8 до 240	— 25 до 40 (40) до 140 (140) до 200 (200) до 500	— 25 до 40 (40) до 140 (140) до 200 (200) до 500	— — — —	$j5^4$ $j5^4 (j5)^9)$ $k4^4 (j5)^9)$ $m5$ $n5$
Неподвижная нагрузка на внутреннее кольцо						
Легкое осевое смещение внутр. кольца на вале желательно	Колеса на невращ. осях					
Легкое осевое смещение внутр. кольца на вале необязательно	Натяжные шкивы, желобчатые шкивы					
Только осевые нагрузки						
	Все виды применения	≤ 250 > 250	— —	≤ 250 > 250	≤ 250 > 250	$j6$ $j56$
1)	Для нормально и тяжело нагруженных подшипников ($(P > 0,05 \text{ C})$ увеличенный радиальный зазор обычно требуется в тех случаях, когда используются допуски на валы, указанные в таблице выше. Иногда рабочие условия требуют более плотных посадок для предотвращения проворота (сползания) внутренних колец подшипника на валу. При выборе правильного зазора (в большинстве случаев увеличенного) могут быть использованы следующие допуски:					
	<ul style="list-style-type: none"> • $k4$ для валов диаметром 10–17 мм • $k5$ для валов диаметром (17)–25 мм • $m5$ для валов диаметром (25)–140 мм <p>За дополнительной информацией обращайтесь в техническую службу SKF</p>					
2)	Допуски, указанные в скобках, применимы для подшипников из нержавеющей стали					
3)	Для подшипников из нержавеющей стали диаметром 17–30 мм действителен допуск $j5$					
4)	Могут потребоваться подшипники с увеличенным радиальным внутренним зазором					
5)	Для подшипников $d \leq 150$ мм рекомендуется увеличенный радиальный внутренний зазор. Для подшипников $d > 150$ мм может потребоваться увеличенный радиальный внутренний зазор					
6)	Рекомендуется использовать подшипники с увеличенным радиальным внутренним зазором					
7)	Могут потребоваться подшипники с увеличенным радиальным внутренним зазором. Для цилиндрических роликоподшипников рекомендуется увеличенный радиальный внутренний зазор					
8)	Требуемые величины допуска уточните в интерактивном техническом каталоге SKF на веб-сайте www.skf.com или в технической службе SKF					
9)	Величины допусков в скобках действительны для конических роликоподшипников. Для легконагруженных конических роликоподшипников, регулировка которых производится через внутреннее кольцо, следует использовать $j5$ или $j56$					
10)	Допуск $f6$ можно использовать для легкого смещения крупногабаритных подшипников					

Применение подшипников

Таблица 3

Посадки для сплошных стальных валов		
Упорные подшипники		
Условия	Диаметр вала, мм	Допуск
Только осевые нагрузки		
Упорные шарикоподшипники	–	h6
Цилиндрические роликоподшипники	–	h6 (h8)
Комплекты цилиндрических упорных роликов с сепаратором	–	h8
Комбинированные радиально-осевые нагрузки, действующие на сферические упорные роликоподшипники		
Неподвижная нагрузка на тугое кольцо	≤ 250 > 250	j6 js6
Вращающаяся нагрузка на тугое кольцо или неопределенное направление нагрузки	≤ 200 (200) до 400 > 400	k6 m6 n6

Таблица 4

Посадки для чугунных и стальных корпусов			
Радиальные подшипники – неразъемные корпуса			
Условия	Примеры	Допуск ¹⁾	Смещение наружного кольца
Вращающаяся нагрузка на наружное кольцо			
Тяжелые нагрузки на подшипники в тонкостенных корпусах, тяжелые ударные нагрузки ($P > 0,1 C$)	Ступичные роликоподшипники, подшипники нижней головки шатуна	P7	Не допускается
Нормальные и тяжелые нагрузки ($P > 0,05 C$)	Ступичные шарикоподшипники, подшипники нижн. головки шатуна, колеса подвижных кранов	N7	Не допускается
Легкие и переменные нагрузки ($P \leq 0,05 C$)	Опоры конвейеров, желобчатые и натяжные шкивы	M7	Не допускается
Неопределенное направление нагрузки			
Тяжелые ударные нагрузки	Тяговые электродвигатели	M7	Не допускается
Нормальные и тяжелые нагрузки ($P > 0,05 C$), осевое смещение наружного кольца не обязательно	Электродвигатели, насосы, подшипники коленчатых валов	K7	Как правило, не допускается
Точное или малошумное вращение²⁾			
Шарикоподшипники	Небольшие электродвигатели	J6 ³⁾	Допускается
Конические роликоподшипники	При регулировке через наружное кольцо Осевая фиксация наружного кольца Вращающаяся нагрузка на наружное кольцо	JS5 K5 M5	– – –

¹⁾ Для шарикоподшипников $D \leq 100$ мм предпочтителен допуск IT6, который также рекомендуется для подшипников с тонкостенными кольцами, например, серии диаметра 7, 8 и 9. Для этих серий рекомендуется допуск цилиндричности IT4

²⁾ Для прецизионных подшипников, имеющих класс точности P5 или выше, действуют другие рекомендации (→ каталог SKF «Прецизионные подшипники»)

³⁾ Если требуется легкое перемещение, вместо J6 следует использовать H6

Таблица 5

Посадки для чугунных и стальных корпусов**Радиальные подшипники – разъемные и неразъемные корпуса**

Условия	Примеры	Допуски ¹⁾	Смещение наружного кольца
Направление нагрузки неопределенное			
Легкая и нормальная нагрузка, ($P \leq 0,1 C$), осевое смещение наружного кольца допускается	Электродвигатели средних размеров, машины, насосы, подшипники коленчатых валов	J7	Как правило, допускается
Неподвижная нагрузка на наружное кольцо			
Все виды нагрузки	Общее машиностроение, ж.д. буки	H7 ²⁾	Допускается
Легкие и нормальные нагрузки ($P \leq 0,1 C$) и простые условия работы	Общее машиностроение	H8	Допускается
Теплопроводимость через вал	Сушильные цилиндры, крупные электромашины со сферическими	G7 ³⁾	Допускается

- ¹⁾ Для шарикоподшипников $D \leq 100\text{mm}$ предпочтителен допуск IT6, который также рекомендуется для подшипников с тонкостенными кольцами, например, серии диаметра 7, 8 и 9. Для этих серий рекомендуется допуск цилиндричности IT4
²⁾ Для крупногабаритных подшипников ($D > 250\text{ mm}$) и при разнице температур между наружным кольцом и корпусом $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ вместо H7 следует использовать G7
³⁾ Для крупногабаритных подшипников ($D > 250\text{ mm}$) и при разнице температур между наружным кольцом и корпусом $> 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ вместо G7 следует использовать F7

Таблица 6

Посадки для чугунных и стальных корпусов**Упорные подшипники**

Условия	Допуски	Примечания
Только осевые нагрузки		
Упорные шарикоподшипники	H8	Для менее точных подшипниковых узлов допускается радиальный зазор до $0,001 D$
Цилиндрические упорные роликоподшипники	H7 (H9)	
Комплекты цилиндрических упорных роликов с сепаратором	H10	
Сферические упорные роликоподшипники, где радиальная фиксация осуществляется отдельными подшипниками	–	Свободное кольцо должно иметь достаточную величину радиального зазора, чтобы исключить действие радиальной нагрузки на упорные подшипники
Комбинированные радиально-осевые нагрузки на сферических роликоподшипниках		
Неподвижная нагрузка на свободное кольцо	H7	См. также «Конструирование сопряженных деталей» в разделе «Сферические упорные роликоподшипники» на стр. 881
Вращающаяся нагрузка на свободное кольцо	M7	

Таблицы допусков

Величины допусков на диаметры вала и отверстия корпуса, приведенные в **таблица 7 и 8**, позволяют установить следующие характеристики посадки

- верхние и нижние предельные отклонения диаметра отверстия и наружного диаметра подшипников нормального класса точности
- верхние и нижние предельные отклонения диаметра вала и отверстия корпуса согласно стандарту ISO 286-2:1988
- наименьшие и наибольшие величины теоретического натяга (+) или зазора (-) в посадке
- наименьшие и наибольшие величины вероятного натяга (+) или зазора (-) в посадке

Соответствующие величины допусков посадочных мест подшипников на валах приведены в следующих таблицах

- e7, f5, f6, g5, g6
в **таблице 7a, стр. 174 и 175**
h5, h6, h8, h9, j5
в **таблице 7b, стр. 176 и 177**
j6, js5, js6, js7, k4
в **таблице 7c, стр. 178 и 179**
k5, k6, m5, m6, n5
в **таблице 7d, стр. 180 и 181**
n6, p6, p7, r6, r7
в **таблице 7e, стр. 182 и 183**

Соответствующие величины допусков для посадочных мест подшипников в корпусах приведены в следующих таблицах

- F7, G6, G7, H5, H6
в **таблице 8a, стр. 184 и 185**
H7, H8, H9, H10, J6
в **таблице 8b, стр. 186 и 187**
J7, JS5, JS6, JS7, K5
в **таблице 8c, стр. 188 и 189**
K6, K7, M5, M6, M7
в **таблице 8d, стр. 190 и 191**
N6, N7, P6, P7
в **таблице 8e, стр. 192 и 193**

Допуски диаметра отверстия и наружного диаметра для подшипников нормального класса точности, для которых были рассчитаны предельные величины, действительны для всех

метрических подшипников качения, за исключением метрических конических роликоподшипников с размерами $d \leq 30$ мм и $D \leq 150$ мм и упорных подшипников с размерами $D \leq 150$ мм. Допуски на диаметр этих подшипников не соответствуют нормальному классу точности других подшипников качения (→ см. таблицы допусков на стр. 125 и 132).

Величины вероятного натяга или зазора охватывают 99 % всех комбинаций теоретического натяга или зазора.

При использовании подшипников, точность которых превышает нормальный класс, суженные допуски диаметра отверстия и наружного диаметра означают, что величина натяга или зазора будет соответственно уменьшена. Если при этом требуется более точный расчет посадок, рекомендуем обратиться в техническую службу SKF.

Посадки для полых валов

Если подшипники устанавливаются с натягом на полый вал, то для достижения такого же по величине контактного давления на посадочной поверхности внутреннего кольца подшипника должна использоваться более плотная посадка, чем для сплошных валов. При выборе посадки необходимо учитывать следующие отношения диаметров:

$$c_l = \frac{d_i}{d} \text{ и } c_e = \frac{d}{d_e}$$

Величина натяга не претерпевает заметного изменения до тех пор, пока отношение диаметров полого вала $c_l \geq 0,5$. Если наружный диаметр внутреннего кольца неизвестен, отношение диаметров e можно рассчитать с достаточной точностью по следующей формуле:

$$c_e = \frac{d}{k(D - d) + d},$$

где

c_l = отношение диаметров полого вала

c_e = отношение диаметров внутреннего кольца подшипника

d = наружный диаметр полого вала, диаметр отверстия подшипника, мм

d_i = внутренний диаметр полого вала, мм

d_e = наружный диаметр внутреннего кольца, мм
 D = наружный диаметр подшипника, мм
 k = коэффициент, зависящий от типа подшипника:

для самоустанавливающихся шарикоподшипников серии 22 и 23 – $k = 0,25$

для цилиндрических роликоподшипников – $k = 0,25$

для всех остальных подшипников – $k = 0,3$

Чтобы определить необходимую величину натяга при установке подшипника на полый вал, используют величину среднего вероятного натяга, рассчитанную по рекомендованным допускам для сплошных валов такого же диаметра. Если пренебречь пластической деформацией (сглаживанием) сопряженных поверхностей, возникающей при монтаже, то величина эффективного натяга может быть приравнена к величине среднего вероятного натяга.

Величина натяга Δ_H , необходимая для полого стального вала, может быть определена по отношению к известной величине Δ_V для сплошного вала из **диаграммы 1**. Величина Δ_V равна средней величине между предельными величинами вероятного натяга для сплошного вала. Затем допуск для полого вала подбирается с таким расчетом, чтобы величина

среднего вероятного натяга была как можно ближе к величине натяга Δ_H , полученной из **диаграммы 1**.

Пример

Радиальный шарикоподшипник 6208 с $d = 40$ мм и $D = 80$ мм должен быть установлен на полый вал, имеющем отношение диаметров $c_i = 0,8$. Какова величина необходимого натяга и каковы допуски диаметра вала?

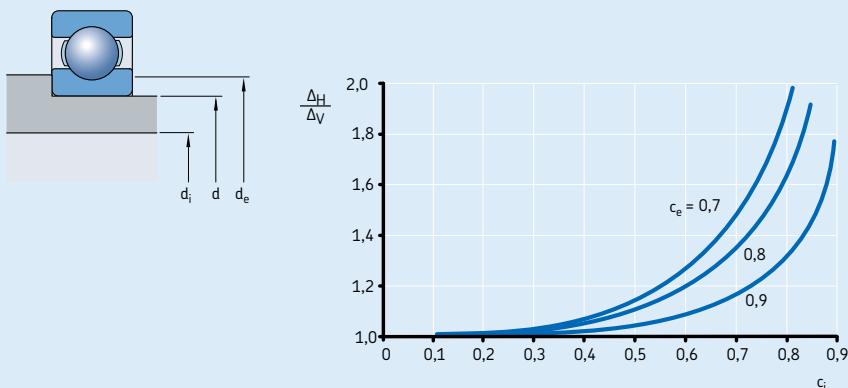
Если бы подшипник монтировался на сплошной стальной вал и подвергался воздействию нормальных нагрузок, следовало бы использовать рекомендованный допуск $k5$. Из **таблицы 7d, стр. 180**, для вала диаметром 40 мм средний вероятный натяг равен $\Delta_V = (22 + 5)/2 = 13,5$ мкм. Для $c_i = 0,8$ и

$$c_e = \frac{40}{0,3(80-40) + 40} = 0,77,$$

поэтому из **диаграммы 1** отношение $\Delta_H/\Delta_V = 1,7$. Таким образом, необходимый натяг для полого вала $\Delta_H = 1,7 \times 13,5 = 23$ мкм. Следовательно, для полого вала выбирается допуск $m6$, т. к. при этом получается средний вероятный натяг требуемого порядка.

Диаграмма 1

Зависимость величины натяга Δ_H , требуемой для полого стального вала, от известной величины натяга Δ_V сплошного стального вала



Применение подшипников

Таблица 7а

Применение подшипников

Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результирующие посадки											
		Допуски											
				e7	f5	f6	g5	g6					
свыше	до	нижн.	верхн.	Отклонения (диаметр вала)					Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)				
мм		мкм		Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)									
			мкм										
1	3	-8	0	-14 -6 -8	-24 -24 -22	-6 +2 +1	-10 -10 -9	-6 +2 0	-12 -12 -10	-2 +6 +5	-6 -6 -5	-2 +6 +4	-8 -8 -6
3	6	-8	0	-20 -12 -14	-32 -32 -30	-10 -2 -3	-15 -15 -14	-10 -2 -4	-18 -18 -16	-4 +4 +3	-9 -9 -8	-4 +4 +2	-12 -12 -10
6	10	-8	0	-25 -17 -20	-40 -40 -37	-13 -5 -7	-19 -19 -17	-13 -5 -7	-22 -22 -20	-5 +3 +1	-11 -11 -9	-5 +3 +1	-14 -14 -12
10	18	-8	0	-32 -24 -27	-50 -50 -47	-16 -8 -10	-24 -24 -22	-16 -8 -10	-27 -27 -25	-6 +2 0	-14 -14 -12	-6 +2 0	-17 -17 -15
18	30	-10	0	-40 -30 -33	-61 -61 -58	-20 -10 -12	-29 -29 -27	-20 -10 -13	-33 -33 -30	-7 +3 +1	-16 -16 -14	-7 +3 0	-20 -20 -17
30	50	-12	0	-50 -38 -42	-75 -75 -71	-25 -13 -16	-36 -36 -33	-25 -13 -17	-41 -41 -37	-9 +3 0	-20 -20 -17	-9 +3 -1	-25 -25 -21
50	80	-15	0	-60 -45 -50	-90 -90 -85	-30 -15 -19	-43 -43 -39	-30 -15 -19	-49 -49 -45	-10 +5 +1	-23 -23 -19	-10 +5 +1	-29 -29 -25
80	120	-20	0	-72 -52 -59	-107 -107 -100	-36 -16 -21	-51 -51 -46	-36 -16 -22	-58 -58 -52	-12 +8 +3	-27 -27 -22	-12 +8 +2	-34 -34 -28
120	180	-25	0	-85 -60 -68	-125 -125 -117	-43 -18 -24	-61 -61 -55	-43 -18 -25	-68 -68 -61	-14 +11 +5	-32 -32 -26	-14 +11 +4	-39 -39 -32
180	250	-30	0	-100 -70 -80	-146 -146 -136	-50 -20 -26	-70 -20 -64	-50 -20 -28	-79 -79 -71	-15 +15 +9	-35 -35 -29	-15 +15 +7	-44 -44 -36
250	315	-35	0	-110 -75 -87	-162 -162 -150	-56 -21 -29	-79 -79 -71	-56 -21 -30	-88 -88 -79	-17 +18 +10	-40 -40 -32	-17 +18 +9	-49 -49 -40
315	400	-40	0	-125 -85 -98	-182 -182 -169	-62 -22 -30	-87 -87 -79	-62 -22 -33	-98 -98 -87	-18 +22 +14	-43 -43 -35	-18 +22 +11	-54 -54 -43
400	500	-45	0	-135 -90 -105	-198 -198 -183	-68 -23 -32	-95 -95 -86	-68 -23 -35	-108 -108 -96	-20 +25 +16	-47 -47 -38	-20 +25 +13	-60 -60 -48

Таблица 7а

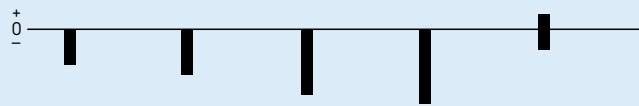
Допуски валов и результирующие посадки

Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dimp}	Отклонение диаметра вала, результирующие посадки												
		Допуски		e7	f5	f6	g5	g6	Отклонения (диаметр вала)		Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)		Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)	
свыше	до	нижн.	верхн.	мм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм	мкм
500	630	-50	0		-145 -95 -111	-215 -215 -199	-76 -26 -36	-104 -104 -94	-76 -26 -39	-120 -120 -107	-22 +28 +18	-50 -50 -40	-22 +28 +15	-66 -66 -53
630	800	-75	0		-160 -85 -107	-240 -240 -218	-80 -5 -17	-112 -112 -100	-80 -5 -22	-130 -130 -113	-24 +51 +39	-56 -56 -44	-24 +51 +34	-74 -74 -57
800	1 000	-100	0		-170 -70 -97	-260 -260 -233	-86 +14 0	-122 -122 -108	-86 +14 -6	-142 -142 -122	-26 +74 +60	-62 -62 -48	-26 +74 +54	-82 -82 -62
1 000	1 250	-125	0		-195 -70 -103	-300 -300 -267	-98 +27 +10	-140 -140 -123	-98 +27 +3	-164 -164 -140	-28 +97 +80	-70 -70 -53	-28 +97 +73	-94 -94 -70
1 250	1 600	-160	0		-220 -60 -100	-345 -345 -305	-110 +50 +29	-160 -160 -139	-110 +50 +20	-188 -188 -158	-30 +130 +109	-80 -80 -59	-30 +130 +100	-108 -108 -78
1 600	2 000	-200	0		-240 -40 -90	-390 -390 -340	-120 +80 +55	-180 -180 -155	-120 +80 +45	-212 -212 -177	-32 +168 +143	-92 -92 -67	-32 +168 +133	-124 -124 -89

Применение подшипников

Таблица 7в

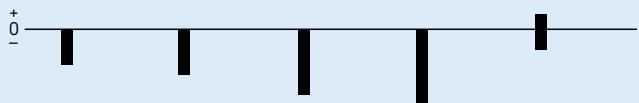
Допуски валов и результатирующие посадки



Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результатирующие посадки									
		Допуски									
		Отклонения (диаметр вала) Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-) Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)									
мм	мкм	мкм									
1 3	-8 0	0 -4 0 -6 0 -14 0 -25 +2 -2 +8 -4 +8 -6 +8 -14 +8 -25 +10 -2 +7 -3 +6 -4 +6 -12 +5 -22 +9 -1									
3 6	-8 0	0 -5 0 -8 0 -18 0 -30 +3 -2 +8 -5 +8 -8 +8 -18 +8 -30 +11 -2 +7 -4 +6 -6 +5 -15 +5 -27 +10 -1									
6 10	-8 0	0 -6 0 -9 0 -22 0 -36 +4 -2 +8 -6 +8 -9 +8 -22 +8 -36 +12 -2 +6 -4 +6 -7 +5 -19 +5 -33 +10 0									
10 18	-8 0	0 -8 0 -11 0 -27 0 -43 +5 -3 +8 -8 +8 -11 +8 -27 +8 -43 +13 -3 +6 -6 +6 -9 +5 -24 +5 -40 +11 -1									
18 30	-10 0	0 -9 0 -13 0 -33 0 -52 +5 -4 +10 -9 +10 -13 +10 -33 +10 -52 +15 -4 +8 -7 +7 -10 +6 -29 +6 -48 +13 -2									
30 50	-12 0	0 -11 0 -16 0 -39 0 -62 +6 -5 +12 -11 +12 -16 +12 -39 +12 -62 +18 -5 +9 -8 +8 -12 +7 -34 +7 -57 +15 -2									
50 80	-15 0	0 -13 0 -19 0 -46 0 -74 +6 -7 +15 -13 +15 -19 +15 -46 +15 -74 +21 -7 +11 -9 +11 -15 +9 -40 +9 -68 +17 -3									
80 120	-20 0	0 -15 0 -22 0 -54 0 -87 +6 -9 +20 -15 +20 -22 +20 -54 +20 -87 +26 -9 +15 -10 +14 -16 +12 -46 +12 -79 +21 -4									
120 180	-25 0	0 -18 0 -25 0 -63 0 -100 +7 -11 +25 -18 +25 -25 +25 -63 +25 -100 +32 -11 +19 -12 +18 -18 +15 -53 +15 -90 +26 -5									
180 250	-30 0	0 -20 0 -29 0 -72 0 -115 +7 -13 +30 -20 +30 -29 +30 -72 +30 -115 +37 -13 +24 -14 +22 -21 +18 -60 +17 -102 +31 -7									
250 315	-35 0	0 -23 0 -32 0 -81 0 -130 +7 -16 +35 -23 +35 -32 +35 -81 +35 -130 +42 -16 +27 -15 +26 -23 +22 -68 +20 -115 +34 -8									
315 400	-40 0	0 -25 0 -36 0 -89 0 -140 +7 -18 +40 -25 +40 -36 +40 -89 +40 -140 +47 -18 +32 -17 +29 -25 +25 -74 +23 -123 +39 -10									
400 500	-45 0	0 -27 0 -40 0 -97 0 -155 +7 -20 +45 -27 +45 -40 +45 -97 +45 -155 +52 -20 +36 -18 +33 -28 +28 -80 +26 -136 +43 -11									

Таблица 7б

Допуски валов и результирующие посадки

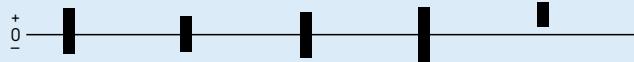


Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результирующие посадки												
		Допуски												
				h5		h6		h8		h9				
Отклонения (диаметр вала)														
свыше	до	нижн.	верхн.											
мм		мкм			мкм									
500	630	-50	0		0	-28	0	-44	0	-110	0	-175	-	-
				+50	-28	+50	-44	+50	-110	+50	-175	-	-	
				+40	-18	+37	-31	+31	-91	+29	-154	-	-	
630	800	-75	0		0	-32	0	-50	0	-125	0	-200	-	-
				+75	-32	+75	-50	+75	-125	+75	-200	-	-	
				+63	-20	+58	-33	+48	-98	+45	-170	-	-	
800	1 000	-100	0		0	-36	0	-56	0	-140	0	-230	-	-
				+100	-36	+100	-56	+100	-140	+100	-230	-	-	
				+86	-22	+80	-36	+67	-107	+61	-191	-	-	
1 000	1 250	-125	0		0	-42	0	-66	0	-165	0	-260	-	-
				+125	-42	+125	-66	+125	-165	+125	-260	-	-	
				+108	-25	+101	-42	+84	-124	+77	-212	-	-	
1 250	1 600	-160	0		0	-50	0	-78	0	-195	0	-310	-	-
				+160	-50	+160	-78	+160	-195	+160	-310	-	-	
				+139	-29	+130	-48	+109	-144	+100	-250	-	-	
1 600	2 000	-200	0		0	-60	0	-92	0	-230	0	-370	-	-
				+200	-60	+200	-92	+200	-230	+200	-370	-	-	
				+175	-35	+165	-57	+138	-168	+126	-296	-	-	

Применение подшипников

Таблица 7с

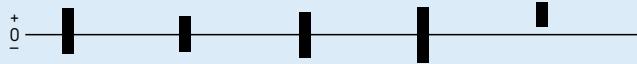
Допуски валов и результатирующие посадки



Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результатирующие посадки									
		Допуски									
свыше до	нижн. верхн.	Отклонения (диаметр вала)									
		Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)									
		Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)									
мм	мкм	мкм									
1 3	-8 0	+4 +12 +10	-2 -2 0	+2 +10 +9	-2 -1 -1	+3 +11 +9	-3 -3 -1	+5 +13 +11	-5 -5 -3	+3 +11 +10	0 0 +1
3 6	-8 0	+6 +14 +12	-2 -2 0	+2,5 +10,5 +9	-2,5 -2,5 -1	+4 +12 +10	-4 -4 -2	+6 +14 +12	-6 -6 -4	+5 +13 +12	+1 +1 +2
6 10	-8 0	+7 +15 +13	-2 -2 0	+3 +11 +9	-3 -3 -1	+4,5 +12,5 +11	-4,5 -4,5 -3	+7,5 +15,5 +13	-7,5 -7,5 -5	+1 +13 +12	+1 +1 +2
10 18	-8 0	+8 +16 +14	-3 -3 -1	+4 +12 +10	-4 -4 -2	+5,5 +13,5 +11	-5,5 -5,5 -3	+9 +17 +14	-9 -9 -6	+6 +14 +13	+1 +1 +2
18 30	-10 0	+9 +19 +16	-4 -4 -1	+4,5 +14,5 +12	-4,5 -4,5 -2	+6,5 +16,5 +14	-6,5 -6,5 -4	+10,5 +20,5 +17	-10,5 -10,5 -7	+8 +18 +16	+2 +2 +4
30 50	-12 0	+11 +23 +19	-5 -5 -1	+5,5 +17,5 +15	-5,5 -5,5 -3	+8 +20 +16	-8 -8 -4	+12,5 +24,5 +20	-12,5 -12,5 -8	+9 +21 +19	+2 +2 +4
50 80	-15 0	+12 +27 +23	-7 -7 -3	+6,5 +21,5 +18	-6,5 -6,5 -3	+9,5 +24,5 +20	-9,5 -9,5 -5	+15 +30 +25	-15 -15 -10	+10 +25 +22	+2 +2 +5
80 120	-20 0	+13 +33 +27	-9 -9 -3	+7,5 +27,5 +23	-7,5 -7,5 -3	+11 +31 +25	-11 -11 -5	+17,5 +37,5 +31	-17,5 -17,5 -11	+13 +33 +30	+3 +3 +6
120 180	-25 0	+14 +39 +32	-11 -11 -4	+9 +34 +28	-9 -9 -3	+12,5 +37,5 +31	-12,5 -12,5 -6	+20 +45 +37	-20 -20 -12	+15 +40 +36	+3 +3 +7
180 250	-30 0	+16 +46 +38	-13 -13 -5	+10 +40 +34	-10 -10 -4	+14,5 +44,5 +36	-14,5 -14,5 -6	+23 +53 +43	-23 -23 -13	+18 +48 +43	+4 +4 +9
250 315	-35 0	+16 +51 +42	-16 -16 -7	+11,5 +46,5 +39	-11,5 -11,5 -4	+16 +51 +42	-16 -16 -7	+26 +61 +49	-26 -26 -14	+20 +55 +49	+4 +4 +10
315 400	-40 0	+18 +58 +47	-18 -18 -7	+12,5 +52,5 +44	-12,5 -12,5 -4	+18 +58 +47	-18 -18 -7	+28,5 +68,5 +55	-28,5 -28,5 -15	+22 +62 +55	+4 +4 +11
400 500	-45 0	+20 +65 +53	-20 -20 -8	+13,5 +58,5 +49	-13,5 -13,5 -4	+20 +65 +53	-20 -20 -8	+31,5 +76,5 +62	-31,5 -31,5 -17	+25 +70 +63	+5 +5 -12

Таблица 7с

Допуски валов и результирующие посадки



Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результирующие посадки										
		Допуски										
		j6	js5	js6	js7	k4						
Отклонения (диаметр вала)												
свыше		до		нижн.		верхн.		Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)		Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)		
мм		мкм		мкм								
500	630	-50	0	+22 +72 +59	-22 -22 -9	+14 +64 +54	-14 -14 -4	+22 +72 +59	-22 -22 -9	+35 +85 +69	-35 -35 -19	- -
630	800	-75	0	+25 +100 +83	-25 -25 -8	+16 +91 +79	-16 -16 -4	+25 +100 +83	-25 -25 -8	+40 +115 +93	-40 -40 -18	- -
800	1 000	-100	0	+28 +128 +108	-28 -28 -8	+18 +118 +104	-18 -18 -4	+28 +128 +108	-28 -28 -8	+45 +145 +118	-45 -45 -18	- -
1 000	1 250	-125	0	+33 +158 +134	-33 -33 -9	+21 +146 +129	-21 -21 -4	+33 +158 +134	-33 -33 -9	+52 +177 +145	-52 -52 -20	- -
1 250	1 600	-160	0	+39 +199 +169	-39 -39 -9	+25 +185 +164	-25 -25 -4	+39 +199 +169	-39 -39 -9	+62 +222 +182	-62 -62 -22	- -
1 600	2 000	-200	0	+46 +246 +211	-46 -46 -11	+30 +230 +205	-30 -30 -5	+46 +246 +211	-46 -46 -11	+75 +275 +225	-75 -75 -25	- -

Применение подшипников

Таблица 7д

Допуски валов и результатирующие посадки



Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результатирующие посадки								
		Допуски								
		Отклонения (диаметр вала)			Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)			Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)		
мм	мкм	мкм								
1 3	-8 0	+4 0 +12 0 +11 +1	0 +14 +12 +2	+6 0 +14 +13 +3	+6 +2 +14 +16 +4	+2 +8 +16 +14 +4	+2 +8 +16 +15 +5	+8 +16 +16 +15 +4	+4 +4 +5	
3 6	-8 0	+6 +14 +13 +2	+1 +17 +15 +2	+9 +1 +1 +3	+1 +17 +16 +5	+4 +4 +12 +20 +6	+4 +4 +13 +21 +6	+13 +21 +20 +9	+8 +8 +9	
6 10	-8 0	+7 +15 +13 +3	+1 +1 +16 +3	+10 +18 +16 +3	+1 +20 +18 +8	+12 +6 +15 +23 +6	+6 +15 +16 +24 +10	+6 +16 +24 +10	+10 +10	
10 18	-8 0	+9 +17 +15 +3	+1 +1 +18 +3	+12 +20 +18 +3	+1 +23 +21 +9	+15 +7 +18 +26 +7	+7 +18 +20 +28 +7	+7 +20 +28 +12	+12 +12	
18 30	-10 0	+11 +21 +19 +4	+2 +2 +22 +4	+15 +25 +25 +5	+2 +27 +25 +10	+17 +8 +21 +31 +8	+8 +21 +20 +34 +15	+24 +34 +32	+15 +15	
30 50	-12 0	+13 +25 +22 +5	+2 +2 +26 +5	+18 +30 +26 +6	+2 +32 +29 +12	+20 +9 +25 +37 +9	+9 +25 +28 +40 +17	+28 +40 +37	+17 +17	
50 80	-15 0	+15 +30 +26 +6	+2 +2 +32 +6	+21 +36 +32 +6	+2 +39 +35 +15	+24 +11 +11 +45 +11	+11 +30 +33 +48 +20	+33 +48 +44	+20 +20	
80 120	-20 0	+18 +38 +33 +8	+3 +3 +39 +9	+25 +45 +43 +9	+3 +48 +43 +18	+28 +13 +35 +49 +19	+13 +35 +38 +53 +23	+38 +53 +53	+23 +23	
120 180	-25 0	+21 +46 +40 +9	+3 +3 +46 +10	+28 +53 +52 +10	+3 +58 +52 +21	+33 +15 +40 +65 +15	+15 +40 +45 +70 +27	+45 +70 +64	+27 +27	
180 250	-30 0	+24 +54 +48 +10	+4 +4 +10 +12	+33 +63 +55 +12	+4 +67 +61 +21	+37 +17 +46 +76 +17	+17 +46 +51 +81 +31	+51 +81 +75	+31 +31	
250 315	-35 0	+27 +62 +54 +12	+4 +4 +12 +62	+36 +71 +55 +62	+4 +78 +43 +70	+43 +20 +52 +87 +20	+20 +52 +57 +92 +34	+57 +92 +84	+34 +34	
315 400	-40 0	+29 +69 +61 +12	+4 +4 +12 +69	+40 +80 +15 +78	+4 +86 +46 +78	+46 +21 +57 +97 +21	+17 +57 +21 +102 +37	+51 +81 +32	+37 +37	
400 500	-45 0	+32 +77 +68 +14	+5 +5 +12 +78	+45 +90 +15 +78	+5 +95 +46 +78	+50 +23 +52 +86 +23	+20 +52 +57 +86 +23	+62 +86 +35	+40 +40	

Таблица 7d

Допуски валов и результатирующие посадки



Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результатирующие посадки											
		Допуски											
свыше до	нижн. верхн.	Отклонения (диаметр вала)											
		Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)											
мм	мкм	Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)											
500	630	-50	0	+29 +78 +68	0 0 +10	+44 +94 +81	0 0 +13	+55 +104 +94	+26 +26 +36	+70 +120 +107	+26 +26 +39	+73 +122 +112	+44 +44 +54
630	800	-75	0	+32 +107 +95	0 0 +12	+50 +125 +108	0 0 +17	+62 +137 +125	+30 +30 +42	+80 +155 +138	+30 +30 +47	+82 +157 +145	+50 +50 +62
800	1 000	-100	0	+36 +136 +122	0 0 +14	+56 +156 +136	0 0 +20	+70 +170 +156	+34 +34 +48	+90 +190 +170	+34 +34 +54	+92 +192 +178	+56 +56 +70
1 000	1 250	-125	0	+42 +167 +150	0 0 +17	+66 +191 +167	0 0 +24	+82 +207 +190	+40 +40 +57	+106 +231 +207	+40 +40 +64	+108 +233 +216	+66 +66 +83
1 250	1 600	-160	0	+50 +210 +189	0 0 +21	+78 +238 +208	0 0 +30	+98 +258 +237	+48 +48 +69	+126 +286 +256	+48 +48 +78	+128 +288 +267	+78 +78 +99
1 600	2 000	-200	0	+60 +260 +235	0 0 +25	+92 +292 +257	0 0 +35	+118 +318 +293	+58 +58 +83	+150 +350 +315	+58 +58 +93	+152 +352 +327	+92 +92 +117

Применение подшипников

Таблица 7е

Допуски валов и результатирующие посадки

Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dmp}	Отклонение диаметра вала, результатирующие посадки											
		Допуски											
		p6	r6	p7	r6	r7							
свыше		до		нижн.		верхн.		Отклонения (диаметр вала) Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-) Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)					
мм	мкм			мкм									
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

Таблица 7е

Допуски валов и результирующие посадки

Вал Номинальный диаметр d	Подшипник Допуски диаметра отверстия Δ_{dimp}	Отклонение диаметра вала, результирующие посадки											
		Допуски		p6		p6		p7		r6			
		Отклонения (диаметр вала)											
свыше	до	нижн.	верхн.										
мм		мкм		мкм		мкм		мкм		мкм			
450	500	-45	0	+80 +125 +113	+40 +40 +52	+108 +153 +141	+68 +68 +80	+131 +176 +161	+68 +68 +83	+172 +217 +205	+132 +132 +144	+195 +240 +225	+132 +132 +147
500	560	-50	0	+88 +138 +125	+44 +44 +57	+122 +172 +159	+78 +78 +91	+148 +198 +182	+78 +78 +94	+194 +244 +231	+150 +150 +163	+220 +270 +254	+150 +150 +166
560	630	-50	0	+88 +138 +125	+44 +44 +57	+122 +172 +159	+78 +78 +91	+148 +198 +182	+78 +78 +94	+199 +249 +236	+155 +155 +168	+225 +275 +259	+155 +155 +171
630	710	-75	0	+100 +175 +158	+50 +50 +67	+138 +213 +196	+88 +88 +105	+168 +243 +221	+88 +88 +110	+225 +300 +283	+175 +175 +192	+255 +330 +308	+175 +175 +197
710	800	-75	0	+100 +175 +158	+50 +50 +67	+138 +213 +196	+88 +88 +105	+168 +243 +221	+88 +88 +110	+235 +310 +293	+185 +185 +202	+265 +340 +318	+185 +185 +207
800	900	-100	0	+112 +212 +192	+56 +56 +76	+156 +256 +236	+100 +100 +120	+190 +290 +263	+100 +100 +127	+266 +366 +346	+210 +210 +230	+300 +400 +373	+210 +210 +237
900	1 000	-100	0	+112 +212 +192	+56 +56 +76	+156 +256 +236	+100 +100 +120	+190 +290 +263	+100 +100 +127	+276 +376 +356	+220 +220 +240	+310 +410 +383	+220 +220 +247
1 000	1 120	-125	0	+132 +257 +233	+66 +66 +90	+186 +311 +287	+120 +120 +144	+225 +350 +317	+120 +120 +153	+316 +441 +417	+250 +250 +274	+355 +480 +447	+250 +250 +283
1 120	1 250	-125	0	+132 +257 +233	+66 +66 +90	+186 +311 +287	+120 +120 +144	+225 +350 +317	+120 +120 +153	+326 +451 +427	+260 +260 +284	+365 +490 +457	+260 +260 +293
1 250	1 400	-160	0	+156 +316 +286	+78 +78 +108	+218 +378 +348	+140 +140 +170	+265 +425 +385	+140 +140 +180	+378 +538 +508	+300 +300 +330	+425 +585 +545	+300 +300 +340
1 400	1 600	-160	0	+156 +316 +286	+78 +78 +108	+218 +378 +348	+140 +140 +170	+265 +425 +385	+140 +140 +180	+408 +568 +538	+330 +330 +360	+455 +615 +575	+330 +330 +370
1 600	1 800	-200	0	+184 +384 +349	+92 +92 +127	+262 +462 +427	+170 +170 +205	+320 +520 +470	+170 +170 +220	+462 +662 +627	+370 +720 +405	+520 +720 +670	+370 +370 +420
1 800	2 000	-200	0	+184 +384 +349	+92 +92 +127	+262 +462 +427	+170 +170 +205	+320 +520 +470	+170 +170 +220	+492 +692 +657	+400 +400 +435	+550 +750 +700	+400 +400 +450

Применение подшипников

Таблица 8а

Допуски корпусов и результатирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результатирующие посадки											
		Допуски											
		F7	G6	G7	H5	H6							
D	ΔD_{mp}	Отклонения (диаметр отверстия корпуса)	Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)	Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)									
свыше	до	верхн.	нижн.										
6	10	0	-8	+13 -13 -16	+28 -36 -33	+5 -5 -7	+14 -22 -20	+5 -5 -8	+20 -28 -25	0 0 -2	+6 -14 -12	0 0 -2	+9 -17 -15
10	18	0	-8	+16 -16 -19	+34 -42 -39	+6 -6 -8	+17 -25 -23	+6 -6 -9	+24 -32 -29	0 0 -2	+8 -16 -14	0 0 -2	+11 -19 -17
18	30	0	-9	+20 -20 -23	+41 -50 -47	+7 -7 -10	+20 -29 -26	+7 -7 -10	+28 -37 -34	0 0 -2	+9 -18 -16	0 0 -3	+13 -22 -19
30	50	0	-11	+25 -25 -29	+50 -61 -57	+9 -9 -12	+25 -36 -33	+9 -9 -13	+34 -45 -41	0 0 -3	+11 -22 -19	0 0 -3	+16 -27 -24
50	80	0	-13	+30 -30 -35	+60 -73 -68	+10 -10 -14	+29 -42 -38	+10 -10 -15	+40 -53 -48	0 0 -3	+13 -26 -23	0 0 -4	+19 -32 -28
80	120	0	-15	+36 -36 -41	+71 -86 -81	+12 -12 -17	+34 -49 -44	+12 -12 -17	+47 -62 -57	0 0 -4	+15 -30 -26	0 0 -5	+22 -37 -32
120	150	0	-18	+43 -43 -50	+83 -101 -94	+14 -14 -20	+39 -57 -51	+14 -14 -21	+54 -72 -65	0 0 -5	+18 -36 -31	0 0 -6	+25 -43 -37
150	180	0	-25	+43 -43 -51	+83 -108 -100	+14 -14 -21	+39 -64 -57	+14 -14 -22	+54 -79 -71	0 0 -6	+18 -43 -37	0 0 -7	+25 -50 -43
180	250	0	-30	+50 -50 -60	+96 -126 -116	+15 -15 -23	+44 -74 -66	+15 -15 -25	+61 -91 -81	0 0 -6	+20 -50 -44	0 0 -8	+29 -59 -51
250	315	0	-35	+56 -56 -68	+108 -143 -131	+17 -17 -26	+49 -84 -75	+17 -17 -29	+69 -104 -92	0 0 -8	+23 -58 -50	0 0 -9	+32 -67 -58
315	400	0	-40	+62 -62 -75	+119 -159 -146	+18 -18 -29	+54 -94 -83	+18 -18 -31	+75 -115 -102	0 0 -8	+25 -65 -57	0 0 -11	+36 -76 -65
400	500	0	-45	+68 -68 -83	+131 -176 -161	+20 -20 -32	+60 -105 -93	+20 -20 -35	+83 -128 -113	0 0 -9	+27 -72 -63	0 0 -12	+40 -85 -73
500	630	0	-50	+76 -76 -92	+146 -196 -180	+22 -22 -35	+66 -116 -103	+22 -22 -38	+92 -142 -126	0 0 -10	+28 -78 -68	0 0 -13	+44 -94 -81

Таблица 8а

Допуски корпусов и результирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результирующие посадки											
		Допуски											
		F7	G6	G7	H5	H6							
D	ΔD_{mp}	Отклонения (диаметр отверстия корпуса)	Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)	Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)									
свыше	до	верхн.	нижн.										
мм		мкм		мкм									
630	800	0	-75	+80 -80 -102	+160 -235 -213	+24 -24 -41	+74 -149 -132	+24 -24 -46	+104 -179 -157	0 0 -12	+32 -107 -95	0 0 -17	+50 -125 -108
800	1 000	0	-100	+86 -86 -113	+176 -276 -249	+26 -26 -46	+82 -182 -162	+26 -26 -53	+116 -216 -189	0 0 -14	+36 -136 -122	0 0 -20	+56 -156 -136
1 000	1 250	0	-125	+98 -98 -131	+203 -328 -295	+28 -28 -52	+94 -219 -195	+28 -28 -61	+133 -258 -225	0 0 -17	+42 -167 -150	0 0 -24	+66 -191 -167
1 250	1 600	0	-160	+110 -110 -150	+235 -395 -355	+30 -30 -60	+108 -268 -238	+30 -30 -70	+155 -315 -275	0 0 -21	+50 -210 -189	0 0 -30	+78 -238 -208
1 600	2 000	0	-200	+120 -120 -170	+270 -470 -420	+32 -32 -67	+124 -324 -289	+32 -32 -82	+182 -382 -332	0 0 -25	+60 -260 -235	0 0 -35	+92 -292 -257
2 000	2 500	0	-250	+130 -130 -189	+305 -555 -496	+34 -34 -77	+144 -394 -351	+34 -34 -93	+209 -459 -400	0 0 -30	+70 -320 -290	0 0 -43	+110 -360 -317

Применение подшипников

Таблица 8в

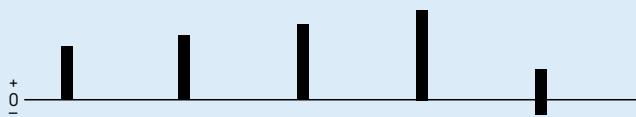
Допуски корпусов и результатирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение ΔD_{mp}	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результатирующие посадки									
		Допуски									
		H7	H8	H9	H10		J6				
свыше	до	верхн.	нижн.		Отклонения (диаметр отверстия корпуса)	Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)	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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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	0 -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 - -	0 -104 -19 -141 -21 -204 -22 -308 - -				

Таблица 8б

Допуски корпусов и результирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение ΔD_{mp}	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результирующие посадки									
		Допуски									
		H7	H8	H9	H10		J6				
свыше	до	верхн.	нижн.		Отклонения (диаметр отверстия корпуса)	Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)	Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)				
мм		мкм		мкм							
630	800	0	-75		0 +80 0 +125 0 +200 0 +320 - -	0 -155 0 -200 0 -275 0 -395 -	0 -22 -133 -27 -173 -30 -245 -33 -362 -	- -	- -	- -	- -
800	1 000	0	-100		0 +90 0 +140 0 +230 0 +360 - -	0 -190 0 -240 0 -330 0 -460 -	0 -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 -	0 -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 -	0 -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 -	0 -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 -	0 -59 -366 -77 -453 -91 -599 -103 -847 -	- -	- -	- -	- -

Применение подшипников

Таблица 8с

Допуски корпусов и результатирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр D	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение ΔD_{mp}	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результатирующие посадки														
		Допуски		J7			JS5			JS6			J57		K5	
		свыше	до	верхн.	нижн.		Отклонения (диаметр отверстия корпуса)			Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)			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	-	-

Таблица 8с

Допуски корпусов и результирующие посадки

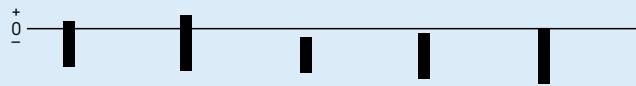


Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результирующие посадки									
		Допуски		J7	JS5	JS6	J57		K5		
		D ΔD_{mp}	Отклонения (диаметр отверстия корпуса)	Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)	Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)						
мм	мкм	мкм									
630	800	0	-75	-	-16	+16	-25	+25	-40	+40	-
				-	+16	-91	+25	-100	+40	-115	-
				-	+4	-79	+8	-83	+18	-93	-
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	-

Применение подшипников

Таблица 8d

Допуски корпусов и результатирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результатирующие посадки														
		Допуски														
		D		ΔD_{mp}		K6		K7		M5		M6		M7		
свыше		до		верхн.		нижн.		Отклонения (диаметр отверстия корпуса)			Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)					
мм		мкм		мкм				Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)								
6	10	0	-8			+7	+2	-10	+5	-10	-4	-12	-3	-15 0		
				+5	-8	+7	-10	+10	-13	+10	-4	+12	-5	+15 -8		
10	18	0	-8			+9	+2	-12	+6	-12	-4	-15	-4	-18 0		
				+7	-8	+9	-10	+12	-14	+12	-4	+15	-4	+18 -8		
18	30	0	-9			+11	+2	-15	+6	-14	-4	-17	-4	-21 0		
				+11	-11	+15	-11	+15	-14	+14	-4	+17	-5	+21 -9		
		+8	-8	+12	-12	+12	-12	+12	-11	+10	-2	+14	-2	+18 -6		
30	50	0	-11			+13	+3	-18	+7	-16	-5	-20	-4	-25 0		
				+13	-14	+18	-14	+18	-18	+16	-6	+20	-7	+25 -11		
		+10	-11	+14	-14	+14	-14	+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	-17	+21	-22	+19	-7	+24	-8	+30 -13		
		+11	-13	+16	-17	+16	-17	+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	-19	+25	-25	+23	-7	+28	-9	+35 -15		
		+13	-14	+20	-20	+20	-20	+20	-19	+19	-3	+23	-4	+30 -10		
120	150	0	-18			+21	+4	-28	+12	-27	-9	-33	-8	-40 0		
				+21	-22	+28	-22	+28	-30	+27	-9	+33	-10	+40 -18		
		+15	-16	+21	-23	+21	-23	+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	+28	-37	+27	-16	+33	-17	+40 -25		
		+14	-22	+20	-29	+20	-29	+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	+33	-43	+31	-19	+37	-22	+46 -30		
		+16	-27	+23	-33	+23	-33	+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	-51	+36	-22	+41	-26	+52 -35		
		+18	-31	+24	-39	+24	-39	+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	+40	-57	+39	-26	+46	-30	+57 -40		
		+18	-36	+27	-44	+27	-44	+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	+45	-63	+43	-29	+50	-35	+63 -45		
		+20	-41	+30	-48	+30	-48	+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	-50	-	-	+70	-24	+96 -24		
		+31	-37	+54	-34	+54	-34	+54	-34	-	-	+57	-11	+80 -8		

Таблица 8d

Допуски корпусов и результирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение ΔD_{mp}	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результирующие посадки											
		Допуски											
		K6	K7	M5	M6	M7							
свыше	до	верхн.	нижн.				Отклонения (диаметр отверстия корпуса)	Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)	Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)				
мм				мкм			мкм						
630	800	0	-75	-50 +50 +33	0 -75 -58	-80 +80 +58	0 -75 -53	-75 -75 -	-75 -75 -	-80 +80 +63	-30 -45 -28	-110 +110 +88	-30 -45 -23
800	1 000	0	-100	-56 +56 +36	0 -100 -80	-90 +90 +63	0 -100 -73	-100 -100 -	-100 -100 -	-90 +90 +70	-34 -66 -46	-124 +124 +97	-34 -66 -39
1 000	1 250	0	-125	-66 +66 +42	0 -125 -101	-105 +105 +72	0 -125 -92	-125 -125 -	-125 -125 -	-106 +106 +82	-40 -85 -61	-145 +145 +112	-40 -85 -52
1 250	1 600	0	-160	-78 +78 +48	0 -160 -130	-125 +125 +85	0 -160 -120	-125 -160 -	-125 -112 -	-126 +126 +96	-48 -112 -82	-173 +173 +133	-48 -112 -72
1 600	2 000	0	-200	-92 +92 +57	0 -200 -165	-150 +150 +100	0 -200 -150	-150 -200 -	-150 -112 -	-158 +150 +115	-58 -142 -107	-208 +208 +158	-58 -142 -92
2 000	2 500	0	-250	-110 +110 +67	0 -250 -207	-175 +175 +116	0 -250 -191	-175 -250 -	-175 -182 -	-178 +178 +135	-68 -182 -139	-243 +243 +184	-68 -182 -123

Применение подшипников

Таблица 8е

Допуски корпусов и результатирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение ΔD_{mp}	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результатирующие посадки											
		Допуски		N6		N7		P6		P7			
		свыше	до	верхн.	нижн.	Отклонения (диаметр отверстия корпуса)		Теоретическая величина натяга (+)/зазор (-)		Вероятная величина натяга (+)/зазор (-)			
мм	мкм	мкм											
6	10	0	-8			-16 +16 +14	-7 -1 +1	-19 +19 +16	-4 -4 -1	-21 +21 +19	-12 +4 +6	-24 +24 +21	-9 +1 +4
10	18	0	-8			-20 +20 +18	-9 +1 +3	-23 +23 +20	-5 -3 0	-26 +26 +24	-15 +7 +9	-29 +29 +26	-11 +3 +6
18	30	0	-9			-24 +24 +21	-11 +2 +5	-28 +28 +25	-7 -2 +1	-31 +31 +28	-18 +9 +12	-35 +35 +32	-14 +5 +8
30	50	0	-11			-28 +28 +25	-12 +1 +4	-33 +33 +29	-8 -3 +1	-37 +37 +34	-21 +10 +13	-42 +42 +38	-17 +6 +10
50	80	0	-13			-33 +33 +29	-14 +1 +5	-39 +39 +34	-9 -4 +1	-45 +45 +41	-26 +13 +17	-51 +51 +46	-21 +8 +13
80	120	0	-15			-38 +38 +33	-16 +1 +6	-45 +45 +40	-10 -5 0	-52 +52 +47	-30 +15 +20	-59 +59 +54	-24 +9 +14
120	150	0	-18			-45 +45 +39	-20 +2 +8	-52 +52 +45	-12 -6 +1	-61 +61 +55	-36 +18 +24	-68 +68 +61	-28 +10 +17
150	180	0	-25			-45 +45 +38	-20 -5 +2	-52 +52 +44	-12 -13 -5	-61 +61 +54	-36 +11 +18	-68 +68 +60	-28 +3 +11
180	250	0	-30			-51 +51 +43	-22 -8 0	-60 +60 +50	-14 -16 -6	-70 +70 +62	-41 +11 +19	-79 +79 +69	-33 +3 +13
250	315	0	-35			-57 +57 +48	-25 -10 -1	-66 +66 +54	-14 -21 -9	-79 +79 +70	-47 +12 +21	-88 +88 +76	-36 +1 +13
315	400	0	-40			-62 +62 +51	-26 -14 -3	-73 +73 +60	-16 -24 -11	-87 +87 +76	-51 +11 +22	-98 +98 +85	-41 +1 +14
400	500	0	-45			-67 +67 +55	-27 -18 -6	-80 +80 +65	-17 -28 -13	-95 +95 +83	-55 +10 +22	-108 +108 +93	-45 0 +15
500	630	0	-50			-88 +88 +75	-44 -6 +7	-114 +114 +98	-44 -6 -10	-122 +122 +109	-78 +28 +41	-148 +148 +132	-78 +28 +44

Таблица 8е

Допуски корпусов и результирующие посадки



Корпус Номинальный диаметр	Подшипник Допуск на наружный диаметр. отклонение ΔD_{mp}	Отклонения диаметра отверстия в корпусе, результирующие посадки										
		Допуски		N6		N7		P6		P7		
		свыше	до	верхн.	нижн.	Отклонения (диаметр отверстия корпуса)		Теоретическая величина натяга (+)/зазора (-)		Вероятная величина натяга (+)/зазора (-)		
мм												
630	800	0	-75		-100 +100 +83	-50 -25 -8	-130 +130 +108	-50 -25 -3	-138 +138 +121	-88 +13 +30	-168 +168 +146	-88 +13 +35
800	1 000	0	-100		-112 +112 +92	-56 -44 -24	-146 +146 +119	-56 -44 -17	-156 +156 +136	-100 0 +20	-190 +190 +163	-100 0 +27
1 000	1 250	0	-125		-132 +132 +108	-66 -59 -35	-171 +171 +138	-66 -59 -26	-186 +186 +162	-120 -5 +19	-225 +225 +192	-120 -5 +28
1 250	1 600	0	-160		-156 +156 +126	-78 -82 -52	-203 +203 +163	-78 -82 -42	-218 +218 +188	-140 -20 +10	-265 +265 +225	-140 -20 +20
1 600	2 000	0	-200		-184 +184 +149	-92 -108 -73	-242 +242 +192	-92 -108 -58	-262 +262 +227	-170 -30 +5	-320 +320 +270	-170 -30 +20
2 000	2 500	0	-250		-220 +220 +177	-110 -140 -97	-285 +285 +226	-110 -140 -81	-305 +305 +262	-195 -55 -12	-370 +370 +311	-195 -55 +4

Точность размеров, формы и взаимного расположения посадочных мест подшипников

Точность цилиндрических посадочных мест на валах и в корпусах, а также посадочных мест под тугие и свободные кольца упорных подшипников и опорных поверхностей (опоры подшипников, обеспечиваемые заплечиками вала, корпуса и т.д.) должны соответствовать классу точности используемых подшипников. Ниже приводятся ориентировочные величины допусков размеров, формы и взаимного расположения, которых следует придерживаться при механической обработке посадочных мест и опор подшипников.

Допуски на размеры

Для подшипников нормального класса точность размеров цилиндрических посадочных мест на валах должна соответствовать по крайней мере 6 квалитету, а в корпусах – по крайней мере 7 квалитету. При использовании закрепительных или стяжных втулок допускается использовать более широкие допуски на диаметр (квалитеты 9 или 10) посадочных мест подшипников (**→ таблица 9**). Числовые величины стандартных квалитетов IT согласно ISO 286-1:1988 приведены в **таблице 10**. Для прецизионных подшипников должны применяться соответственно более высокие квалитеты.

Допуски цилиндричности

В зависимости от предъявляемых требований допуски цилиндричности, регламентированные стандартом ISO 1101-1983, должны быть на один-два квалитета выше, чем заданные допуски размеров. Например, если посадочное место подшипника на валу обрабатывалось с допуском на диаметр t_6 , то допуски формы должны соответствовать квалитету IT5 или IT4. Величину допуска цилиндричности t_1 получают для предполагаемого диаметра вала 150 мм из $t_1 = IT5/2 = 18/2 = 9 \text{ мкм}$. Однако, величина допуска t_1 соответствует радиусу, следовательно, величина $2 \times t_1$ будет применима к диаметру вала. В **таблице 11, стр. 196**, приводятся ориентировочные величины допусков цилиндричности формы и биения для различных классов точности подшипников.

Если подшипники монтируются на закрепительную или стяжную втулку, цилиндричность посадочного места втулки должна соответствовать IT5/2 (для $h9$) или IT7/2 (для $h10$) (**→ таблица 9**).

Допуски перпендикулярности

Допуски перпендикулярности опорных поверхностей колец подшипников согласно стандарту ISO 1101:1983 должны быть по крайней мере на один квалитет выше по сравнению с допусками диаметра сопряженного цилиндрического посадочного места. Допуски перпендикулярности посадочных мест под свободные кольца упорных подшипников не должны превышать величины IT5. Ориентировочные величины допусков перпендикулярности и общие допуски биения приведены в **таблице 11, стр. 196**.

Таблица 9

Допуски валов для подшипников, установленных на втулках

Диаметр вала		Допуски по диаметру и форме							
d Номинальный свыше до	мм	h9		IT5 ¹⁾		h10		IT7 ¹⁾	
		вверх.	нижн.	макс.		вверх.	нижн.	макс.	
10	18	0	-43	8	0	-70	18		
18	30	0	-52	9	0	-84	21		
30	50	0	-62	11	0	-100	25		
50	80	0	-74	13	0	-120	30		
80	120	0	-87	15	0	-140	35		
120	180	0	-100	18	0	-160	40		
180	250	0	-115	20	0	-185	46		
250	315	0	-130	23	0	-210	52		
315	400	0	-140	25	0	-230	57		
400	500	0	-155	27	0	-250	63		
500	630	0	-175	32	0	-280	70		
630	800	0	-200	36	0	-320	80		
800	1 000	0	-230	40	0	-360	90		
1 000	1 250	0	-260	47	0	-420	105		

¹⁾ Рекомендации действительны для IT5/2 или IT7/2, т.к. зона допусков представляет собой радиус, однако в вышеуказанной таблице величины относятся к номинальному диаметру вала и поэтому не делятся на два

Таблица 10

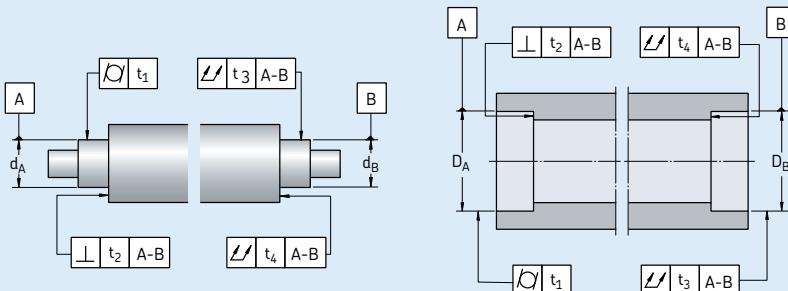
Квалитеты допусков ISO на размеры (длина, ширина, диаметр и т.д.)

Номинальный размер свыше до		Квалитеты		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12
		макс.													
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		

Применение подшипников

Таблица 11

Допуски на отклонения от формы и взаимного расположения посадочных мест подшипников на валах и в корпусах



Поверхность Характеристика	Условное обознач. характери- стики	зона допуска	Допустимые отклонения
Цилиндрические посадочные места			Класс допуска подшипников ¹⁾ норм., CLN
Цилиндричность		t ₁	IT5/2
Общее радиальное биение		t ₃	IT5/2
Плоская опора			P6
Прямоугольность		t ₂	IT5
Общее осевое биение		t ₄	IT5
			IT4/2
			IT3/2
			IT3
			IT2
			P5

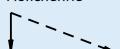
Цилиндрические посадочные места

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

Прямоугольность		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⁾ Для получения информации по подшипникам, имеющим более высокий класс точности (P4 и т.д.), просим обратиться к каталогу SKF «Прецизионные подшипники»

Допуски посадочных мест конических шеек

При монтаже подшипника непосредственно на коническое посадочное место на валу допуски диаметра посадочного места могут быть шире, чем в случае цилиндрических посадочных мест. На **рис. 18** показаны величины допуска на диаметр квалитета 9, при этом оговоренные допуски формы остаются такими же, как и для цилиндрического посадочного места. SKF рекомендует использовать следующие допуски для конических посадочных мест на валах для подшипников:

- Допуски конусности при механической обработке конических посадочных мест должны составлять $\pm IT7/2$ с учетом ширины подшипника. Эта величина определяется по формуле, приведенной на (**→ рис. 18**), где

$$D_k = IT7/2 \cdot B$$

Допустимая величина отклонения угла конуса равна

$$V_k = 1/k \pm IT7/2 \cdot B$$

где

V_k = допуск угла конуса

Δ_k = допустимое отклонение угла конуса

k = конусность:

12 для конусности 1:12

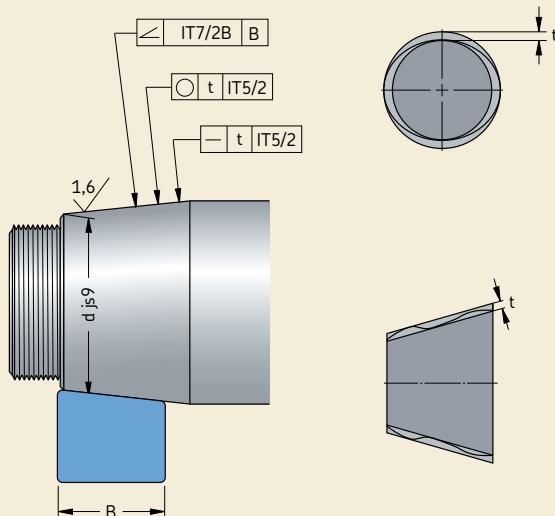
30 для конусности 1:30

B = ширина подшипника

$IT7$ = величина допуска, определенная по ширине подшипника, мм

- Допуски прямолинейности в осевых сечениях должны соответствовать $IT5/2$ с учетом диаметра d и подпадать под определение: «в каждом осевом сечении допуск прямолинейности ограничивается двумя параллельными линиями, находящимися на расстоянии « t » друг от друга».
- Допуски круглости в радиальных сечениях должны соответствовать $IT5/2$ с учетом диаметра d и подпадать под определение «в каждом радиальном сечении допуск круглости ограничен двумя концентрическими кругами, находящимися на расстоянии « t » друг от друга». В тех случаях, когда оговариваются особо жесткие требования к точности вращения, вместо вышеуказанных квалитетов необходимо использовать $IT4/2$.

Рис. 18



Оптимальный способ контроля конических посадочных мест – при помощи специального приспособления, оборудованного индикатором часового типа. Более практичный, но менее точный способ состоит в использовании кольцевых калибров, специальных конусных калибров или синусной линейки.

Шероховатость поверхности посадочных мест подшипников

Шероховатость поверхности посадочных мест не оказывает столь важного влияния на рабочие характеристики подшипников, как соблюдение заданных допусков размеров, форм и взаимного расположения. Однако требуемая величина натяга при посадке будет тем точнее, чем меньше будет шероховатость сопряженных поверхностей. Для менее критичных подшипниковых узлов допускается сравнительно большая шероховатость поверхностей.

Для тех подшипниковых узлов, к допускам которых предъявляются повышенные требования, ориентировочные величины средней шероховатости поверхности Ra приведены в табл. 12 для различных классов допусков размеров посадочных мест подшипников. Эти рекомендации применимы по отношению к шлифованным посадочным местам, что обычно подразумевается, когда речь идет о посадочных местах на валах.

Дорожки качения на валах и в корпусах

Для полной реализации грузоподъемности подшипников дорожки качения, выполняемые на сопряженных деталях цилиндрических роликоподшипников, имеющих только одно кольцо, и комплектах цилиндрических упорных роликов с сепаратором, должны иметь твердость HRC 58–64.

Шероховатость поверхности должна составлять $R_a \leq 0,2$ мкм или $R_z \leq 1$ мкм. При менее жестких требованиях к подшипниковым узлам твердость и шероховатость поверхностей соответственно могут быть ниже и выше.

Допуски круглости и цилиндричности не должны превышать 25 и 50 % соответственно от допуска на диаметр дорожки качения.

Допустимые величины осевого биения дорожек качения на валах и в корпусах для комплектов упорных комплектов роликов с сепараторами аналогичны этим же величинам

для вала и свободных колец упорных подшипников, приведенным в табл. 10, стр. 132.

Материалы, пригодные для изготовления посадочных мест, включают стали сквозной прокаливаемости, например, сталь марки 100Cr6 согласно ISO 683-17:1999, цементируемые стали, например, сталь марки 20Cr3 или 17MnCr5 согласно ISO 683-17:1999, а также стали с индукционной поверхностной закалкой.

Рекомендуемая глубина закаленного слоя дорожек качения, выполняемых на сопряженных деталях, зависит от различных факторов, включая соотношение нагрузки и динамической и статической грузоподъемности (P/C and P_0/C_0 соответственно), а также твердость сердцевины деталей; данный вопрос с трудом поддается обобщению. Например, для условий, при которых чисто статическая нагрузка равна статической грузоподъемности подшипника, при твердости сердцевины HV 350, рекомендуемая глубина закаленного слоя составляет порядка 0,1 от диаметра тел качения. При работе подшипника в условиях динамических нагрузок допускается меньшая глубина закаленного слоя. За дополнительной информацией просим обращаться в техническую службу SKF.

Таблица 12

Рекомендуемые величины шероховатости поверхности посадочных мест подшипников				
Диаметр посадочных мест $d (D)^1$ свыше до	Рекомендуемая величина Ra для шлифованных посадочных мест (номера классов шероховатости поверхности)			IT5
	Допуски на диаметр	IT7	IT6	
—	80	1,6 (N7)	0,8 (N6)	0,4 (N5)
80	500	1,6 (N7)	1,6 (N7)	0,8 (N6)
500	1 250	3,2 (N8) ²⁾	1,6 (N7)	1,6 (N7)

¹⁾ При использовании монтажа с гидрораспором величина Ra должна быть не более 1,6 мкм
²⁾ Для диаметров > 1 250 мм обратитесь за консультацией в техническую службу SKF

Осевая фиксация подшипников

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

Оба кольца фиксирующего подшипника должны иметь двухстороннюю осевую фиксацию. Однако, в случае с нефиксирующими подшипниками неразъемной конструкции, осевую фиксацию имеет только кольцо с более плотной посадкой – обычно это внутреннее кольцо; другое кольцо должно свободно перемещаться в осевом направлении относительно своего посадочного места, за исключением подшипников CARB, где должна быть обеспечена осевая фиксация обоих колец. Осевая фиксация колец подшипников с «перекрестной фиксацией» осуществляется только с одной стороны.

Для плавающих подшипников, имеющих разъемную конструкцию, например, цилиндрических роликоподшипников, должна быть обеспечена осевая фиксация обоих колец.

Способы фиксации

Подшипники с цилиндрическим отверстием

При посадке колец подшипников с натягом они обычно монтируются таким образом, чтобы одна сторона кольца упиралась в заплечик вала или в корпуса (**→ рис. 19**). С другой сто-

Рис. 20

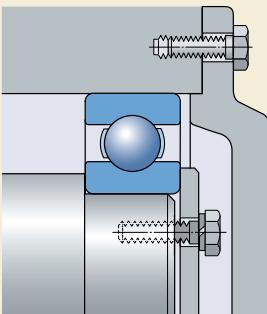


Рис. 21

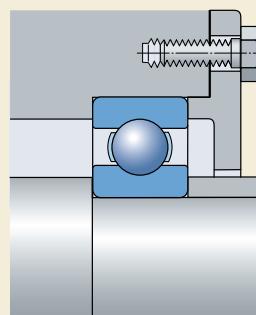


Рис. 22

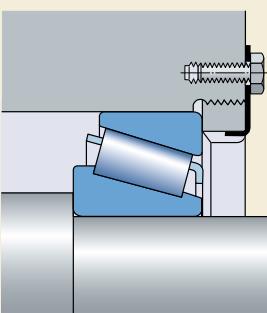
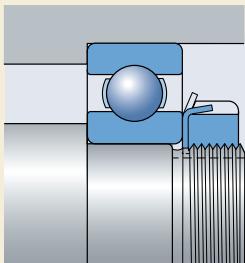


Рис. 19



Применение подшипников

роны внутренние кольца, как правило, фиксируются стопорными гайками, как показано в разделе «Стопорные гайки» на стр. 1007, например, типа KM + MB (→ рис. 19), или концевыми шайбами (→ рис. 20), закрепляемыми на торце вала. Наружные кольца, как правило, удерживаются при помощи торцовой крышки корпуса (→ рис. 21), а в особых случаях – при помощи резьбового кольца (→ рис. 22).

Вместо цельных заплечиков на валу или в корпусе зачастую удобнее использовать распорные втулки или кольца, устанавливаемые между кольцами подшипников или между кольцом подшипника и сопряженной деталью, например, шестерней (→ рис. 23).

Использование стопорных пружинных колец для осевой фиксации подшипников качения позволяет сэкономить место, ускоряет монтаж и демонтаж и упрощает механическую обработку валов и корпусов. Если ожидаются средние или высокие осевые нагрузки, то между кольцом подшипника и стопорным пружинным кольцом следует установить упорное кольцо для того, чтобы на пружинное кольцо не действовали слишком большие изгибающие моменты (→ рис. 24). При необходимости величина осевого зазора между стопорным пружинным кольцом и его канавкой может быть уменьшена путем выбора соответствующих допусков для упорного кольца либо путем установки регулировочных прокладок. Подшипники с канавкой под стопорное кольцо в наружном кольце (→ рис. 23) могут закрепляться очень простым и компактным способом – при помощи стопорного пружин-

ного кольца (→ раздел «Радиальные шарикоподшипники» на стр. 287).

Другие способы осевой фиксации, особенно подходящие для прецизионных подшипниковых узлов, предполагают использование прессовых посадок, например, в форме ступенчатых втулок. Более подробную информацию можно найти в каталоге SKF «Прецизионные подшипники».

Рис. 23

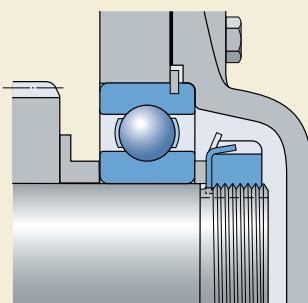


Рис. 24

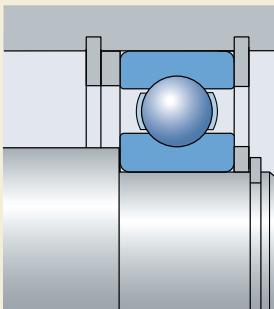
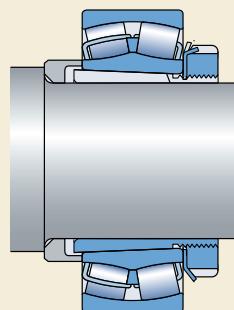


Рис. 26



Подшипники с коническим отверстием

Подшипники с коническим отверстием, устанавливаемые непосредственно на конической шейке вала, обычно удерживаются на валу при помощи стопорной гайки или стопорной гайки на разъемном кольце с наружной резьбой, устанавливаемой в канавку вала (**→ рис. 25**).

При использовании закрепительной втулки на ступенчатом валу стопорная гайка фиксирует положение подшипника относительно втулки, при этом между заплечиком вала и внутренним кольцом подшипника с другой стороны вставляется распорная втулка (**→ рис. 26**). При использовании гладких валов, не имеющих цельных заплечиков (**→ рис. 27**), осевая грузоподъемность подшипника определяется силой трения между валом и втулкой, см. разделы

- «Самоустанавливающиеся шарикоподшипники», **стр. 478** и
- «Сферические роликоподшипники», **стр. 708**.

Если подшипники устанавливаются на стяжной втулке, то внутреннее кольцо должно иметь опору, в качестве которой может использоваться, например, распорное кольцо, нередко объединенное, например, с лабиринтным кольцом. Осевая фиксация самой стяжной втулки осуществляется при помощи концевой шайбы или стопорной гайки (**→ рис. 28**).

Рис. 27



Рис. 25

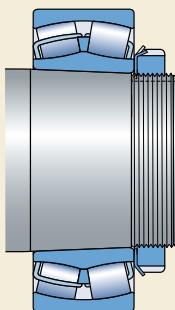
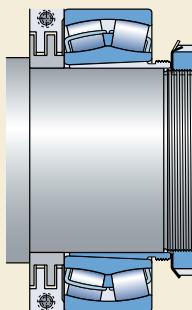


Рис. 28



Размеры опор и галтелей

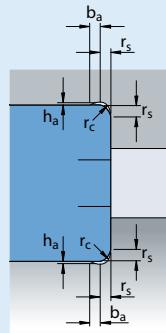
Размеры деталей, сопряженных с подшипником (заплечики вала и корпуса, распорные втулки и т.д.), должны обеспечивать достаточную опору кольцам подшипника, но не касаться его вращающихся частей и не допускать соприкосновения вращающихся частей с неподвижными деталями. Соответствующие размеры опор и переходных галтелей для каждого типо-размера подшипника приведены в таблицах подшипников.

Там, где посадочное место подшипника переходит в заплечик вала или корпуса, галтель может иметь форму простой кривой, размеры g_a и r_b которой приведены в таблицах подшипников, или быть затылованной в форме выточки. В **табл. 13** приводятся размеры соответствующих затылованных галтелей.

Чем больше радиус галтели (для кривой плавной формы), тем благоприятнее распределение напряжений в зоне галтели вала. Поэтому для тяжело нагруженных 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 этого кольца, обращенный к заплечику вала, должен быть затылован таким образом, чтобы он не касался галтели вала (→ **рис. 29**).

Таблица 13

Переходные галтели



Размер фаски подшипника r_s	Размеры галтели		
	b_a	h_a	r_c
мм	мм	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

Рис. 29

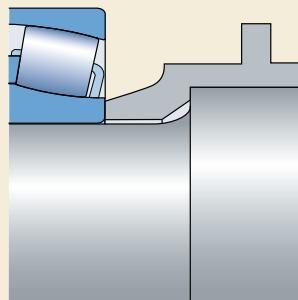
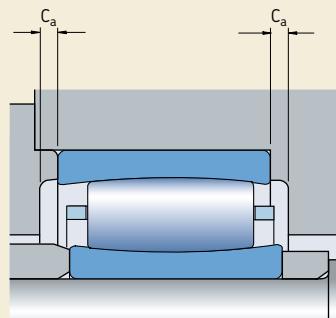


Рис. 30



ТорOIDАЛЬНЫЕ РОЛИКОПОДШИПНИКИ CARB

Подшипники CARB способны компенсировать осевое смещение вала внутри подшипника.

Чтобы обеспечить возможность такого осевого смещения вала относительно корпуса, необходимо убедиться в наличии свободного пространства с обеих сторон подшипника (\rightarrow рис. 30).

Дополнительную информацию можно найти в разделе «Торoidalные роликоподшипники CARB», начиная со стр. 779.

Конструирование сопряженных деталей

На стадии проектирования подшипниковых узлов, особенно, когда речь идет о крупногабаритных подшипниках, зачастую необходимо предусмотреть саму возможность монтажа и демонтажа подшипника. Если, например, в заплечиках вала или корпуса предусмотреть пазы или вырезы, то это позволит использовать съемный инструмент (→ **рис. 31**). Резьбовые отверстия в заплечиках вала также будут способствовать использованию винтов для смещения подшипника с его посадочного места (→ **рис. 32**).

Если в процессе монтажа подшипников на конических посадочных места и демонтажа с цилиндрических посадочных мест предполагается использовать метод гидрораспора, необходимо обеспечить наличие каналов и канавок на валу (→ **рис. 33**). Расстояние от маслораспределительной канавки до боковой плоскости подшипника со стороны монтажа или демонтажа должна составлять примерно одну треть от ширины посадочного места. Рекомендуемые размеры соответствующих канавок, каналов и резьбовых отверстий для присоединения подающих маслопроводов можно найти в **таблица 14 и 15**.

Рис. 31

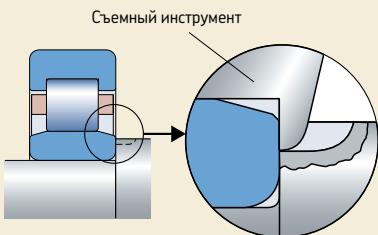


Рис. 32

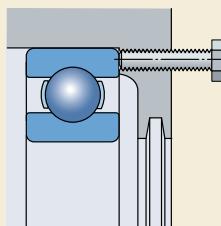


Рис. 33

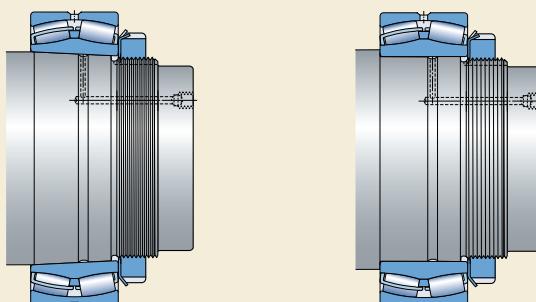
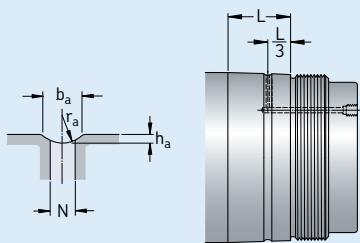


Таблица 14

Рекомендуемые размеры масляных каналов и канавок

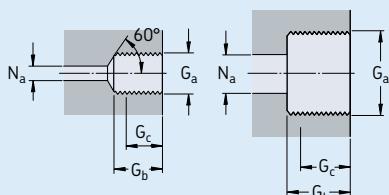


Диаметр посадочного места свыше до	Размеры			
	b _a	h _a	r _a	N
ММ	ММ			
100	100	3	0,5	2,5
150	150	4	0,8	3
150	200	4	0,8	3
200	250	5	1	4
250	300	5	1	4
300	400	6	1,25	4,5
400	500	7	1,5	5
500	650	8	1,5	6
650	800	10	2	7
800	1 000	12	2,5	8

L = ширина посадочного места подшипника

Таблица 15

Тип и рекомендуемые размеры резьбовых отверстий для подсоединения маслопроводов



Тип А

Тип В

Резьба G _a	Тип	Размеры		
		G _b	G _c ¹⁾ макс.	N _a
—	—	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

Предварительный натяг подшипников

В зависимости от технических требований может возникнуть необходимость создания положительного или отрицательного рабочего зазора в подшипниковом узле. В большинстве случаев рабочий зазор должен быть положительным, т.е. при работе подшипник должен иметь остаточный зазор, пусть даже очень небольшой (→ раздел «Внутренний зазор в подшипнике», стр. 137).

Однако, существует много примеров – подшипники шпиндельных узлов станков, опор шестерен мостов автомобилей, подшипниковые узлы малых электрических двигателей или подшипниковые узлы для колебательных движений – где отрицательный рабочий зазор, т.е. предварительный натяг (далее – преднатяг) требуется для увеличения жесткости подшипникового узла или повышения точности его вращения. Создание преднатяга, к примеру, при помощи пружин также рекомендуется в тех случаях, когда подшипники врачаются при очень малых нагрузках с высокими скоростями. В таких случаях преднатяг служит для обеспечения минимальной нагрузки на подшипник и предотвращения повреждения подшипника в результате проскальзывания тел качения (→ раздел «Требуемая минимальная нагрузка» на стр. 75).

Рис. 34

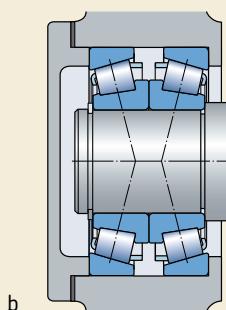
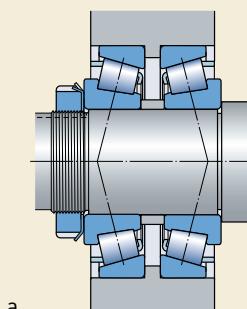
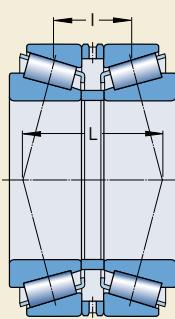
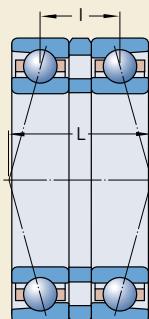


Рис. 35



Типы преднатяга

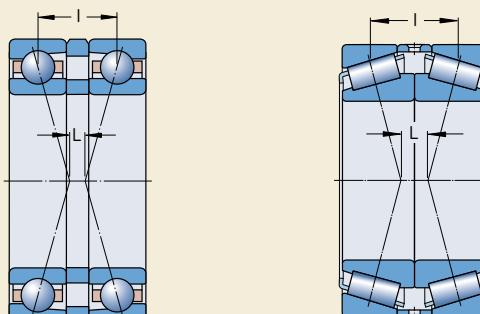
В зависимости от типа подшипника преднатяг может быть радиальным или осевым. Например, цилиндрические роликоподшипники, в силу своей конструкции, могут иметь только радиальный преднатяг, а упорные шарикоподшипники и цилиндрические упорные роликоподшипники – только осевой преднатяг. Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники и конические роликоподшипники (→ рис. 34), которые обычно подвергаются осевому преднатягу, как правило, монтируются совместно со вторым однотипным подшипником по О-образной (а) или Х-образной (б) схеме. Радиальные шарикоподшипники также, как правило, монтируются с осевым преднатягом, для чего радиальный внутренний зазор этих подшипников должен превышать нормальный радиальный внутренний зазор (например, C3), для того, чтобы, как и в случае с радиально-упорными шарикоподшипниками, угол контакта был несколько больше нуля.

Расстояние L между центрами давления конических роликоподшипников и радиально-упорных шарикоподшипников будет больше расстояния между центрами подшипников I при установке эти подшипников по О-образной (→ рис. 35), и меньше при их установке по Х-образной (→ рис. 36) схеме. Это означает, что подшипники, установленные по О-образной схеме, способны компенсировать большие опрокидывающие моменты даже в том случае, когда расстояние между центрами подшипников сравнительно невелико. Радиальные силы, возникающие под воздействием моментной

нагрузки, и деформация, вызываемая ими в подшипниках, будут меньше, чем в случае расположения подшипников по Х-образной схеме.

Если в процессе работы нагрев вала будет превышать нагрев корпуса, величина преднатяга, отрегулированная (установленная) в процессе монтажа при температуре окружающей среды, увеличится, причем такое увеличение будет больше при расположении подшипников по О-образной, чем по Х-образной схеме. В обоих случаях тепловое расширение в радиальном направлении является причиной уменьшения зазора или увеличения преднатяга. Эта тенденция увеличивается при тепловом расширении в осевом направлении, когда подшипники расположены по О-образной схеме, но уменьшается при расположении по Х-образной. Только для подшипников, спаренных по О-образной схеме: при заданном расстоянии между подшипниками и равных коэффициентах теплового расширения подшипников и сопряженных деталей тепловое расширение в осевом и радиальном направлении нейтрализуют друг друга, и величина преднатяга остается неизменной.

Рис. 36



Эффект преднатяга подшипников

Основной эффект преднатяга подшипников заключается в следующем:

- увеличивается жесткость узла
- уменьшается уровень шума при работе подшипника
- увеличивается точность вращения вала
- компенсируются процессы износа и смятия деталей в процессе эксплуатации
- увеличивается срок службы подшипника.

Высокая жесткость

Жесткость подшипника (в Н/мкм) определяется как отношение силы, действующей на подшипник, к упругой деформации в подшипнике.

Упругие деформации под воздействием нагрузки у подшипника с преднатягом будут меньше, чем у подшипников, не имеющих преднатяга.

Малошумность

Чем меньше рабочий зазор в подшипнике, тем лучше направление тел качения в ненагруженной зоне и меньше уровень шума при работе подшипника.

Точность вращения вала

Подшипники, установленные с преднатягом, обеспечивают более точное направление вала, т.к. преднатяг ограничивает изгиб вала под действием нагрузки. Например, более точное направление вала и повышенная жесткость установленных с преднатягом подшипников ведущих шестерен и дифференциалов означает, что зацепление шестерен будет точным и неизменным, а дополнительные динамические силы будут минимальными. В результате работа зубчатой передачи будет малошумной и срок ее службы увеличится.

Компенсация износа и усадки

В процессе износа и пластического смятия сопряженных деталей зазор в подшипниковом узле увеличивается; это увеличение, однако, можно компенсировать при помощи преднатяга.

Увеличение срока службы

В определенных случаях преднатяг подшипниковых узлов позволяет повысить их эксплуатационную надежность и продлить срок службы. Правильно рассчитанная величина преднатяга оказывает благоприятное влияние на распределение нагрузки в подшипниках и, следова-

тельно, увеличивает их срок службы (→ раздел «Поддержание правильной величины преднатяга» на стр. 216).

Определение силы преднатяга

Преднатяг может выражаться в виде силы или расстояния, хотя основным техническим параметром является усилие преднатяга. В зависимости от способа регулировки предварительный натяг косвенно влияет на момент трения в подшипнике.

Эмпирические величины оптимальных сил предварительного натяга можно получить из апробированных конструкций, технические характеристики которых используются при разработке подобных конструкций. Для новых конструкций SKF рекомендует производить расчет силы преднатяга и проверять точность таких расчетов посредством испытаний. Поскольку, как правило, не все факторы, влияющие на реальные условия эксплуатации, бывают точно известны, на практике могут потребоваться поправки и уточнения. Надежность расчетов, прежде всего, зависит от того, насколько точно прогнозируемый температурный режим работы и упругое поведение сопряженных деталей и, самое главное, корпуса соответствуют реальным условиям эксплуатации.

При определении величины предварительного натяга прежде всего нужно рассчитать силу преднатяга, требуемую для обеспечения оптимального сочетания жесткости, срока службы и эксплуатационной надежности подшипника. Затем рассчитывается сила преднатяга, прикладываемая при монтаже подшипника. В процессе монтажа сохраняется обычная температура окружающей среды, а подшипники не подвергаются рабочей нагрузке.

Величина преднатяга при нормальной рабочей температуре зависит от нагрузки на подшипник. Радиально-упорные шарикоподшипники или конические роликоподшипники способны воспринимать радиальные и осевые нагрузки, действующие одновременно. Под воздействием радиальной нагрузки в подшипнике возникает сила, действующая в осевом направлении, которая, как правило, должна восприниматься вторым «зеркально» расположенным подшипником. Чисто радиальное смещение одного кольца подшипника относительно другого будет означать, что половина окружности подшипника (то есть половина тел качения)

находится под нагрузкой, а осевая сила, возникающая в подшипнике, будет равна:

$$F_a = R F_r \text{ для однорядных радиально-упорных шарикоподшипников или}$$

$$F_a = 0,5 F_r / Y \text{ для однорядных конических роликоподшипников,}$$

где F_r – радиальная нагрузка на подшипник (**→ рис. 37**).

Величина переменной R с учетом характера контакта внутри радиально-упорных шарикоподшипников определяется согласно указаниям, приведенным в разделе "Определение осевой силы для отдельно устанавливаемых или сдвоенных подшипников" начиная со **стр. 415**.

Величины коэффициента осевой нагрузки Y для конических роликоподшипников представлены в таблицах подшипников.

Если одиночный подшипник подвергается радиальной нагрузке F_r , то для реализации грузоподъемности этого подшипника к нему должна быть приложена внешняя осевая сила F_a вышеуказанной величины. Если приложенная внешняя сила будет меньше, количество тел качения, несущих эту нагрузку, будет меньше, и грузоподъемность подшипника соответственно уменьшится.

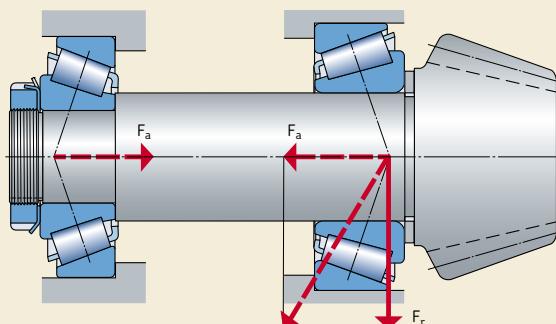
В подшипниковом узле, состоящем из двух радиально-упорных подшипников или двух конических роликоподшипников, установленных по О-образной или X-образной схеме, каждый из подшипников должен воспринимать осевые силы попеременно. Если оба подшипника одинаковы, радиальная нагрузка

действует в центре между подшипниками и подшипниковый узел отрегулирован на нулевой зазор, то распределение нагрузки, при котором половина тел качения находится под нагрузкой, происходит автоматически. При других вариантах, особенно при наличии внешней осевой нагрузки, может возникнуть необходимость преднатяга подшипников для компенсации зазора, возникающего в результате упругой деформации подшипника, с учетом осевой нагрузки и достижения более благоприятного ее распределения в другом подшипнике, который осевую нагрузку не несет.

Преднатяг также увеличивает жесткость подшипникового узла. Принимая решение относительно жесткости подшипникового узла, следует помнить, что на нее оказывает влияние не только упругость подшипников, но и упругость вала и корпуса, а также тип посадки колец подшипников, равно как и упругие деформации всех прочих деталей, находящихся в поле действия сил, включая опоры. Все эти факторы в значительной степени определяют общую упругость системы вала. Осевая и радиальная упругость подшипника зависит от его внутренней конструкции, т.е. от условий контакта (точечного или линейного), количества и диаметра тел качения и величины угла контакта. Чем больше угол контакта, тем больше осевая жесткость подшипника.

Если в первом приближенном значении предположить линейную зависимость упругости от нагрузки, т.е. постоянный коэффициент жесткости подшипника, то сравнение показывает, что осевое смещение в подшипниковом узле,

Рис. 37



Применение подшипников

имеющим преднатяг, будет меньше, чем в подшипниковом узле, не имеющем преднатяга, при одной и той же внешней осевой силе K_a (\rightarrow **диаграмма 2**). Например, подшипниковый узел ведущей шестерни состоит из двух конических роликоподшипников А и В разного размера, имеющих константы жесткости C_A и C_B , и подвергается воздействию силы преднатяга F_0 . Если осевая сила K_a действует на подшипник А, подшипник В будет ненагружен и дополнительная нагрузка, действующая на подшипник А, и осевое смещение вала шестерни будет меньше, чем у подшипника, не имеющего преднатяга. Однако, если внешняя осевая сила превышает величину

$$K_a = F_0 \left(1 + \frac{C_A}{C_B} \right),$$

то подшипник В будет освобожден от действия осевой силы преднатяга, и величина осевого смещения под воздействием дополнительной нагрузки будет такой же, что и у подшипникового узла без преднатяга, т.е. будет определяться исключительно константой жесткости подшипника А. Таким образом, чтобы предотвратить полное разгружение подшипника В, когда на подшипник А действует нагрузка K_a , требуется создать преднатяг следующей величины:

$$F_0 = K_a \frac{C_B}{C_A + C_B}$$

Характер сил и упругих перемещений, происходящих в подшипниковом узле, установленном с преднатягом, а также влияние изменения величины силы преднатяга проще всего определить по диаграмме «сила преднатяга/ путь преднатяга» (\rightarrow **диаграмма 3**). Эта диаграмма состоит из кривых жесткости деталей, подвергающихся преднатягу относительно друг друга, и позволяет выяснить следующее:

- отношение между силой преднатяга и путем преднатяга в пределах подшипникового узла, имеющего преднатяг
- отношение между внешней осевой силой K_a и нагрузкой на подшипник для подшипникового узла, имеющего преднатяг, а также упругой деформацией, вызываемой воздействием внешней силы.

На **диаграмме 3**, все детали, которые подвергаются воздействию дополнительной нагрузки за счет действия рабочих сил, представлены кривыми, восходящими слева направо, а все ненагруженные детали – кривыми, восходящими справа налево. Кривые 1, 2 и 3 соответствуют различным силам преднатяга ($F_{01}, F_{02} < F_0$ и $F_{03} = 0$). Пунктирными линиями отмечены силы, относящиеся к самому подшипнику, а сплошными – те, что относятся к положению подшипника в целом (подшипник с сопряженными деталями).

При помощи **диаграммы 3** можно, например, объяснить соотношения сил, возникающие в подшипниковом узле ведущей шестерни (\rightarrow **рис. 39, стр. 213**), где преднатяг создается посредством регулировки подшипника А относительно подшипника В через вал и корпус. Внешняя осевая сила K_a (осевая составляющая сил на зубьях передачи) накладывается на силу преднатяга (кривая 1) таким образом, что подшипник А подвергается действию дополнительной нагрузки, в то время как подшипник В разгружен. Нагрузка, действующая в месте расположения подшипника А, обозначается F_{aA} , а в месте расположения подшипника В – F_{aB} .

Под влиянием силы K_a вал ведущей шестерни смещается по оси на величину δ_{a1} . Меньшая по величине сила преднатяга F_{02} (кривая 2) выбрана таким образом, что подшипник В полностью разгружается осевой силой K_a , т.е. $F_{aB} = 0$ и $F_{aA} = K_a$. В этом случае вал ведущей шестерни смещается на величину $\delta_{a2} > \delta_{a1}$. Если узел не имеет преднатяга (кривая 3), то величина осевого смещения вала ведущей шестерни будет наибольшей ($\delta_{a3} > \delta_{a2}$).

Диаграмма 2

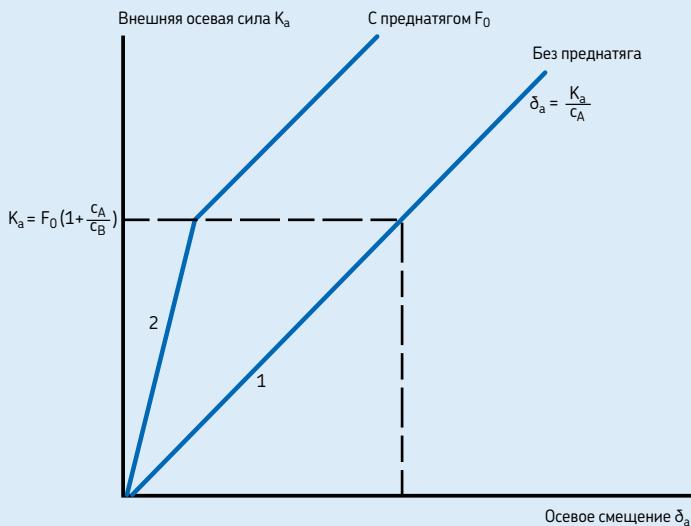
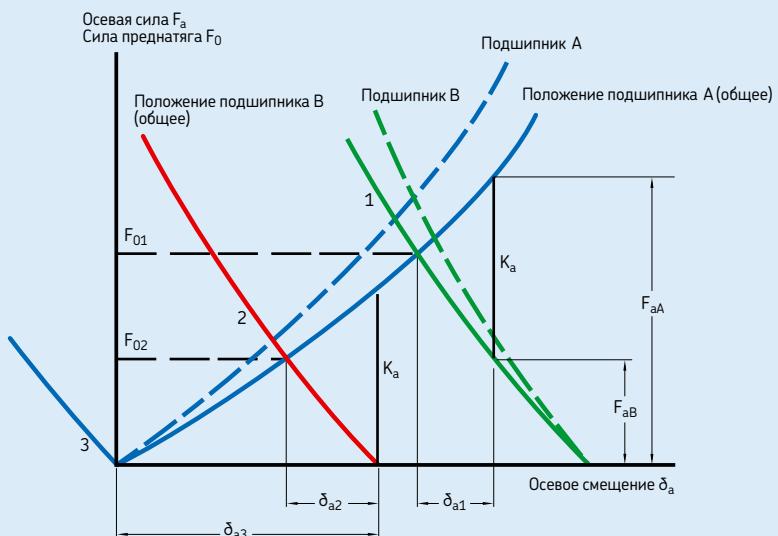


Диаграмма 3



Методика регулировки

Регулировка – это установка заданных величин внутреннего зазора подшипника (→ раздел «Монтаж», начиная со стр. 261) или преднатяга подшипникового узла.

Радиальный преднатяг, который обычно применяется в роликоподшипниках с цилиндрическими роликами, двухрядных радиально-упорных шарикоподшипниках и иногда в радиальных шарикоподшипниках, например, достигается путем создания достаточной степени натяга одного или обоих колец подшипника для уменьшения начального внутреннего зазора подшипника до нуля. При этом в процессе работы зазор становится отрицательным, т.е. появляется преднатяг.

Подшипники с коническим отверстием особенно подходят для создания радиального преднатяга, т.к. путем перемещения подшипника вдоль его конической посадочной поверхности степень преднатяга может быть установлена в узких пределах.

Оевой преднатяг однорядных радиально-упорных шарикоподшипников, конических роликоподшипников, а также радиальных шарикоподшипников создается путем осевого смещения одного из колец подшипника относительно другого на расстояние, соответствующее требуемой силе преднатяга. Существуют две основные группы методик регулировки, в основе которых лежат различные принципы: индивидуальная регулировка и групповая регулировка.

Индивидуальная регулировка

При индивидуальной регулировке каждый подшипниковый узел регулируется отдельно при помощи гаек, регулировочных прокладок, распорных втулок, деформируемых втулок и т.д. Методика измерения и проверки обеспечивает высокую точность установки заданной名义ной силы преднатяга с наименьшими возможными отклонениями. Существуют разные методы в зависимости от количества измеряемых подшипников

- регулировка путем измерения расстояния преднатяга
- регулировка по моменту трения
- регулировка путем измерения прямого усилия.

Преимущество индивидуальной регулировки состоит в том, что отдельные детали узла могут изготавливаться по нормальным допускам, при этом величина требуемого преднатяга может быть установлена с достаточной степенью точности.

Регулировка путем контроля расстояния преднатяга

Этот метод регулировки часто используется в тех случаях, когда детали подшипникового узла предварительно собраны. Преднатяг, к примеру, подшипникового узла ведущей шестерни достигается путем установки

- промежуточных колец между наружными и внутренними кольцами двух подшипников (→ рис. 38)
- регулировочных прокладок между заплечиком корпуса и наружным кольцом подшипника или между крышкой и корпусом (→ рис. 39), крышкой в данном случае является фланцевый стакан
- распорного кольца между заплечиком вала и внутренним кольцом одного из подшипников (→ рис. 40) или между внутренними кольцами двух подшипников.

Рис. 38

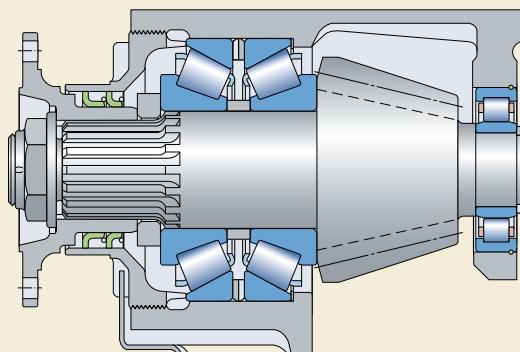


Рис. 39

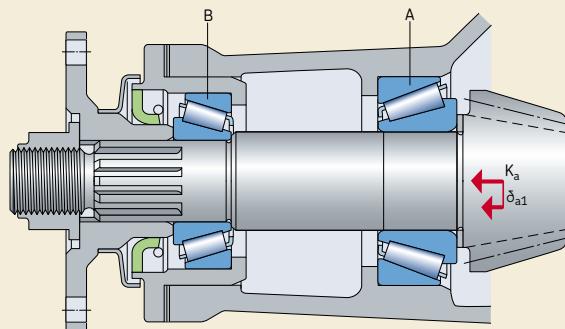
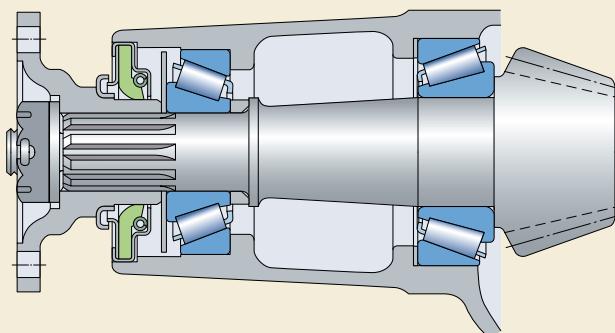


Рис. 40



Применение подшипников

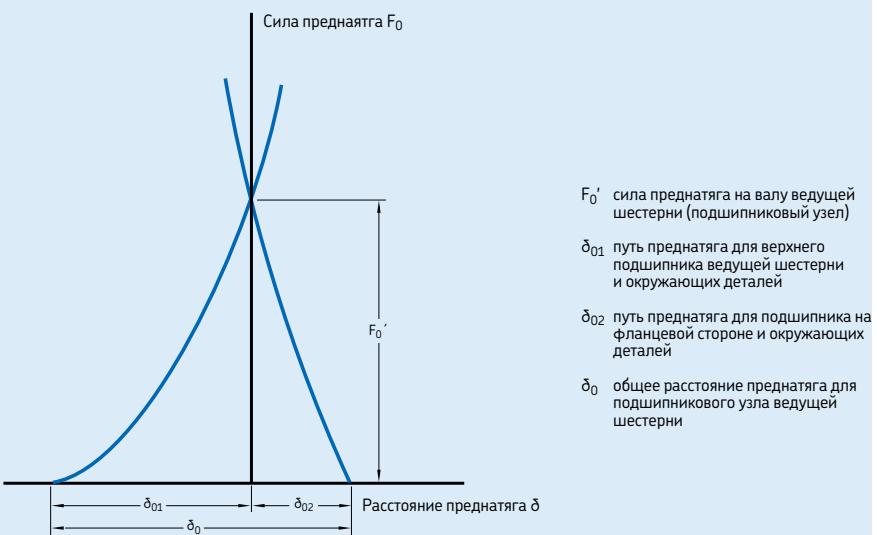
Ширина регулировочных прокладок, проста-
вочных или распорных колец определяется

- расстоянием между заплечиками вала
и корпуса
- общей шириной обоих подшипников
- расстоянием преднатяга (осевым смещением),
соответствующим требуемой силе пред-
натяга
- коэффициентом поправки расстояния
преднатяга, учитывающим тепловое
расширение в процессе работы
- производственными допусками,
устанавливаемыми путем замера всех
деталей в домонтиажном состоянии
- коэффициентом поправки, учитывающим
определенную потерю силы преднатяга
после определенного периода работы.

Этот метод регулировки основан на зависи-
мости силы преднатяга от упругих деформаций
внутри системы, имеющей преднатяг.

Требуемый преднатяг можно определить по
графику «сила преднатяга/расстояние
преднатяга» (\rightarrow **диаграмма 4**).

Диаграмма 4



Регулировка по моменту трения

Этот метод популярен в серийном производстве, т.к. требует малого времени и допускает значительную автоматизацию. Поскольку существует определенная зависимость между преднатягом подшипника и моментом трения в нем при постоянном контроле величины момента трения имеется возможность остановить процесс регулировки в тот момент, когда момент трения будет соответствовать требуемой степени преднатяга. Однако, следует помнить, что у разных подшипников может быть разный момент трения и что он также зависит от условий смазывания и скорости вращения.

Регулировка путем измерения прямого усилия

Поскольку целью регулировки подшипников является создание заданной степени преднатяга, логично использовать такой метод, который бы создавал прямое усилие преднатяга или позволял измерять такое прямое усилие. Однако, на практике предпочитают использовать косвенные методы регулировки преднатяга путем измерения его расстояния или по моменту трения, т.к. они проще и дешевле.

Групповая регулировка

Этот метод регулировки, который также можно назвать «среднестатистической регулировкой», предполагает изготовление подшипников, вала и корпуса, распорных колец или втулок и т.д. в обычных количествах и их сборку из обычных деталей; при этом все детали полностью взаимозаменяемы. В случае с коническими роликоподшипниками такая взаимозаменяемость также распространяется на узлы наружного и внутреннего кольца. Для того, чтобы сэкономить на производстве дорогостоящих подшипников и сопряженных деталей повышенной точности, делается допущение, что детали с предельными величинами допусков редко попадают в состав одного узла (статистическая оценка). Однако, если предполагается, что величина преднатяга должна иметь как можно меньший разброс, производственные допуски должны быть уменьшены. Преимущество групповой регулировки состоит в том, что в процессе монтажа подшипников не требуется никакой проверки и дополнительного оборудования.

Преднатяг при помощи пружин

Путем создания преднатяга подшипников небольших электродвигателей и аналогичных машин можно уменьшить уровень шума, возникающий при их работе. В этих случаях подшипниковый узел состоит из однорядного радиального шарикоподшипника, установленного на каждом конце вала. Простейшим способом создания преднатяга является применение пружин или «пакетов» пружин (\rightarrow рис. 41). Пружины действуют на наружное кольцо одного из двух подшипников; это наружное кольцо должно допускать осевое смещение. Сила преднатяга остается практически постоянной даже при осевом смещении подшипника в результате теплового расширения. Требуемую величину силы преднатяга можно ориентировочно рассчитать по формуле

$$F = k d$$

где

F = сила преднатяга, кН

k = коэффициент (см. ниже)

d = диаметр отверстия подшипника, мм

В зависимости от конструкции электродвигателя коэффициент « k » принимается равным величине от 0,005 до 0,01. Если преднатяг используется,

главным образом, для защиты подшипника от воздействия вибрации в неподвижном состоянии, величина предварительного натяга должна быть больше, а величина коэффициента « k » выбирается равной 0,02.

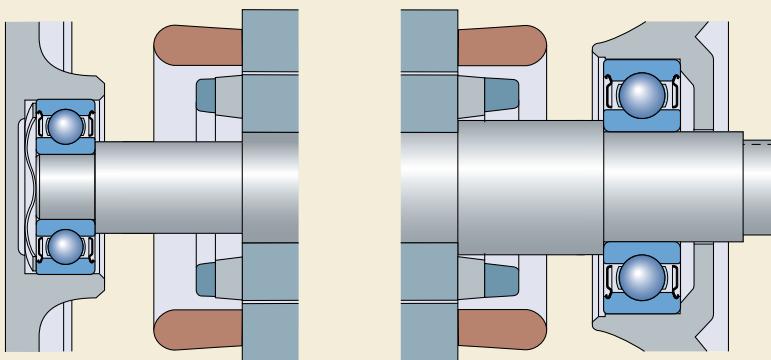
Метод нагружения пружинами также широко используется для создания преднатяга радиально-упорных подшипников шпиндельных узлов высокоскоростных шлифовальных станков. Однако этот метод непригоден для тех случаев, когда от подшипниковых узлов требуется высокая степень жесткости или когда меняется направление нагрузки или могут возникать случайные ударные нагрузки.

Поддержание правильного преднатяга

При выборе силы преднатяга подшипникового узла нужно помнить, что за счет превышения оптимальной величины преднатяга можно добиться лишь минимального увеличения жесткости. При этом одновременно происходит увеличение трения и, следовательно, тепловыделения, и в результате действия дополнительной постоянно действующей нагрузки резко сокращается срок жизни подшипника.

Диаграмма 5 показывает, в какой зависимости находится долговечность подшипника от

Рис. 41



величины преднатяга/зазора. Поскольку чрезмерное увеличение преднатяга связано с риском снижения эксплуатационной надежности подшипникового узла, а также в связи с тем, что определение надлежащей силы преднатяга, как правило, связано со сложными расчетами, по этим вопросам рекомендуется обращаться в техническую службу SKF.

При регулировке преднатяга подшипникового узла также важно, чтобы установленная величина преднатяга, определенная путем расчетов или из предыдущего опыта, имела как можно меньший разброс. Это означает, например, что в процессе регулировки подшипниковых узлов, состоящих из конических роликоподшипников, подшипники должны быть несколько раз прокручены для устранения перекоса роликов и для того, чтобы торцы роликов вошли в правильный контакт с направляющим бортом внутреннего кольца. Если этого не произойдет, то результаты, полученные в процессе осмотра или путем измерений, окажутся недостоверными, а окончательная величина преднатяга будет меньше требуемой величины.

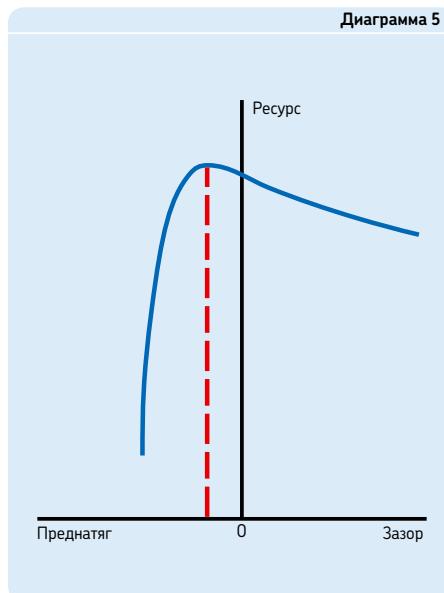
Подшипники для узлов с преднатягом

По требованию заказчика SKF может поставлять одиночные подшипники или комплекты согласованных подшипников, специально адаптированных для простой и надежной регулировки, или согласованных в процессе производства таким образом, чтобы обеспечить заданную величину преднатяга после монтажа. Среди них

- конические роликоподшипники, соответствующие спецификациям CL7C для ведущих валов и дифференциалов автомобилей (→ раздел «Однорядные конические роликоподшипники», начиная со стр. 605)
- однорядные радиально-упорные шарикоподшипники для комплектного монтажа (→ раздел «Однорядные радиально-упорные шарикоподшипники», начиная со стр. 409)
- спаренные однорядные конические роликоподшипники, например, для промышленных редукторов (→ раздел «Спаренные однорядные конические роликоподшипники», начиная со стр. 671)

- спаренные однорядные радиальные шарикоподшипники (→ раздел «Однорядные радиальные шарикоподшипники», начиная со стр. 289).

Диаграмма 5



Узлы уплотнений

Любой подшипниковый узел состоит не только из подшипников, но и из сопряженных деталей. Помимо валов и корпусов, к таким сопряженным деталям относятся уплотнения, от качества работы которых зависит чистота смазочного материала и общий срок службы подшипникового узла. Для конструктора это означает, что подшипник и уплотнение должны рассматриваться как комплексная система.

Среди уплотнений для подшипников качения различают встроенные уплотнения, выполненные заодно с подшипником, и уплотнения, которые устанавливаются отдельно от подшипника. Подшипники с уплотнениями обычно используются для узлов, где достаточно эффективное внешнее уплотнение не может быть обеспечено из-за нехватки места или по экономическим соображениям.

Типы уплотнений

Назначение уплотнения состоит в том, чтобы препятствовать проникновению любых загрязняющих веществ во внутреннюю среду подшипникового узла. Внешние уплотнения должны задерживать проникновение веществ между неподвижной и вращающейся поверхностью, например, корпуса и вала. Встроенные уплотнения подшипников должны обладать способностью как задерживать проникновение загрязняющих веществ внутрь подшипника, так и удерживать смазочный материал в полости подшипника.

Для эффективной работы уплотнение должно обладать достаточной податливостью, чтобы компенсировать любые неровности поверхности и при этом иметь достаточную прочность, чтобы выдерживать перепад рабочего давления. Материалы, используемые для изготовления уплотнений, также должны обладать работоспособностью в широком диапазоне рабочих температур и иметь достаточную устойчивость к химическому воздействию агрессивной среды.

Существует несколько типов уплотнений; например, стандарт DIN 3750 различает следующие несколько основных типов

- уплотнения, контактирующие с неподвижными поверхностями

Рис. 42

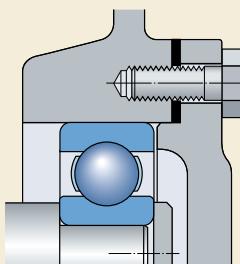


Рис. 43

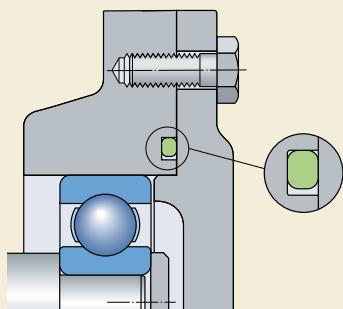
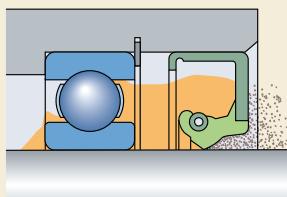


Рис. 44



- уплотнения, контактирующие со скользящими поверхностями
- бесконтактные уплотнения
- сильфонные и мембранные уплотнения.

Уплотнения, контактирующие с неподвижными поверхностями, известны как статические уплотнения. Эффективность их работы зависит от способности их поперечного сечения к радиальной или осевой деформации при монтаже. Типичными примерами статических уплотнений являются прокладки (**→ рис. 42**) и О-образные кольца (**→ рис. 43**).

Уплотнения, контактирующие со скользящими поверхностями, называются динамическими уплотнениями и используются для уплотнения зазоров между деталями машин, которые совершают относительно друг друга линейные или вращательные движения. Такие динамические уплотнения должны удерживать смазочный материал, исключать попадание загрязняющих веществ, разделять различные среды и выдерживать перепады давления. Существуют различные типы динамических уплотнений, включая сальниковые уплотнения и поршневые кольца, предназначенные для линейных или колебательных движений. Однако наиболее распространенным типом уплотнений является радиальное манжетное уплотнение вала (**→ рис. 44**), которое широко используется во всех отраслях промышленности.

Бесконтактные радиальные уплотнения для валов обеспечивают уплотняющий эффект за счет узкого и относительно длинного зазора, который может быть расположен в осевом,

радиальном или комбинированном направлении. Бесконтактные уплотнения, начиная с простых уплотнений щелевого типа и кончая многоступенчатыми лабиринтами (**→ рис. 45**), практически не имеют трения и не подвержены износу.

Сильфонные и мембранные уплотнения используются для уплотнения деталей, имеющих ограниченную свободу перемещения относительно друг друга.

Т.к. динамические уплотнения играют важную роль в обеспечении эффективного уплотнения подшипниковых узлов, приводимая ниже информация в основном касается радиальных уплотнений, их различных типов и вариантов исполнения.

Выбор типа уплотнения

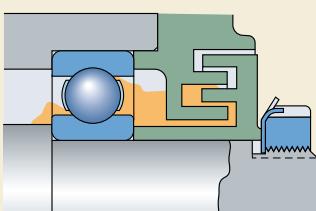
Уплотнения подшипниковых узлов должны иметь минимальное трение и минимальный износ, обеспечивая при этом максимальную защиту даже в самых тяжелых условиях работы. Т.к. качество работы подшипника и его срок службы тесно связаны с эффективностью уплотнения, влияние загрязняющих веществ на долговечность подшипника является одним из главных конструктивных факторов. За более подробной информацией о влиянии загрязнения на работу подшипника просим обратиться к разделу «Выбор размера подшипника», который начинается на **стр. 49**.

При выборе наиболее подходящего типа уплотнения для конкретного подшипникового узла необходимо учитывать целый ряд факторов, среди которых

- тип смазочного материала: масло или пластичная смазка
- окружная скорость на поверхности уплотнения
- расположение вала: горизонтальное или вертикальное
- возможность перекоса вала
- наличие свободного пространства
- трение в уплотнении и результирующее повышение температуры
- влияние окружающей среды
- стоимость.

Поскольку выбор правильного уплотнения имеет жизненно важное значение для работы подшипника, необходимо точно оговорить

Рис. 45



Применение подшипников

технические требования, предъявляемые к уплотнениям, а также точно определить внешние условия.

При наличии полных технических спецификаций можно обратиться к следующим изданиям SKF

- Каталог «Промышленные уплотнения валов»
- Справочник «Рекомендации по конструированию узлов уплотнений» или
- «Интерактивный инженерный каталог SKF» на интернет-сайте www.skf.com.

В случае нехватки или отсутствия опыта в выборе уплотнений для конкретного подшипникового узла SKF – крупнейший производитель уплотнений – может оказать содействие в процессе выбора или предложить готовый вариант подходящих изделий.

Для подшипников качения, как правило, используется два типа внешних уплотнений: контактные и бесконтактные. Выбор типа уплотнения зависит от конкретных требований, предъявляемых к подшипниковому узлу.

Бесконтактные уплотнения

Эффективность внешних бесконтактных уплотнений зависит от уплотняющего действия узкого зазора между вращающимся и неподвижными деталями. Этот зазор может быть расположен в радиальном, осевом или радиально-осевом направлении (**→ рис. 46**). Такие уплотнения могут иметь простую щелевую конструкцию или более сложную конструкцию лабиринтного типа. Как в первом, так и во втором случае

контакт в уплотнениях отсутствует, поэтому в них практически нет трения и они не подвержены износу. Как правило, бесконтактные уплотнения не подвержены воздействию твердых частиц загрязняющих веществ и особенно пригодны для высоких скоростей вращения и высоких температур. Повысить эффективность уплотнения можно путем закачки пластичной смазки в зазоры, образуемые лабиринтом.

Контактные уплотнения

Эффективность контактного уплотнения зависит от способности этого уплотнения создавать минимальное давление на сопряженной поверхности благодаря сравнительно узкой кромке или поверхности уплотнения. Такое давление (**→ рис. 47**) может создаваться за счет

- упругости, вызываемой свойствами материала уплотнения (a)
- расчетного натяга между поверхностью уплотнения и его сопряженной поверхностью (b) или
- радиальной силы, создаваемой внутренней пружиной уплотнения (c).

В целом контактные уплотнения очень надежны, особенно если их износ поддерживается на минимальном уровне за счет соответствующей обработки сопряженной поверхности и смазывания кромки уплотнения/сопряженной поверхности. Трение уплотнения по сопряженной поверхности, сопровождаемое нагревом, является недостатком; поэтому контактные уплотнения могут применяться только до определенных

Рис. 46

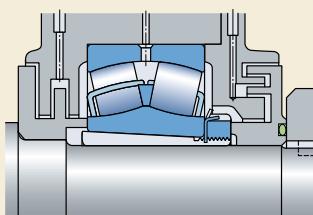


Рис. 47

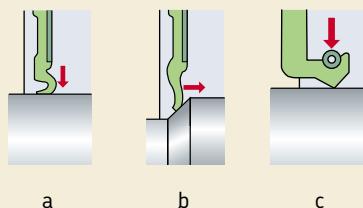


Рис. 48

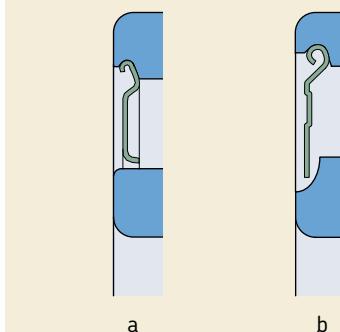
окружных скоростей в зависимости, главным образом, от типа уплотнения и шероховатости сопряженной поверхности. Контактные уплотнения также подвержены механическим повреждениям, например, в результате неправильного монтажа или воздействия твердых загрязняющих частиц. Для защиты контактного уплотнения от повреждения твердыми частицами перед ним возможна установка бесконтактного уплотнения.

Встроенные уплотнения подшипников

SKF поставляет широкий спектр подшипников, снабженных защитными шайбами или контактными уплотнениями с одной или с обеих сторон, которые во многих случаях являются экономичным и компактным решением для подшипникового узла. Подшипники с защитными шайбами или уплотнениями на обеих сторонах поставляются уже заполненными пластичной смазкой и, как правило, не требуют технического обслуживания. Конструкции используемых уплотнений подробно описаны во вступительном тексте разделов, посвященных соответствующим типам подшипников.

Подшипники с защитными шайбами

Подшипники с защитными шайбами (→ рис. 48) используются для узлов, работающих в условиях средней загрязненности, где отсутствует опасность воздействия воды, пара и т.д. на подшипник. Защитные шайбы также используются в тех случаях, когда важно снизить трение по скоростным или температурным соображениям.



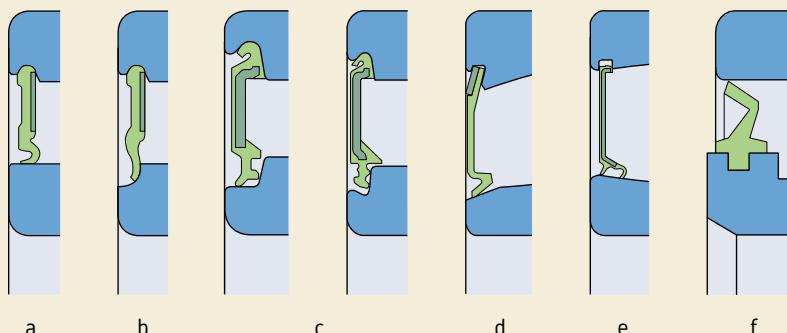
Защитные шайбы изготавливаются из стали и образуют

- относительно длинную горизонтальную кромку уплотнения с фаской заплечика внутреннего кольца (а) или
- эффективное лабиринтное уплотнение в комбинации с выточкой внутреннего кольца (б).

Подшипники с контактными уплотнениями

Подшипники с контактными уплотнениями, именуемые для краткости «уплотнения», предпочтительны для узлов, работающих в условиях средней загрязненности, где нельзя исключить вероятность присутствия влаги или водяных брызг или требуется долгий срок службы без технического обслуживания.

Рис. 49



Применение подшипников

Компанией SKF разработана серия уплотнений (**→ рис. 49**). В зависимости от типоразмера подшипники могут быть снабжены стандартными уплотнениями, кромки которых сопрягаются:

- с поверхностью внутреннего кольца (a) и/или с поверхностью выточки на внутреннем кольце (b, c) или
- с фасками на внутреннем (d, e) или наружном кольце (f).

Для радиальных шарикоподшипников компанией SKF разработаны следующие два дополнительных типа уплотнений (**→ рис. 50**):

- уплотнение малого трения (a, b, c), которое практически является бесконтактным и совмещает повышенные требования к уплотнению при малом трении
- манжетное уплотнение вала Waveseal® (d), установленное на одну из боковых плоскостей подшипника и образующее подшипниковый узел с уплотнением типа ICOS.

Встроенные уплотнения подшипников обычно производятся из эластомерных материалов, армированных листовой сталью. В зависимости от серии, размера и предъявляемых требований уплотнения изготавливаются из:

- бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR)
- гидрированного бутадиенакрилнитрильного каучука (HNBR)
- фторэластомера (FKM)
- полиуретана (AU).

Выбор соответствующего материала уплотнения зависит от предполагаемой рабочей температуры и используемого смазочного материала. Допустимые рабочие температуры приведены в разделе «Материалы уплотнений», начиная со стр. 142.

Рис. 50

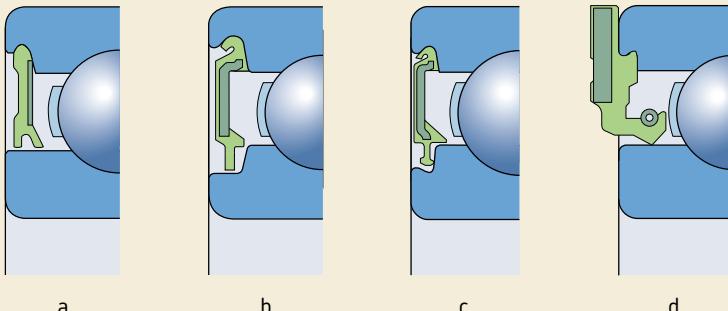


Рис. 51

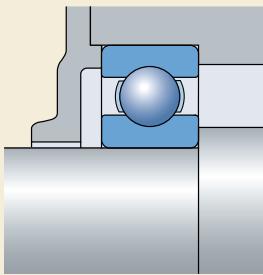


Рис. 52

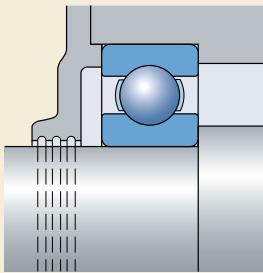
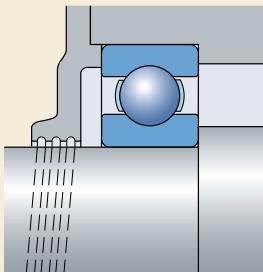


Рис. 53



Внешние уплотнения

Для тех случаев, когда эффективное уплотнение подшипникового узла важнее, чем соображения экономии пространства и стоимости, существует выбор из нескольких возможных вариантов.

Настоящий раздел специально посвящен описанию внешних уплотнений, предлагаемых компанией SKF. Многие готовые к монтажу типы внешних уплотнений имеются в коммерческой продаже. Информация по уплотнениям, не входящим в ассортимент поставок SKF, должна рассматриваться только в качестве ознакомительной. SKF не несет ответственности за качество работы изделий, выпускаемых другими поставщиками. Прежде чем включать какое-либо уплотнение в конструкцию подшипникового узла, наведите справки об этом изделии у его поставщика.

Бесконтактные уплотнения

Самым простым внешним уплотнением является щелевое уплотнение, образующее узкую щель между поверхностью вала и корпуса (**→ рис. 51**). Такое уплотнение является достаточным для подшипников, смазываемых пластичной смазкой и работающих в условиях сухой и незагрязненной среды. Эффективность этого уплотнения можно повысить, если выточить одну или несколько концентрических канавок в отверстии корпуса на выходе вала (**→ рис. 52**). Пластичная смазка, проникающая через щель, заполняет канавки и помогает предотвратить проникновение загрязняющих веществ.

Если применяется смазывание маслом и вал расположен горизонтально, то на валу или в отверстии корпуса можно проточить спиральные канавки – правого или левого направления в зависимости от направления вращения вала (**→ рис. 53**). Эти канавки служат для возврата вытекающего масла в полость подшипника. При этом важно, чтобы направление вращения вала не изменялось.

Применение подшипников

Рис. 54

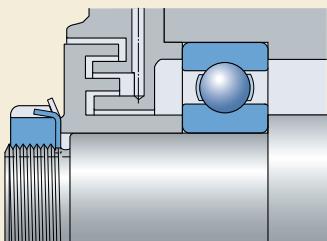


Рис. 55

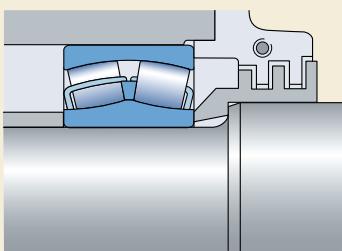
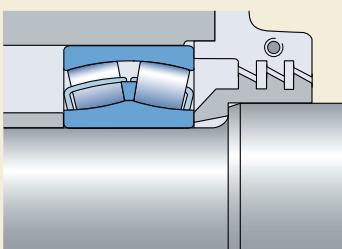


Рис. 56



Одно- или многоступенчатые лабиринтные уплотнения значительно эффективнее, чем простые щелевые уплотнения, но дороже в производстве. Они используются, главным образом, при смазывании пластичной смазкой. Их эффективность можно повысить путем регулярной подачи влагостойкой пластичной смазки, например, на литиево-кальциевой основе. Смазка подается через канал, ведущий к проходам лабиринта. В зависимости от конструкции корпуса уплотнения (цельная или разъемная), процедур монтажа и наличия свободного пространства, гребни лабиринтного уплотнения могут быть расположены вдоль оси (→ рис. 54) или по радиусу (→ рис. 55). При возникновении осевого смещения вала в процессе работы ширина осевых каналов лабиринта остается неизменной, поэтому каналы могут быть достаточно узкими. Если предполагается возникновение углового перекоса вала относительно корпуса, следует использовать лабиринтные уплотнения с наклонными проходами (→ рис. 56).

Эффективные и недорогие лабиринтные уплотнения могут быть изготовлены из стандартных комплектующих, имеющихся в продаже, например, при помощи уплотнительных шайб SKF (→ рис. 57). Эффективность уплотнения возрастает по мере увеличения числа комплектов шайб и может быть еще больше увеличена путем установки шайб с ворсовым покрытием. Дополнительную информацию об этих уплотнениях можно найти

Рис. 57

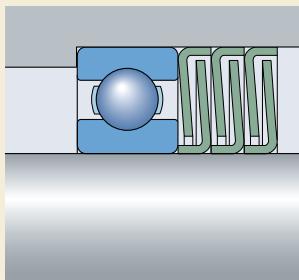
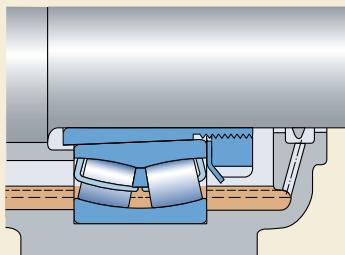


Рис. 59



в разделе «Уплотнения» в «Интерактивном инженерном каталоге SKF».

Для улучшения уплотняющего действия защитных шайб на вал нередко устанавливают вращающиеся диски (→ рис. 58). Кроме того, при смазывании маслом для этой же цели используют отражательные кольца, канавки или диски. Масло, задерживаемое маслопротяжательным кольцом, собирается в проходе корпуса и возвращается в полость корпуса через соответствующие маслопроводящие каналы (→ рис. 59).

Контактные уплотнения

Манжетные уплотнения вала представляют собой контактные уплотнения, которые используются прежде всего для уплотнения подшипников, смазываемых маслом. Эти готовые к монтажу уплотнительные элементы из эластомерных материалов обычно армированы металлом или имеют металлический корпус. Кромки уплотнения обычно изготавливаются из синтетического каучука и прижимаются куплотняемой поверхности вала при помощи стяжной пружины. В зависимости от материала уплотнения и удерживаемой/отражаемой среды манжетные уплотнения могут эксплуатироваться при температуре от -60 до $+190$ °C.

Первостепенное значение для эффективности уплотнения имеет площадь контакта между кромкой уплотнения и сопряженной поверхностью. Твердость сопряженной поверхности, как правило, должна быть не менее 55 HRC, глубина закаленного слоя не менее 0,3 мм, а шероховатость поверхности согласно ISO

Рис. 60

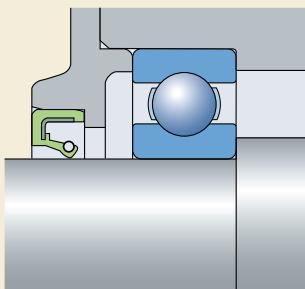


Рис. 58

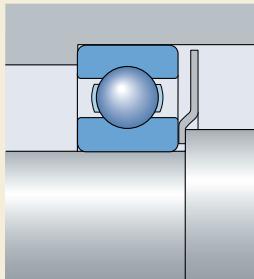
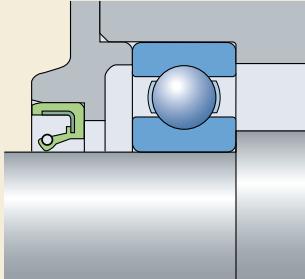


Рис. 61



Применение подшипников

Рис. 62

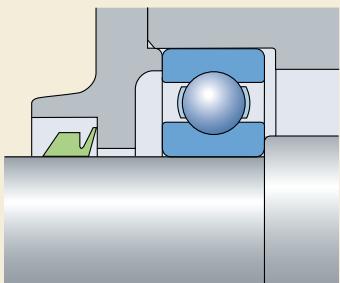


Рис. 63

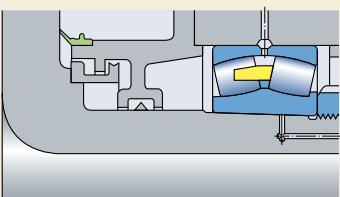
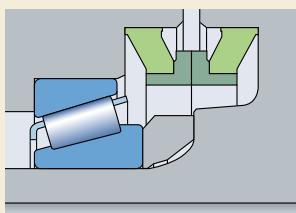


Рис. 64



4288:1996 ориентировочно в пределах R_a 0,2–0,8 мкм.

В условиях небольшой скорости, хорошего смазывания и минимального уровня загрязненности допускается меньшая твердость сопряженной поверхности. Для устранения насосного действия, вызываемого винтовыми следами от шлифования, обработку поверхности рекомендуется выполнять врезным шлифованием. Если главным предназначением манжетного уплотнения вала является удержание смазочного материала в полости корпуса, кромка уплотнения должна быть обращена внутрь (→ рис. 60). Если главной целью является защита от проникновения загрязняющих веществ, кромка уплотнения должна быть обращена наружу, т.е. от подшипника (→ рис. 61).

V-образные уплотнения (→ рис. 62) могут использоваться как при смазывании маслом, так и пластичной смазкой. Гибкое резиновое кольцо уплотнения прочно охватывает вал и вращается вместе с ним, при этом кромка уплотнения оказывает легкое осевое давление на неподвижную деталь, например, корпус. В зависимости от материала V-образные кольца могут эксплуатироваться при температуре от -40 до +150 °C. Они просты в установке и на малых скоростях вращения допускают сравнительно большие угловые перекосы вала. Шероховатость сопряженной поверхности R_a может находиться в пределах 2–3 мкм. При окружных скоростях, превышающих 8 м/с, V-образное кольцо должно иметь осевую фиксацию на валу. При скоростях выше 12 м/с необходимо принять меры по предотвращению «отрыва» кольца от вала, например, путем установки стального штампованныго удерживающего кольца. Если окружная скорость превышает 15 м/с, уплотнительная кромка отрывается от уплотняемой поверхности и контактное уплотнение превращается в щелевое. Эффективность V-образных уплотнений достигается, главным образом, за счет того, что корпус кольца выполняет роль маслоподъемного кольца, предотвращающего попадание грязи и жидкостей. Поэтому при смазывании пластичной смазкой это уплотнение обычно располагается снаружи корпуса, а при смазывании маслом – внутри корпуса с кромкой, обращенной от подшипника. При использовании в качестве вторичного уплотнения V-образные кольца защищают первичное уплотнение от проникновения чрезмерного количества загрязняющих веществ и влаги.

Рис. 65

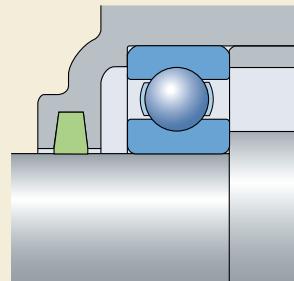
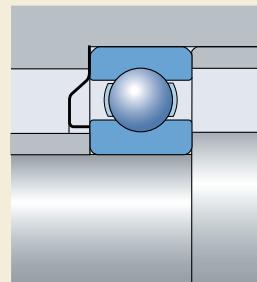


Рис. 66



Осевые зажимные уплотнения (→ рис. 63)
используются в качестве вторичных уплотнений для валов больших диаметров в тех случаях, когда требуется защита первичного уплотнения. Они фиксируются на неподвижной детали при помощи хомута и обеспечивают осевое уплотнение вращающейся сопряженной поверхности. Для этого типа уплотнений достаточно, если сопряженная поверхность будет иметь шероховатость R_a 2,5 мкм.

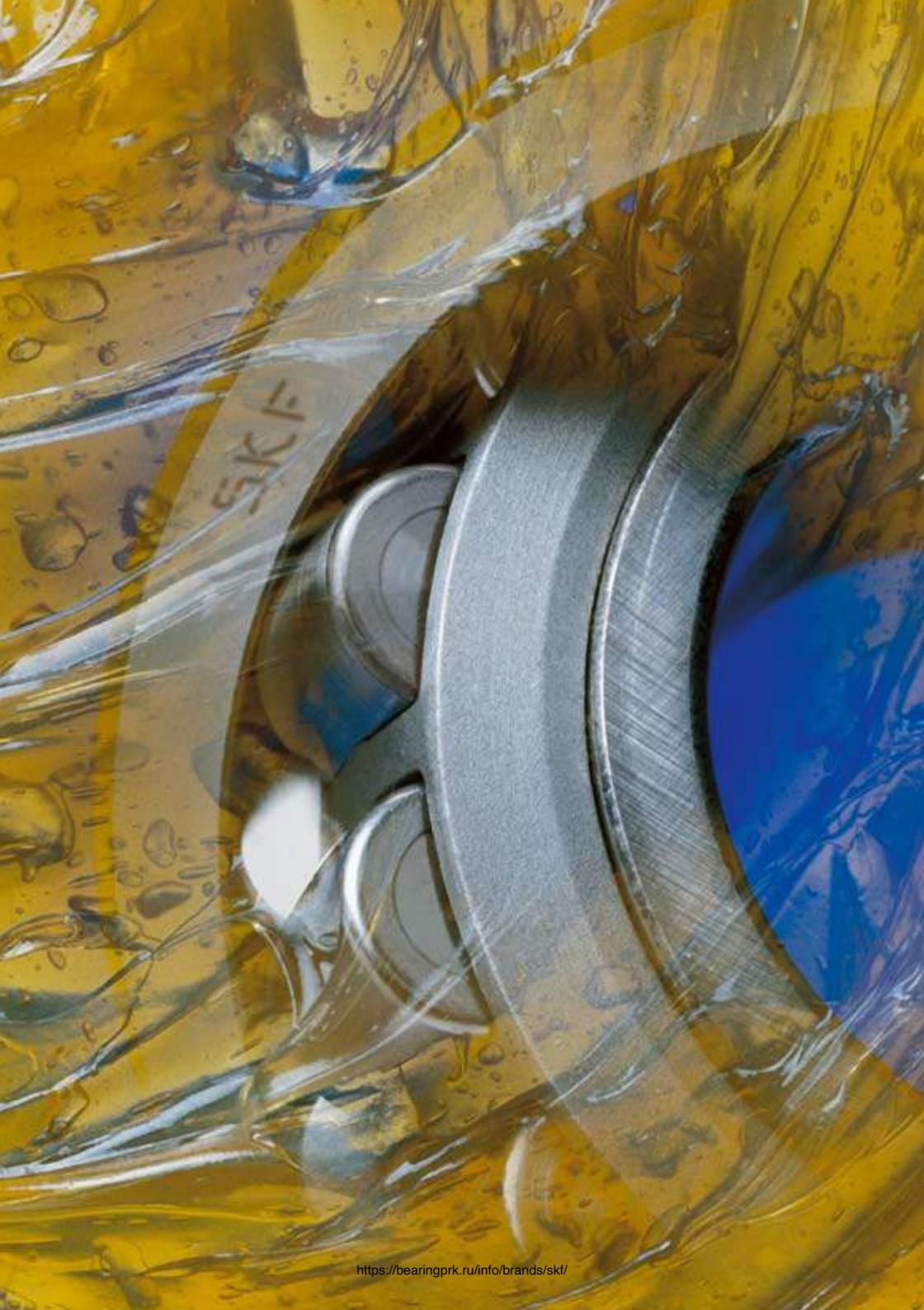
Механические уплотнения (→ рис. 64)
используются для уплотнения подшипников, смазываемых пластичной смазкой или маслом и работающих на относительно небольших частотах вращения и в тяжелых условиях. Они состоят из двух скользящих стальных колец с тонко обработанными уплотняющими поверхностями и двух пластиковых тарельчатых пружин, которые фиксируют скользящие кольца в отверстии корпуса и создают необходимую силу преднатяга уплотняющих поверхностей. Особых требований к обработке сопряженных поверхностей в отверстии корпуса нет.

Войлочные уплотнения (→ рис. 65) обычно применяются при смазывании пластичной смазкой. Эти уплотнения просты и дешевы и могут использоваться при окружных скоростях до 4 м/с и рабочих температурах до +100 °C. Уплотняемая поверхность должна шлифоваться до шероховатости $R_a < 3,2$ мкм. Эффективность войлочных уплотнений можно значительно улучшить, если установить простое лабиринтное уплотнение в качестве вторичного уплотнения. Перед тем, как вставить уплотнение в канавку корпуса, войлочные кольца или полоски должны быть пропитаны маслом при температуре около 80 °C.

Пружинные шайбы (→ рис. 66) – простое, дешевое и компактное уплотнение для подшипников, смазываемых пластичной смазкой и имеющих осевую фиксацию, особенно для радиальных шарикоподшипников. Шайбы фиксируются при помощи зажимов на наружном или внутреннем кольце и оказывают упругое давление на другое кольцо. По прошествии определенного периода приработки эти уплотнения превращаются в бесконтактные за счет образования очень узкого щелевого зазора.

Более подробную информацию по уплотнениям, поставляемым SKF, можно найти в каталоге «Промышленные уплотнения валов» или в «Интерактивном инженерном каталоге SKF» на интернет-сайте www.skf.com. Прочие уплотнения, встроенные в изделия SKF, такие

как корпуса подшипников, подробно описаны в соответствующей технической литературе.



Смазывание

Смазывание пластичной смазкой	231
Пластичные смазки	231
Вязкость базового масла	231
Консистенция.....	232
Диапазон температур: принцип светофора SKF.....	232
Защита от коррозии, поведение в присутствии воды	234
Антиизадирные и антиизносные добавки.....	234
Смешиваемость	236
Пластичные смазки SKF	236
Повторное смазывание	237
Интервалы смазывания	237
Изменения интервалов смазывания в зависимости от рабочих условий и типа подшипника	237
Рекомендации.....	241
Процедуры повторного смазывания.....	242
Пополнение пластичной смазки	242
Замена пластичной смазки	244
Непрерывное смазывание.....	245
Смазывание маслом.....	248
Способы смазывания маслом.....	248
Смазочные масла.....	251
Выбор смазочного масла.....	252
Замена масла	253

Смазывание

Надежная работа подшипников качения невозможна без правильного смазывания, которое препятствует непосредственному контакту между телами качения, дорожками качения и сепараторами. Смазочный материал также уменьшает износ и защищает поверхности подшипника от коррозии. Поэтому выбор оптимального смазочного материала и способа смазывания не менее важен, чем правильное техобслуживание.

Для смазывания подшипников имеется широкий выбор различных смазочных материалов, включая твердые смазки, например, для работы в условиях экстремальных температур. Выбор смазочного материала зависит главным образом от условий эксплуатации, т.е. диапазона температур и скоростей вращения, а также влияния окружающей среды.

Наиболее благоприятными считаются такие рабочие условия, при которых для надежной работы подшипника требуется минимальное количество смазочного материала. Однако когда смазочный материал выполняет такие дополнительные функции, как уплотнение или отвод тепла, может потребоваться его дополнительное количество.

Так как смазочный материал постепенно теряет свои смазочные свойства из-за совместной механической работы, старения и накопления загрязнений, необходимо регулярно пополнять или заменять пластичную смазку, а также фильтровать и заменять смазочное масло. Информация и рекомендации, содержащиеся в данном разделе, относятся к подшипникам без встроенных уплотнений или защитных шайб.

Подшипники и подшипниковые узлы со встроенными уплотнениями и защитными шайбами поставляются заполненными пластичной смазкой. Информацию о стандартных пластичных смазках, используемых для этих изделий, можно найти во вступительных текстах к таблицам подшипников. Там же приведено краткое описание характеристик данных пластичных смазок.

Срок службы пластичной смазки в подшипниках с уплотнениями почти всегда превышает срок службы самого подшипника, поэтому, за некоторым исключением, повторное смазывание таких подшипников не предусмотрено.

Примечание

Смазочные свойства на первый взгляд идентичных смазочных материалов, в особенности пластичных смазок, изготовленных на различных заводах-изготовителях, могут в значительной степени различаться. В связи с этим фирма SKF не может взять на себя ответственность за качество и свойства любых смазочных материалов. Поэтому рекомендуется подробно сформулировать свойства смазочного материала и выбрать наиболее подходящий материал для конкретной области применения.

Смазывание пластичной смазкой

Пластичная смазка может использоваться для смазывания подшипников качения, работающих в нормальных условиях, и пригодна в большинстве случаев.

Преимущество пластичной смазки перед маслом состоит в том, что она легче удерживается в полости подшипниковых узлов, особенно на наклонных или вертикальных валах. Кроме того, она способствует уплотнению подшипникового узла и препятствует проникновению загрязнений и влаги.

Избыточное количество пластичной смазки вызывает быстрое повышение рабочей температуры подшипника, особенно на высоких частотах вращения. В качестве общего правила перед запуском подшипника в работу полностью должен быть заполнен смазкой только сам подшипник, в то время как свободное пространство в корпусе должно быть заполнено смазкой лишь частично. Прежде чем эксплуатировать подшипник на рабочей частоте вращения необходимо дать возможность излишкам смазки осесть или вытечь в процессе приработки. В конце периода приработки рабочая температура значительно снизится, что является признаком того, что пластичная смазка распределилась в полости подшипникового узла.

Однако в тех случаях, когда подшипники вращаются с очень малой частотой вращения и требуется хорошая защита от загрязнений и коррозии, рекомендуется заполнять полость корпуса пластичной смазкой полностью.

Пластичные смазки

Пластичные смазки состоят из минерального или синтетического масла и загустителя. В качестве загустителей, как правило, используются металлические мыла. Однако для улучшения смазочных характеристик в определенных условиях, к примеру, при высоких температурах, в качестве загустителей могут использоваться другие вещества, например, полимочевина. Кроме того, в состав пластичных смазок могут включаться различные добавки, улучшающие отдельные характеристики смазок. Консистенция пластичной смазки во многом зависит от типа и концентрации загустителя и рабочей температуры подшипника. При выборе пластичной смазки следует учесть такие важнейшие факторы, как консистенция, диапазон рабочих температур, вязкость базового масла, антикоррозийные свойства и грузоподъемность. Подробная информация об этих свойствах представлена ниже.

Вязкость базового масла

Значение вязкости масла для образования масляной пленки, разделяющей поверхности подшипника и тем самым продляющей ресурс подшипника, рассматривается в разделе «Условия смазывания – относительная вязкость η_r » на стр. 59; эта информация в равной степени относится к вязкости базового масла пластичных смазок.

Вязкость базового масла пластичных смазок, обычно используемых для смазывания подшипников качения, находится в пределах 15–500 $\text{мм}^2/\text{с}$ при 40 °C. Отделение масла в пластичных смазках с базовым маслом вязкостью свыше 1 000 $\text{мм}^2/\text{с}$ при 40 °C происходит настолько медленно, что адекватное смазывание подшипника не обеспечивается. Поэтому, если вследствие малой скорости требуется расчетная вязкость, превышающая 1 000 $\text{мм}^2/\text{с}$ при 40 °C, рекомендуется использовать пластичную смазку с максимальной вязкостью 1 000 $\text{мм}^2/\text{с}$ и хорошей отделяемостью масла или применить смазывание маслом.

От вязкости базового масла также зависит максимальная частота вращения, при которой данная пластичная смазка может использоваться для смазывания подшипника. Допустимая скорость для пластичной смазки также

Смазывание

зависит от сопротивления смазки сдвигу, которая определяется загустителем. Для выражения скоростных характеристик пластичных смазок их изготовители нередко используют «параметр быстроходности»

$$A = n d_m$$

где

A = параметр быстроходности, мм/мин

n = частота вращения, об/мин

d_m = средний диаметр подшипника;

$$= 0,5 (d + D), \text{мм}$$

Для очень высоких частот вращения, например, при $A > 700\,000$ для шарикоподшипников наиболее пригодны пластичные смазки на основе маловязких масел.

Консистенция

Согласно классификации Национального института пластичных смазочных материалов (NLGI), имеется несколько классов консистенции пластичных смазок. Консистенция пластичной смазки, используемой для смазывания подшипника, не должна резко изменяться после перемешивания в пределах установленного интервала температур. Пластичные смазки, размягчающиеся при повышенных температурах, могут вытекать из полости подшипникового узла, а смазки, затвердевающие при низких температурах, могут затруднить вращение подшипника или обладать недостаточной отделяемостью масла.

Для подшипников качения используются пластичные смазки классов консистенции 1, 2 или 3, где в качестве загустителя используется металлическое мыло. Наиболее распространенные пластичные смазки имеют класс консистенции 2. Пластичные смазки, имеющие более жидкую консистенцию, предпочтительны в условиях низких температур или в тех случаях, когда требуется повышенная прокачиваемость смазки. Пластичные смазки класса консистенции 3 рекомендуются для подшипниковых узлов, работающих на вертикальных валах, где отражательная пластина для удержания смазки внутри подшипника расположена под подшипником.

В тех случаях, когда подшипники работают в условиях вибрации, пластичная смазка подвергается интенсивной выработке, т.к. под-

воздействием вибрации она постоянно отбрасывается назад в подшипник. В таких случаях на помощь могут прийти пластичные смазки более высокой консистенции, однако одна лишь консистенция смазки не гарантирует достаточное смазывание. Поэтому вместо них нужно использовать механически стабильные пластичные смазки.

Пластичные смазки, загущенные полимочевиной, могут размягчаться или затвердевать в зависимости от условий сопротивляемости сдвигу. При вертикальном расположении вала существует опасность вытекания полимочевинных смазок при определенных условиях.

Диапазон температур: принцип светофора SKF

Диапазон температур, в пределах которого может использоваться пластичная смазка, во многом зависит от используемого типа базового масла и загустителя, а также добавок. Соответствующие пределы температур схематично показаны на **диаграмме 1** в виде «двух светофоров».

Здесь четко видны границы диапазона температур, т.е. нижний и верхний пределы диапазона температур.

- Нижний температурный предел (LTL), т.е. самая низкая температура, при которой пластичная смазка позволит запустить подшипник без затруднения, во многом определяется типом базового масла и его вязкостью.
- Верхний температурный предел (HTL) определяется типом загустителя, а для пластичных смазок на мыльной основе он обозначен точкой каплепадения, обозначающей температуру, при которой смазка теряет свою консистенцию и превращается в жидкость.

Очевидно, что эксплуатация при температуре ниже нижнего температурного предела и выше верхнего температурного предела невозможна, т.к. на **диаграмме 1** эти температуры находятся в красных зонах. Несмотря на то, что в спецификациях смазочных материалов производители пластичных смазок указывают конкретные величины нижнего и верхнего температурного предела, в действительности

для надежной работы подшипника имеют значение приводимые SKF величины:

- нижнего предела рабочих температур (LTPL) и
- верхнего предела рабочих температур (HTPL).

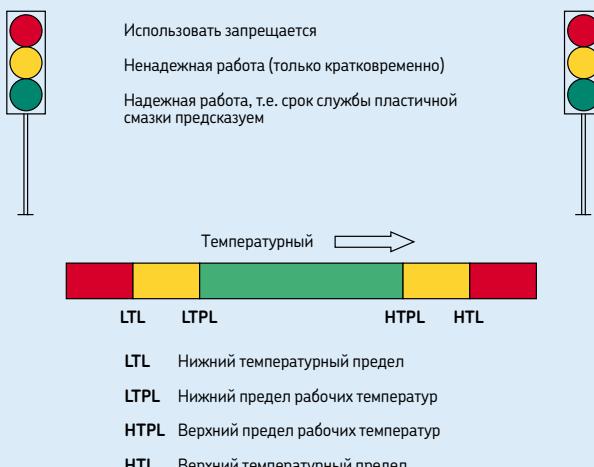
Именно в этих двух пределах, т.е. в зеленой зоне на **диаграмме 1**, будет обеспечена надежная работа пластичной смазки и возможность точного определения ее срока службы. Поскольку метод определения верхнего температурного предела еще не охвачен международной стандартизацией, необходимо проявлять осторожность при интерпретации технических данных, приводимых поставщиками смазочных материалов.

Т.к. при температурах, превышающих верхний предел рабочих температур (HTPL), старение и окисление пластичной смазки происходит с возрастающей быстротой, а побочные продукты окисления оказывают вредное действие на смазочный материал, температуры в желтой зоне между верхним пределом диапазона рабочих температур и верхним пределом диапазона температур (HTL) должны возникать только на весьма короткое время.

Имеется также желтая зона для низких температур. По мере понижения температуры тенденция к отделению масла снижается, а консистенция пластичной смазки возрастает. В конце концов это приводит к недостаточной подаче смазочного материала на поверхности контакта тел и дорожек качения. На **диаграмме 1** этот температурный предел обозначен как нижний предел рабочей температуры (LTPL). Величины нижнего предела рабочего диапазона температур для роликовых и шариковых подшипников различны. Поскольку шарикоподшипники легче смазывать, чем роликоподшипники, нижний предел рабочего диапазона температур для них не имеет такого большого значения. Однако постоянная работа роликоподшипников в условиях температур ниже этого предела может привести к их серьезному повреждению. Короткие периоды работы в этой зоне, например, в процессе холодного запуска, допустимы, т.к. тепло, генерируемое при трении, повышает температуру подшипника, и она быстро устанавливается в пределах зеленой зоны.

Диаграмма 1

Принцип светофора SKF



Примечание

Принцип светофора SKF применим к любой пластичной смазке, однако температурные зоны для разных пластичных смазок будут различными и могут быть определены только путем функциональной проверки. Пределы, соответствующие цветам светофора для

- типов пластичных смазок, которые обычно используются для подшипников, показаны на **диаграмме 2** и для
- пластичных смазок SKF – на **диаграмме 3**.

Приведенные на этих диаграммах величины базируются на результатах многочисленных испытаний, проведенных в лабораторных условиях, и могут отличаться от тех, что указаны производителями пластичных смазок. Они действительны на **диаграмме 2** только в отношении широко распространенных пластичных смазок класса консистенции NLGI 2, не содержащих добавок EP. Величины температур, приведенные на диаграммах, относятся к наблюдаемой температуре самонагрева подшипника (как правило, измеряемой на неподвижном кольце). Поскольку характеристики, приведенные для каждого типа пластичной смазки, являются суммарными данными смазок более или менее аналогичного состава, границы цветов на диаграммах меняются не резко, а при помощи плавных переходов одного цвета в другой.

Защита от коррозии, поведение в присутствии воды

Пластичная смазка должна защищать подшипник от коррозии и не должна вымываться из полости подшипникового узла в случае попадания воды. Водостойкость пластичной смазки определяется исключительно типом загустителя: пластичные смазки на основе комплекса лития и кальция, а также полимочевины являются исключительно водостойкими. Тип антикоррозийной добавки определяет, главным образом, антикоррозионные свойства пластичных смазок.

При очень медленных скоростях для защиты от коррозии и предотвращения поступления воды рекомендуется полное заполнение полости подшипника пластичной смазкой.

Антизадирные и антиизносные добавки

Срок службы подшипника будет меньше, если толщина смазочной пленки недостаточна для обеспечения разделения контактирующих неровностей, имеющихся на металлических поверхностях контакта. Компенсировать этот дефицит можно, в частности, при помощи так называемых антизадирных (EP) добавок. Высокие температуры, возникающие в точках контакта неровностей, активируют эти добавки, в результате чего обеспечивается умеренный износ поверхности в точках контакта. Таким образом, EP добавки сглаживают поверхности, уменьшают напряжение в точках контакта и увеличивают срок службы подшипника.

Диаграмма 2

Принцип светофора SKF – стандартные пластичные смазки

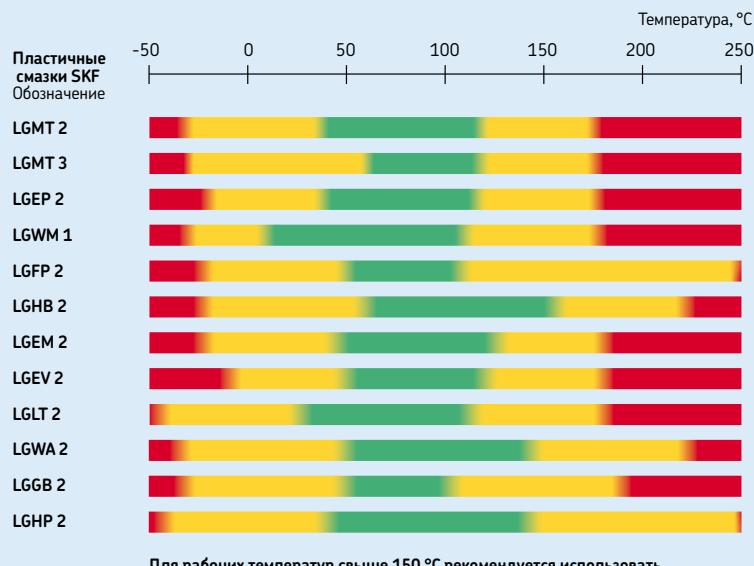


Многие современные добавки EP производятся на основе серы/фосфора. К сожалению, эти добавки могут оказывать отрицательное воздействие на контактную выносливость подшипника. Это объясняется тем, что химическое воздействие таких добавок невозможно ограничить только зонами контакта неровностей. Если рабочая температура и напряжение контакта слишком высоки, то химическая активность этих добавок может проявляться даже при отсутствии контакта неровностей. Это может активизировать механизмы коррозии/диффузии в зонах контакта и привести к ускоренному разрушению подшипника в результате образования микрораковин. Поэтому SKF рекомендует ограничить использование добавок EP в тех случаях, когда рабочие температуры превышают 80 °C. Смазочные материалы, содержащие добавки EP, не следует использовать для смазывания подшипников, работающих при температурах выше 100 °C. Для усиления антизадирного эффекта на очень малых скоростях в состав смазок иногда вклю-

чают твердые смазочные добавки, как, например, графит и дисульфид молибдена (MoS_2). Такие добавки должны иметь высокую химическую чистоту и очень мелкие частицы, в противном случае углубления, образуемые в результате прокатки частиц, могут сократить срок службы подшипника.

Поскольку противознусные добавки (AW) предназначены для той же цели, что и добавки EP, т.е. для предотвращения контакта «металл по металлу», между ними зачастую не проводят никаких различий. Между тем, механизмы их работы разные. Главное отличие состоит в том, что добавка AW создает прилипающий к поверхности защитный слой. При этом выступы шероховатости поверхности скользят без металлического контакта. Таким образом, они не подвергаются умеренному износу, как в случае с добавками EP. Здесь также необходимо проявлять особую осторожность, поскольку добавки AW могут содержать частицы, которые, также как и частицы добавок EP, могут проникать в подшипниковую сталь и ослаблять ее структуру.

Принцип светофора SKF – пластичные смазки SKF



Смазывание

Некоторые загустители (например, комплекс сульфоната кальция) также обладают антииздирным/противоизносным эффектом, не оказывая при этом химического воздействия, которое в конце концов, приводит к усталостному разрушению подшипника. Поэтому ограничения рабочей температуры, действующие в отношении добавок EP, в отношении пластичных смазок на основе таких загустителей не изменяются.

В целом, если смазочная пленка имеет достаточную толщину, компания SKF не рекомендует пользоваться добавками EP и AW. Однако в некоторых случаях применение добавок EP/AW может оказаться полезным. Так, их применение желательно при чрезмерном скольжении между роликами и дорожками качения. За дополнительной информацией обращайтесь в техническую службу SKF.

Смешиваемость

При необходимости перехода от одного типа пластичной смазки к другому следует принимать во внимание смешиваемость или возможность смешивания пластичных смазок без вредных последствий. При смешивании несовместимых пластичных смазок их конечная консистенция может так сильно измениться, что это приведет к выходу подшипника из строя, например, в результате утечки смазки.

Пластичные смазки, имеющие в своем составе один и тот же загуститель и одно и то же базовое масло, как правило, могут смешиваться без каких-либо вредных последствий. Например, пластичную смазку на основе литиевого мыла-минерального масла обычно можно смешивать с другой пластичной смазкой на основе литиевого мыла-минерального масла. Также могут смешиваться друг с другом пластичные смазки на основе разных загустителей, например, пластичные смазки на основе кальциевого и литиевого комплекса.

В подшипниковых узлах, где низкая консистенция может привести к утечке пластичной смазки, при проведении очередного повторного смазывания рекомендуется не пополнять количество старой смазки, а предварительно очистить полость подшипникового узла и смазочных каналов от ее остатков (→ раздел «Повторное смазывание» на стр. 237).

Консервант, используемый для подшипников SKF, совместим с большинством типов

пластичных смазок, за возможным исключением пластичных смазок на основе полимочевины (→ раздел «Подготовка к монтажу и демонтажу» на стр. 258). Современные пластичные смазки на основе полимочевины (например, SKF LGHP 2) отличаются большей совместимостью с консервантами подшипников, чем пластичные смазки на основе полимочевины ранних типов. Следует иметь в виду, что пластичные смазки с загустителем на основе PTFE, например, SKF LGET 2 не совместимы со стандартными консервантами, и перед их использованием консервант с подшипников должен быть удален. За дополнительной информацией обращайтесь в техническую службу SKF.

Пластичные смазки SKF

Ассортимент SKF включает большое число различных типов пластичных смазок для подшипников качения, которые охватывают практически все области применения. Эти пластичные смазки были разработаны на основе последних достижений технологии смазочных материалов и прошли тщательные испытания как в лабораторных, так и эксплуатационных условиях. Их качество находится под постоянным контролем специалистов SKF.

Наиболее важные технические спецификации пластичных смазок SKF приведены в табл. 2 на стр. 246 и 247. Диапазоны температур, в пределах которых могут эксплуатироваться пластичные смазки SKF, схематично показаны на диаграмме 3, стр. 235 с учетом принципа светофора.

Дополнительную информацию по пластичным смазкам SKF можно найти в каталоге «Изделия SKF для технического обслуживания и смазочные материалы» или на интернет-сайте www.mapro.skf.com.

Для более детального выбора пластичной смазки для конкретного типа подшипника и конкретного случая его применения воспользуйтесь интернет-программой для выбора пластичной смазки «LubeSelect». Этой программой можно воспользоваться в режиме «онлайн», на интернет-сайте www.aptitudexchange.com.

Повторное смазывание

Подшипники качения должны повторно смазываться, если срок службы пластичной смазки меньше предполагаемого срока службы подшипника. Повторное смазывание должно всегда выполняться до того, как пластичная смазка придет в полную негодность.

Периодичность смазывания зависит от целого ряда взаимосвязанных факторов, включая такие, как типоразмер подшипника, частота вращения, рабочая температура, тип пластичной смазки, наличие свободного пространства вокруг подшипника и рабочая среда подшипника. Возможные рекомендации могут быть основаны лишь на статистических законах; интервал смазывания определяется, как период времени, в конце которого 99 % подшипников все еще надежно смазывается. Он выражается величиной L_1 , которая обозначает срок службы пластичной смазки.

Наряду с расчетными интервалами смазывания, представленными ниже, компания SKF рекомендует использовать опытные данные, основанные на результатах реальной эксплуатации и испытаний.

Интервалы смазывания

Интервалы смазывания t_f для подшипников с вращающимся внутренним кольцом на горизонтальных валах при нормальных условиях эксплуатации и загрязненности можно определить при помощи **диаграммы 4** как функцию

- параметра быстроходности A , умноженную на соответствующий коэффициент подшипника b_f , где
 $A = n d_m$
 n = частота вращения, об/мин
 d_m = средний диаметр подшипника
= $0,5(d + D)$, мм
 b_f = коэффициент, зависящий от типа подшипника и условий нагрузки
(→ **табл. 1, стр. 239**)
- отношения нагрузки C/P

Интервал смазывания t_f представляет собой расчетную величину, действительную для рабочей температуры 70 °C при использовании качественных пластичных смазок на основе литиевого мыла-минерального масла. При других рабочих условиях величины интер-

валов смазывания, полученные при помощи **диаграммы 4**, должны быть скорректированы с учетом информации раздела «Отклонения от нормальных рабочих условий и типы подшипников», который начинается на **стр. 240**.

Если параметр быстроходности A превышает 70 % величины рекомендованного предела согласно **табл. 1** или имеет место высокая температура окружающей среды, для проверки правильности выбора рабочей температуры и соответствующего метода смазывания рекомендуется воспользоваться методикой расчета, приведенной в главе «Скорости и вибрация», которая начинается на **стр. 107**.

При использовании высококачественных пластичных смазок интервалы смазывания и замены пластичной смазки могут быть увеличены. Для получения дополнительной информации обращайтесь в техническую службу SKF.

Изменения интервалов смазывания в зависимости от рабочих условий и типа подшипника

Рабочая температура

Для корректировки интервалов смазывания с учетом ускоренного старения пластичной смазки по мере повышения температуры рекомендуется вдвое уменьшать величину интервала, полученную при помощи **диаграммы 4**, на каждые 15 °C повышения рабочей температуры свыше 70 °C. При этом нужно помнить о том, что верхний предел рабочих температур пластичной смазки (→ **диаграмма 1, LTPL**, на **стр. 233**) не должен быть превышен.

Интервал смазывания t_f может быть увеличен при температуре ниже 70 °C, если эта температура не приближается к нижнему пределу рабочих температур (→ **диаграмма 1, LTPL**, на **стр. 233**). Однако общее увеличение интервала смазки t_f никогда не должно быть больше, чем в два раза. В случае бессепараторных подшипников и упорных роликов подшипников величины t_f , полученные из **диаграммы 4**, не должны превышаться.

Кроме того, не рекомендуется, чтобы интервалы смазывания превышали 30 000 часов.

В целом ряде случаев существует практический предел применения пластичной смазки, когда температура нагрева кольца подшип-

Интервалы смазывания при рабочей температуре 70 °C

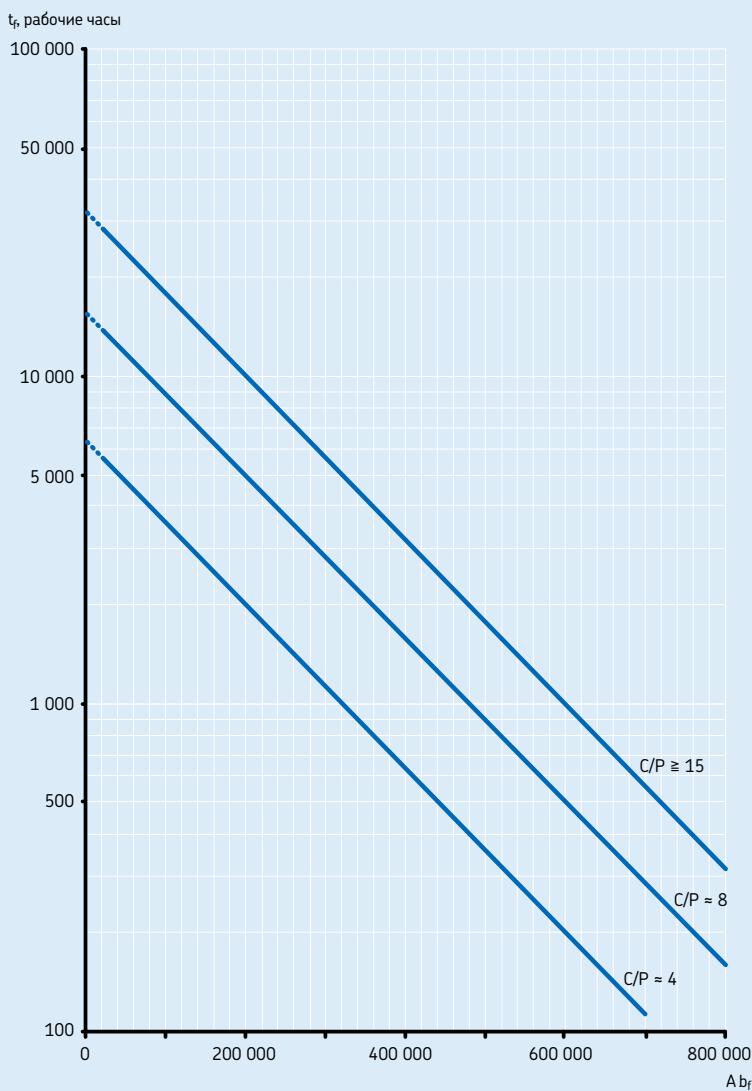


Таблица 1

Коэффициенты подшипника и рекомендуемые пределы параметра быстроходности А

Тип подшипника ¹⁾	Коэффициент подшипника b_f	Рекомендуемые пределы параметра быстроходности А для нагрузки С/Р ≥ 15	Рекомендуемые пределы параметра быстроходности А для нагрузки С/Р ≈ 8	Рекомендуемые пределы параметра быстроходности А для нагрузки С/Р ≈ 4	
–	–	мм/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					
– нефиксированный подшипник	1,5	450 000	300 000	150 000	
– фиксирующий подшипник без осевых нагрузок или с легкими, но переменными осевыми нагрузками	2	300 000	200 000	100 000	
– фиксирующий подшипник с постоянной осевой нагрузкой	4	200 000	120 000	60 000	
– бессепараторный ²⁾	4	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000	
Конические роликоподшипники	2	350 000	300 000	200 000	
Сферические роликоподшипники					
– если $F_a/F_r < e$ и $d_m \leq 800$ мм					
серия 213, 222, 238, 239	2	350 000	200 000	100 000	
серия 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 $F_a/F_r < e$ и $d_m > 800$ мм					
серия 238, 239	2	230 000	130 000	65 000	
серия 230, 231, 232, 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	NA ³⁾	NA ³⁾	20 000	
Упорные шарикоподшипники	2	200 000	150 000	100 000	
Цилиндрические упорные роликоподшипники	10	100 000	60 000	30 000	
Сферические упорные роликоподшипники					
– вращающееся свободное кольцо	4	200 000	170 000	150 000	

¹⁾ Величины коэффициента подшипника и рекомендуемые практические пределы параметра "А" действительны для подшипников со стандартной внутренней геометрией и стандартными сепараторами. Эти же данные для подшипников с модифицированной внутренней геометрией и сепараторами специального исполнения можно получить в технической службе SKF.

²⁾ Величину t_f , полученную из **диаграммы 4**, нужно уменьшить в 10 раз

³⁾ Не действует, для этих величин С/Р рекомендуется использовать подшипник с сепаратором

⁴⁾ Для более высоких скоростей рекомендуется смазывание маслом

ника превышает 100 °C. При превышении этой температуры должны использоваться специальные пластичные смазки. Кроме того, должны быть учтены такие факторы, как температурная стабильность подшипника и вероятность преждевременного разрушения уплотнений.

Если предполагается, что подшипники будут работать в условиях высоких температур, просим проконсультироваться со специалистами технической службы SKF.

Вертикальный вал

Для подшипников на вертикальных валах интервал смазывания, полученный из **диаграммы 4**, должен быть уменьшен в два раза. Использование хорошего уплотнения или удерживающего кольца является обязательным условием предотвращения утечки пластичной смазки из полости подшипникового узла.

Вибрация

Умеренная вибрация не оказывает негативного воздействия на срок службы пластичной смазки, однако сильная вибрация и ударные нагрузки, которым подвергаются подшипники, работающие, к примеру, в виброситах, вызывают повышенное механическое воздействие на смазку. В таких случаях интервалы смазывания должны быть сокращены. В случае слишком сильного размягчения пластичной смазки, следует использовать пластичную смазку, обладающую высокой механической стабильностью, например, SKF LGHB 2 или пластичную смазку консистенции 3 по шкале NLGI.

Вращение наружного кольца

При вращении наружного кольца расчет параметра быстроходности A производится иначе: в этом случае вместо d_m используется наружный диаметр подшипника D . Чтобы избежать потерь смазки, необходимо использовать хороший уплотняющий механизм.

Для условий высоких частот вращения наружного кольца (т.е. $> 40\%$ номинальной скорости вращения, указанной в таблицах подшипников) следует выбирать пластичные смазки, имеющие пониженную тенденцию к отделению масла.

Для сферических упорных роликоподшипников с вращающимся свободным кольцом рекомендуется использовать смазывание маслом.

Загрязненность

В случае проникновения загрязняющих веществ смазывание с более частым интервалом уменьшает негативное влияние посторонних частиц на пластичную смазку и предотвращает повреждающее действие, вызываемое прокаткой этих частиц. Проникновение жидких загрязняющих веществ (воды, технологические жидкости) также предполагает сокращение интервала повторного смазывания. В случае сильной загрязненности следует рассмотреть возможность использования режима непрерывного смазывания.

Очень медленные скорости

Для подшипников, вращающихся с очень малыми частотами вращения в условиях легкой нагрузки, требуются низкоконсистентные пластичные смазки, в то время как для подшипников, вращающихся с малыми частотами вращения в условиях тяжелой нагрузки, требуются высоковязкие пластичные смазки, по возможности, обладающие очень хорошими антиадирными свойствами.

Такие твердые добавки, как графит и дисульфид молибдена (MoS_2) могут использоваться в тех случаях, когда параметр быстроходности $A < 20\,000$. Правильный выбор пластичной смазки и степени заполнения подшипника имеет большое значение для подшипников, работающих на малых чатах вращения.

Высокие скорости

Интервалы смазывания подшипников в условиях высоких частот вращения, т.е. выше рекомендованных значений параметра быстроходности, указанных в **табл. 1, стр. 239**, действительны лишь в случае использования специальных пластичных смазок или модифицированных исполнений подшипников, например, гибридных подшипников. В этих случаях вместо смазывания пластичной смазкой лучше применить смазывание маслом с использованием таких методов непрерывного смазывания маслом, как циркуляционное смазывание, точечное смазывание и т.д.

Очень большие нагрузки

Для подшипников, работающих при параметре быстроходности $A > 20\,000$ и коэффициенте нагрузки $C/P < 4$, интервалы смазывания еще больше сокращаются. В условиях крайне тяжелых нагрузок рекомендуется режим непрерыв-

ного смазывания или смазывание масляной ванной.

В тех случаях, когда параметр быстроходности $A < 20\ 000$ и коэффициент нагрузки $C/P = 1-2$, следует обратиться к подразделу «Очень медленные скорости» на стр. 240. Для тяжелых нагрузок и высоких скоростей рекомендуется циркуляционное смазывание маслом с охлаждением.

Очень малые нагрузки

В условиях легких нагрузок ($C/P = 30-50$)

интервалы смазывания во многих случаях могут быть увеличены. Чтобы добиться удовлетворительной работы подшипников, на них должна действовать минимальная нагрузка, как указано во вступительных статьях к соответствующим таблицам подшипников.

Перекос

Постоянный перекос, величина которого находится в допустимых пределах, не сокращает срок службы пластичной смазки, используемой в сферических роликоподшипниках, самоустановливающихся шарикоподшипниках или торOIDальных роликоподшипниках.

Крупногабаритные подшипники

Для определения оптимального интервала смазывания крупногабаритных подшипников ($d > 300$ мм), используемых в критических подшипниковых узлах, рекомендуется использовать интерактивный метод. В таких случаях целесообразно вначале производить повторное смазывание с более частыми интервалами и строго выполнять рекомендации, касающиеся пополнения пластичной смазки (→ раздел «Методика повторного смазывания» на стр. 242).

Перед повторным смазыванием следует проверить внешний вид использованной пластичной смазки и степень ее загрязненности посторонними частицами и водой. Также следует произвести полную проверку уплотнений на отсутствие износа, повреждений и протечек. Если состояние пластичной смазки и сопряженных деталей будет признано удовлетворительным, интервалы смазки могут быть постепенно увеличены.

Аналогичный метод рекомендуется использовать для сферических упорных роликоподшипников, опытных образцов оборудования и машин с повышенной мощностью, а также в тех случаях, когда опыт эксплуатации отсутствует.

Цилиндрические роликоподшипники

Интервалы смазывания, полученные из диаграммы 4, стр. 238, действительны для цилиндрических роликоподшипников, снабженных

- литым сепаратором из стеклонаполненного полиамида 6,6, суффикс обозначения Р
- составным механически обработанным латунным сепаратором, центрированным по телам качения, суффикс обозначения М.

Для цилиндрических роликоподшипников, снабженных

- штампованным стальным сепаратором, центрируемым по роликам, без суффикса или суффикс J, или
- механически обработанным латунным сепаратором, центрируемым по внутреннему или наружному кольцу, суффиксы MA, MB, ML или MP,

интервал повторного смазывания, найденный по диаграмме 4, должен быть уменьшен вдвое, а также должна использоваться пластичная смазка с хорошим маслоотделением. Кроме того, частота вращения смазываемых пластичной смазкой подшипников с сепараторами MA, MB, ML или MP не должна превышать величину коэффициента быстроходности $A = \pi \times d_m = 250\ 000$. В тех случаях, когда требуется большая частота вращения подшипника, обращайтесь за консультацией в техническую службу SKF. В большинстве случаев, SKF рекомендует смазывать такие подшипники маслом.

Рекомендации

Если интервал смазывания t_f , найденный для конкретного подшипника, оказался слишком коротким, рекомендуется сделать следующее

- проверить рабочую температуру подшипника
- проверить степень загрязненности пластичной смазки твердыми частицами и жидкостями
- проверить такие условия эксплуатации подшипника, как нагрузка или перекос и, наконец, не менее важно оценить целесообразность использования более подходящей пластичной смазки.

Процедуры повторного смазывания

В целом, выбор метода повторного смазывания зависит от конкретного применения подшипника и выбранного интервала смазывания t_f :

- Пополнение – удобный и часто применяемый метод для тех случаев, когда интервал смазывания составляет менее шести месяцев. Он обеспечивает непрерывность работы и более низкую температуру подшипника в установившемся режиме по сравнению с режимом непрерывного смазывания.
- Замену пластичной смазки можно рекомендовать в тех случаях, когда интервалы смазывания превышают шесть месяцев. Замена пластичной смазки нередко включается в список регламентных работ по техобслуживанию, например, ж.д. подшипников.
- Непрерывное смазывание используется в тех случаях, когда повторное смазывание должно производиться часто, например, из-за вредного воздействия загрязнений или когда использование других методов нецелесообразно по причине затрудненного доступа к подшипнику. Применение режима непрерывного смазывания не рекомендуется при работе подшипника на высоких скоростях, т.к. это приводит к повышению рабочих температур и разрушению структуры пластичной смазки.

При использовании разных типов подшипников в одном и том же подшипниковом узле целесообразно применять наименьший

расчетный интервал смазывания. Ниже даны рекомендации по использованию трех разных методов повторного смазывания и пополнения пластичной смазкой.

Пополнение пластичной смазки

Как указано во вступительной статье к разделу «Смазывание пластичной смазкой», сначала полость подшипника заполняется пластичной смазкой полностью, а свободное пространство в полости корпуса – частично. В зависимости от используемого способа пополнения рекомендуется следующее процентное наполнение свободного пространства корпуса:

- 40 % когда пополнение производится со стороны боковой плоскости подшипника (**→ рис. 1**).
- 20 % когда пополнение производится через кольцевую канавку в наружном или внутреннем кольце подшипника (**→ рис. 2**).

Требуемое количество пластичной смазки при пополнении со стороны боковой плоскости подшипника можно определить по формуле

$$G_p = 0,005 D B$$

а при пополнении через внутреннее или наружное кольцо по формуле

$$G_p = 0,002 D B$$

Рис. 1

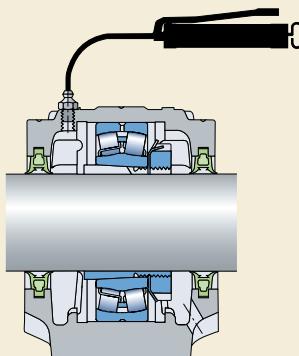


Рис. 2

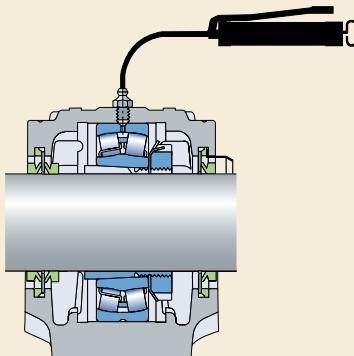


Рис. 3

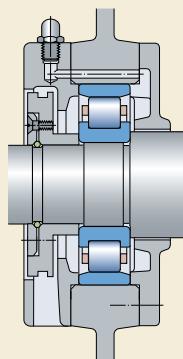


Рис. 4

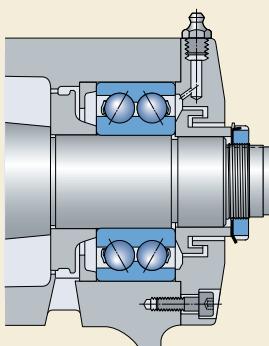
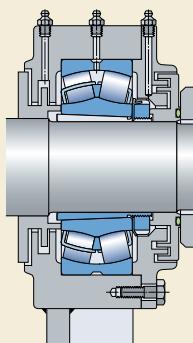


Рис. 5



где

- G_p = количество пополняемой пластичной смазки, г
- D = наружный диаметр подшипника, мм
- B = общая ширина подшипника (для упорных подшипников высота H), мм

Для упрощения процедур пополнения пластичной смазки при помощи шприца на корпусе должен быть установлен заправочный штуцер. При использовании контактных уплотнений в корпусе также должно быть предусмотрено выпускное отверстие для удаления излишков пластичной смазки, которые могут скапливаться в полости корпуса (\rightarrow рис. 1) и вызывать повышение температуры в подшипнике. На это выпускное отверстие должна устанавливаться заглушка, когда очистка корпуса подшипника производится струей воды.

Опасность скапливания излишков смазки в полости корпуса подшипника, вызывающих сильный нагрев подшипника и оказывающих вредное воздействие как на пластичную смазку, так и на подшипник, более явно выражена в тех случаях, когда подшипники вращаются с высокими скоростями. В этих случаях целесообразно предусмотреть не выпускное отверстие, а регулятор количества пластичной смазки. Это позволит избавиться от излишней смазки и производить смазку в процессе работы машины. В своей основе регулятор состоит из диска, который вращается вместе с валом и образует узкую щель с поверхностью торцевой крышки корпуса (\rightarrow рис. 3). Излишки смазки и отработавшая смазка выбрасываются в кольцевую полость и выходят из корпуса через отверстие в нижней части торцевой крышки. Дополнительная информация по конструкции и размерам регуляторов количества пластичной смазки предоставляется по запросу.

Чтобы убедиться в том, что свежая пластичная смазка действительно попадает в подшипник и заменяет отработавшую, смазку, находящуюся в смазочном канале корпуса, должна подаваться или на боковую плоскость наружного кольца (\rightarrow рис. 1 и 4), или, что еще лучше, в полость подшипника. Для смазывания в некоторых типах подшипников, как, например, в сферических роликоподшипниках предусмотрены кольцевые смазочные канавки и отверстия в наружном или внутреннем кольце (\rightarrow рис. 2 и 5).

Смазывание

Для достижения максимального эффекта от замены отработавшей пластичной смазки важно, чтобы пополнение производилось в процессе работы машины. При неработающей машине необходимо прокручивать подшипник в процессе пополнения. Поскольку пополнение пластичной смазки подшипника непосредственно через внутреннее или наружное кольцо обеспечивает наибольший эффект от введения свежего смазочного материала, количество заправляемой смазки может быть меньше, чем при дозаправке со стороны торца подшипника. Предполагается, что смазочные каналы были уже заполнены пластичной смазкой в процессе монтажа. В противном случае, для первого пополнения потребуется большее количество смазки, поскольку часть ее уйдет на заполнение смазочных каналов.

При использовании длинных смазочных каналов необходимо убедиться в том, что достаточное количество смазки закачивается при существующей температуре окружающей среды.

Считается, что пластичная смазка заменена полностью, если свободное пространство внутри корпуса больше не вмещает дополнительное количество пластичной смазки, т.е. заполнено примерно более 75 % полости корпуса. Если смазывание производится со стороны торца подшипника и начальное заполнение корпуса составляет 40 %, для полной замены пластичной смазки потребуется примерно пять дозаправок. Из-за более низкой начальной наполняемости полости корпуса и меньшего расхода пластичной смазки при смазывании подшипника непосредственно через внутреннее или наружное кольцо полная замена пластичной смазки требуется лишь в исключительных случаях.

Замена пластичной смазки

Если замена пластичной смазки производится с расчетной периодичностью или после определенного количества восполнений, отработавшая пластичная смазка в подшипниковом узле должна быть полностью удалена и заменена свежей.

Заполнение полости подшипника и корпуса пластичной смазкой должно производиться в соответствии с рекомендациями подраздела «Пополнение».

Для замены пластичной смазки в корпусе подшипника к нему должен быть обеспечен легкий доступ, а его крышки должны легко открываться. Чтобы открыть полость корпуса, обычно, достаточно снять крышку разъемного корпуса или крышки цельного корпуса. После удаления отработавшей пластичной смазки, прежде всего, нужно заложить смазку в про-межутки между телами качения. Необходимо внимательно следить за тем, чтобы в процессе замены смазки в полость подшипника и корпуса не попали загрязнения. Кроме того, сама смазка должна быть защищена от загрязнений. Во избежание аллергических кожных реакций всю процедуру рекомендуется производить в специальных защитных перчатках.

Если доступ к корпусам подшипников затруднен, но они оборудованы смазочными штуцерами и выпускными отверстиями, можно произвести полную замену пластичной смазки путем нескольких повторных закачек смазки до тех пор, пока можно будет предположить, что отработанной смазки в полости корпуса больше нет. Такая процедура требует большего расхода пластичной смазки, чем ее ручная замена. Кроме того, еще одним недостатком этого метода является то, что при вращении подшипников с высокими скоростями он приводит к чрезмерному повышению температуры.

Непрерывное смазывание

Данный метод используется, когда расчетная периодичность смазывания очень коротка, например, из-за вредного влияния загрязнений или когда использование других методов нецелесообразно, например, по причине затрудненного доступа к подшипнику.

Ввиду чрезмерного взбалтывания пластичной смазки, которое может привести к повышению температуры подшипника, режим непрерывного смазывания можно рекомендовать лишь только для невысоких частот вращения, т.е. когда параметр быстроходности составляет

- $A < 150\ 000$ для шарикоподшипников
- $A < 75\ 000$ для роликовподшипников.

В таких случаях первоначальное наполнение полости корпуса может составлять 100 %, а требуемое количество смазки за единицу времени определяется по формулам для G_p , указанным в разделе «Пополнение пластичной смазки», путем распределения соответствующего количества по интервалам смазывания.

При использовании режима непрерывного смазывания необходимо следить за тем, чтобы достаточное количество пластичной смазки прокачивалось через смазочные каналы при существующей температуре окружающей среды.

Для непрерывного смазывания можно использовать одноточечные и многоточечные автоматические лубрикаторы, например, SYSTEM 24® или SYSTEM MultiPoint. За дополнительной информацией просим обратиться к разделу «Изделия для технического обслуживания и смазывания», начиная со стр. 1069.

Изготавливаемые по индивидуальному заказу автоматические системы смазки, например, проточные централизованные одно- и многоканальные системы смазки VOGEL®, обеспечивают надежное смазывание при чрезвычайно экономическом расходе смазочного материала. Дополнительную информацию о системах смазки VOGEL можно найти на веб-сайте www.vogelag.com.

Смазывание

Таблица 2

Пластичные смазки SKF – технические характеристики

Часть 1: Технические спецификации

Обозна- чение	Назначение	Класс NGLI	Загуститель/ базовое масло	Вязкость базового масла при 40 °C	100 °C	Пределы температуры
–	–	–	–	мм ² /с	–	°C
LGMT 2	Универсальная промышленная и автомобильная	2	Литиевое мыло/минеральное масло	110	11	-30 +120
LGMT 3	Универсальная промышленная и автомобильная	3	Литиевое мыло/минеральное масло	120	12	-30 +120
LGEП 2	Антизадирная, для больших нагрузок	2	Литиевое мыло/минеральное масло	200	16	-20 +110
LGLT 2	Аля низких нагрузок и температур, высоких скоростей	2	Литиевое мыло/PAO	15	3,7	-55 +100
LGHP 2	Для высоких нагрузок и высоких температур	2-3	Полимочевина/минеральное масло	96	10,5	-40 +150
LGFP 2	Совместимая с продуктами питания	2	Комплекс. алюминий/мед. белое масло	130	7,3	-20 +110
LGGB 2	Биоразлагаемая и низкотоксичная	2	Литиево-кальциевое мыло/эфирное масло	110	13	-40 +120
LGWA 2	Широкий диапазон температур	2	Комплексное литиевое мыло/минеральное масло	185	15	-30 +140 пики +220
LGHB 2	Высоковязкая для высоких температур	2	Компл. кальция сульфонат/минер. масло	450	26,5	-20 +150 пики +200
LGET 2	Для экстремальных температур	2	PTFE/синтетич. (фторированный полизифир)	400	38	-40 +260
LGEM 2	Высоковязкая с твердыми смазочными добавками	2	Литиевое мыло/минеральное масло	500	32	-20 +120
LGEV 2	Сверхвысоковязкая с твердыми смазочными добавками	2	Литиево-кальциевое мыло/минеральное масло	1 000	58	-10 +120
LGWM 1	Антизадирная для низких температур	1	Литиевое мыло/минеральное масло	200	16	-30 +110

¹⁾ LTL: нижний температурный предел. Диапазон рабочих температур → раздел «Диапазон температур: принцип светофора SKF» стр. 232

²⁾ HTPL: верхний предел рабочих температур

Таблица 2

Пластичные смазки SKF – технические спецификации и характеристики

Часть 2: Характеристики

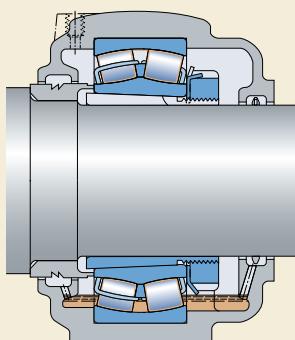
Обозна- чение	Темпера- тура свыше +120 °C	Низкая темпере- тура ¹⁾	Очень высок. скорость вращ.	Очень низк. скорость вращ. или колебания	Малые крутящ. моменты, трение	Сильн. вибра- ции	Тяжелые нагрузки	Анти- корроз. свойст- ва	Водо- стой- кость
LGMT 2		0	-	+	+	0	+	+	+
LGMT 3		0	-	0	+	0	0	0	+
LGEP 2		0	0	-	+	+	+	+	+
LGLT 2	+	+	-	+	-	-	0	0	0
LGHP 2	+	0	+	-	0	+	0	+	+
LGFP 2		0	-	0	0	+	+	+	+
LGGB 2	0	0	0	0	+	+	0	0	+
LGWA 2	+	0	0	0	+	+	+	+	+
LGHB 2	+	0	+	-	+	+	+	+	+
LGET 2					свяжитесь с технической службой SKF				
LGEM 2	-	+	-	+	+	+	+	+	+
LGEV 2	-	-	+	-	+	+	+	+	+
LGWM 1	+	0	0	0	-	+	+	+	+

Символ + Рекомендуется
о Пригодна
- Непригодна

При отсутствии символа использование соответствующей смазки допустимо, но не рекомендуется.
Дополнительную информацию можно получить в технической службе SKF

¹⁾ Диапазон рабочих температур → раздел «Диапазон температур: принцип светофора SKF», стр. 232

Рис. 6



Смазывание маслом

Обычно масло используется для смазывания подшипников качения в тех случаях, когда из-за высоких скоростей или рабочих температур использование пластичной смазки невозможно, когда требуется обеспечить отвод теплоты, возникающей при трении, или внешнего тепла от месторасположения подшипника или когда сопряженные детали (зубчатые колеса и пр.) смазываются маслом.

При использовании методов смазывания циркуляцией масла и точечного смазывания необходимо предусмотреть, чтобы сечение маслоотводящих каналов было достаточным для отвода потока масла, поступающего из подшипникового узла.

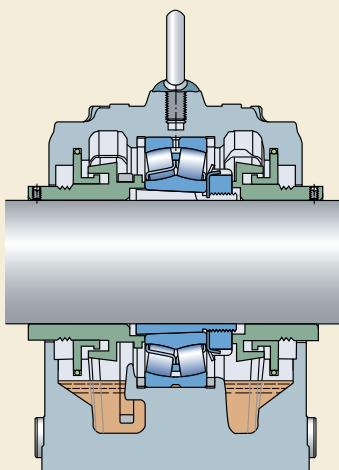
Для увеличения ресурса подшипников могут быть использованы любые методы смазывания, предусматривающие использование очищенного масла, например, циркуляцией с фильтрацией, впрыском или точечное с фильтрацией масла и воздуха. При использовании циркуляционного и точечного смазывания необходимо обращать внимание на сечение маслоотводящих каналов, чтобы оно было достаточным для отвода потока масла, чтобы масло могло вытекать из узла.

Способы смазывания маслом

Масляная ванна

Простейший способ смазывания маслом – масляная ванна (→ **рис. 6**). Масло, увлекаемое вращающимися деталями подшипника, распределяется внутри подшипника, а затем стекает назад в масляную ванну. Высота уровня масла должна доходить почти до центра самого нижнего тела качения подшипника в неподвижном состоянии. Для поддержания оптимального уровня масла рекомендуется использовать специальные устройства, например, SKF LAHD 500. В случае, если корпус подшипника, вращающегося с высокой скоростью, переполняется маслом в результате неправильной работы устройства для поддержания уровня масла, вызываемого значительным понижением уровня масла, просим обратиться за консультацией к специалистам технической службы SKF.

Рис. 7



Маслоподающие кольца

В тех случаях, когда смазывание маслом обусловлено скоростями и рабочими температурами, для обеспечения высокой надежности смазывания рекомендуется использовать смазывание маслоподающим кольцом (→ рис. 7), которое служит для создания циркуляции масла. Это кольцо свободно расположено на втулке вала и погружено в масло, находящееся в нижней половине корпуса. Вращаясь вместе с валом, кольцо переносит масло из нижней части корпуса в маслосборник, откуда оно, пройдя через подшипник, стекает обратно в нижний коллектор. Стационарные корпуса SKF серии SONL специально предназначены для смазывания маслоподающим кольцом. За дополнительной информацией просим обращаться в техническую службу SKF.

Циркуляция масла

Высокие скорости приводят к повышению рабочей температуры и ускоряют старение масла. Чтобы избежать частой замены масла и создать условия полного погружения, обычно, выбирают смазывание циркуляцией масла (→ рис. 8). Циркуляция масла, как правило, создается при помощи насоса. После прохождения через подшипник масло, как правило, стекает в масляный резервуар, где оно при необходимости фильтруется и охлаждается перед возвратом в полость подшипника. Надлежащая фильтрация способствует повышению коэффициента η_c и тем самым увеличивает ресурс подшипника (→ раздел «Теория ресурса SKF» на стр. 52).

Охлаждение масла позволяет поддерживать рабочие температуры подшипника на низком уровне.

Рис. 8

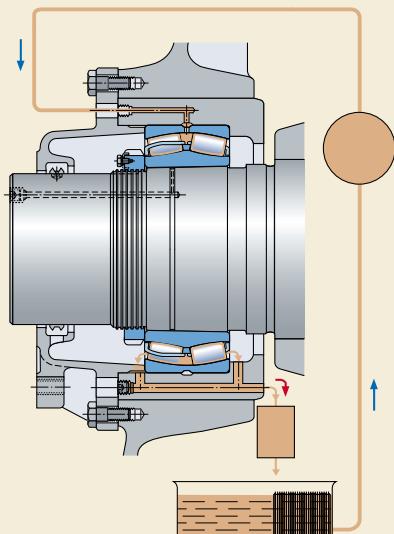


Рис. 9

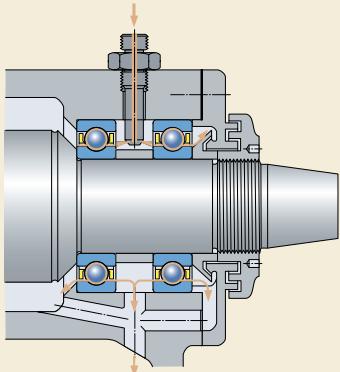
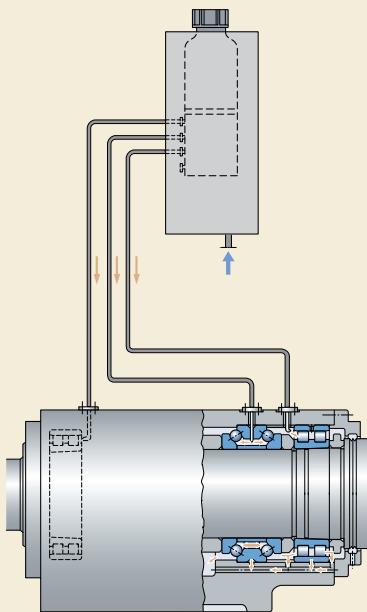


Рис. 10



Смазывание впрыском масла

Для обеспечения достаточного смазывания без лишнего повышения рабочей температуры в условиях очень высоких скоростей в подшипник должно поступать достаточное, но не избыточное количество масла. Одним из наиболее эффективных методов достижения такого режима является способ смазывания впрыском масла (→ рис. 9), при котором струя масла под высоким давлением направляется в подшипник со стороны его торца. Скорость струи масла должна быть достаточно высокой (не менее 15 м/с) для преодоления завихрений, возникающих вокруг врачающегося подшипника.

Точечное смазывание

В процессе точечного смазывания (→ рис. 10), которое также называют масловоздушным смазыванием, очень небольшое и точно дозированное количество масла направляется в каждый отдельный подшипник при помощи сжатого воздуха. Это минимальное количество позволяет подшипникам работать при таких низких температурах и на таких высоких скоростях, каких не может обеспечить никакой другой способ смазывания. Масло подается в каналы дозирующим устройством, например, SKF TOS-EX2, через заданные интервалы времени. Прижимаясь к стенкам каналов под воздействием сжатого воздуха, масло «сползает» по ним и поступает в подшипник через штуцер или просто перетекает на дорожки качения под воздействием сил поверхностного натяжения. Сжатый воздух используется для охлаждения подшипника и создания избытка давления в подшипниковом узле, препятствуя проникновению внутрь загрязняющих веществ.

За дополнительной информацией по конструкциям систем точечной смазки просим обратиться к изданию компании VOGEL 1-5012-3 «Oil + Air Systems» или посетить веб-сайт www.vogelag.com.

Смазывание масляным туманом

В последнее время смазывание масляным туманом не рекомендуется из-за того, что оно оказывает вредное воздействие на окружающую среду.

Однако новое поколение генераторов масляного тумана позволяет производить масляный туман плотностью 5 ррт масла, а новые конструкции уплотнений уменьшают рассеяние масляного тумана до минимума. В случае использования нетоксичного синтетического масла вредное воздействие на окружающую среду уменьшается еще больше. Сегодня область применения смазывания масляным туманом ограничена подшипниками, имеющими сугубо узкое применение, например, в нефтеперерабатывающей промышленности.

Смазочные масла

Для смазывания подшипников качения, как правило, лучше всего подходят минеральные масла, не содержащие антизадирных добавок ЕР. Масла, содержащие антизадирные, антиизносные и другие добавки, служащие для улучшения некоторых смазочных характеристик, обычно используются только в особых случаях. Замечания, касающиеся добавок и изложенные в подразделе «Антизадирные и антиизносные добавки» на стр. 234, также относятся к использованию этих добавок в маслах.

Имеются синтетические варианты многих популярных классов смазочных масел. Как правило, возможность использования синтетических масел рассматривается только в

исключительных случаях, например, при очень низких или очень высоких рабочих температурах. Термин «синтетические масла» охватывает широкий спектр разных базовых компонентов, главными из которых являются полиальфаолефины (PAO), сложные эфиры и полиалкилгликоли (PAG). Свойства этих синтетических масел отличаются от свойств минеральных масел (→ табл. 3).

Что касается усталостного ресурса подшипника, то здесь главную роль играет реальная толщина смазывающей пленки. В полностью погруженном состоянии на реальную толщину смазочной пленки на поверхности контакта оказывает влияние вязкость масла, индекс вязкости и зависимость вязкости от давления. Поскольку большинство смазочных масел на минеральной основе имеет одинаковый коэффициент зависимости вязкости от давления, общие величины этого коэффициента, указанные в специальной литературе, могут быть использованы без большой ошибки. Однако реакция вязкости на повышение давления определяется химической структурой используемых базовых компонентов. В силу этого коэффициент зависимости вязкости от давления у разных типов синтетических масел может изменяться в широких пределах. Ввиду разницы величин индекса вязкости и коэффициента зависимости вязкости от давления следует помнить, что процесс образования смазочной пленки при использовании синтетического масла может отличаться от аналогичного процесса при использовании минерального масла той же вязкости. Следует всегда

Таблица 3

Характеристики типов масла				
Свойства	Тип масла	Минеральное	PAO	Эфирное
Температура застывания (°C)	-30 .. 0	-50 .. -40	-60 .. -40	прим. . - 30
Индекс вязкости	низкий	средний	высокий	высокий
Коэффициент зависимости вязкости от давления	высокий	средний	низкий-средний	высокий

стремиться получить точную информацию по этому вопросу от поставщика конкретного смазочного материала.

Кроме того, в образовании смазочной пленки определенную роль играют добавки. Поскольку растворимость базовых компонентов синтетических и минеральных масел различна, следует использовать только те типы добавок, которые предназначены для соответствующего типа масла.

Выбор смазочного масла

Выбор масла, главным образом, зависит от вязкости, которая требуется для обеспечения достаточного смазывания подшипника при его рабочей температуре. Вязкость масла зависит от его температуры и понижается по мере роста температуры. Зависимость вязкости от температуры выражается индексом вязкости VI. Для смазывания подшипников качения рекомендуется использовать масла, имеющие индекс вязкости не менее 95.

Для образования достаточно толстой смазочной пленки на поверхности контакта тел качения с дорожками качения масло должно сохранять минимальную вязкость при рабочей температуре. При условии использования минерального масла номинальную кинематическую вязкость v_1 , которая требуется при рабочей температуре для обеспечения достаточного смазывания, можно определить по **диаграмме 5, стр. 254**. Если величина рабочей температуры известна из предыдущего опыта или ее можно определить каким-либо иным способом, соответствующую вязкость при установленной международными стандартами эталонной температуре 40 °C (т.е. класс вязкости ISO VG) можно определить по **диаграмме 6, стр. 255**, которая составлена для индекса вязкости 95.

Некоторые типы подшипников, например, сферические роликоподшипники, торoidalные роликоподшипники, конические роликоподшипники и сферические упорные подшипники, как правило, имеют более высокую рабочую температуру по сравнению с такими типами подшипников, как радиальные шарикоподшипники и цилиндрические роликоподшипники при сравнимых рабочих условиях.

При выборе масла следует учитывать следующие аспекты:

- Ресурс подшипника можно увеличить за счет выбора масла, вязкость которого при рабочей температуре выше номинальной вязкости v_1 , определенной по **диаграмме 5**. Соотношение $v > v_1$ может быть достигнуто за счет выбора минерального масла более высокого класса вязкости ISO VG или применением масла с более высоким индексом вязкости VI, при одинаковом коэффициенте давление-вязкость. Однако поскольку с увеличением вязкости увеличивается рабочая температура подшипника, существует практический предел улучшения смазывания, которого можно добиться таким способом.
- Если коэффициент вязкости $K = v/v_1$ меньше 1, рекомендуется использовать масло, содержащее добавки EP, а если K меньше 0,4, использование добавок EP становится обязательным. Масло, содержащее добавки EP, может также повышать эксплуатационную надежность крупных и средних подшипников в тех случаях, когда $K > 1$. Следует помнить, что некоторые добавки EP могут быть вредны (\rightarrow раздел «Антизадирные и антиизносные добавки» на **стр. 234**).
- Если предполагается эксплуатация подшипников на исключительно малых или высоких скоростях или в условиях критических нагрузок или необычных условий смазывания, просим обратиться за консультацией к специалистам технической службы SKF.

Пример

Подшипник, имеющий диаметр отверстия $d = 340$ мм и наружный диаметр $D = 420$ мм, вращается с частотой вращения $n = 500$ об/мин. Поэтому $d_m = 0,5 (d + D) = 380$ мм. Из **диаграммы 5**, минимальная кинематическая вязкость $n1$, требуемая для достаточного смазывания при рабочей температуре, составляет примерно 11 $\text{мм}^2/\text{с}$. Если предположить, что рабочая температура подшипника составляет +70 °C по **диаграмме 6**, определяем, что требуется смазочное масло класса вязкости ISO VG 32, фактическая кинематическая вязкость которого при n должна быть не менее 32 $\text{мм}^2/\text{с}$ при 40 °C.

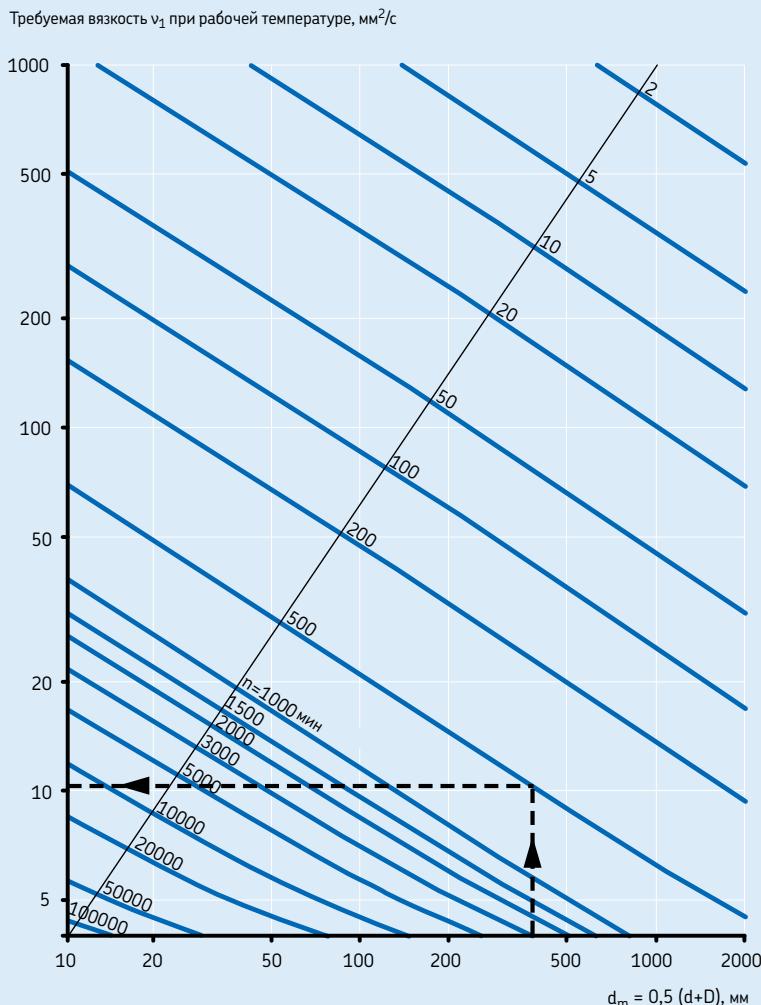
Замена масла

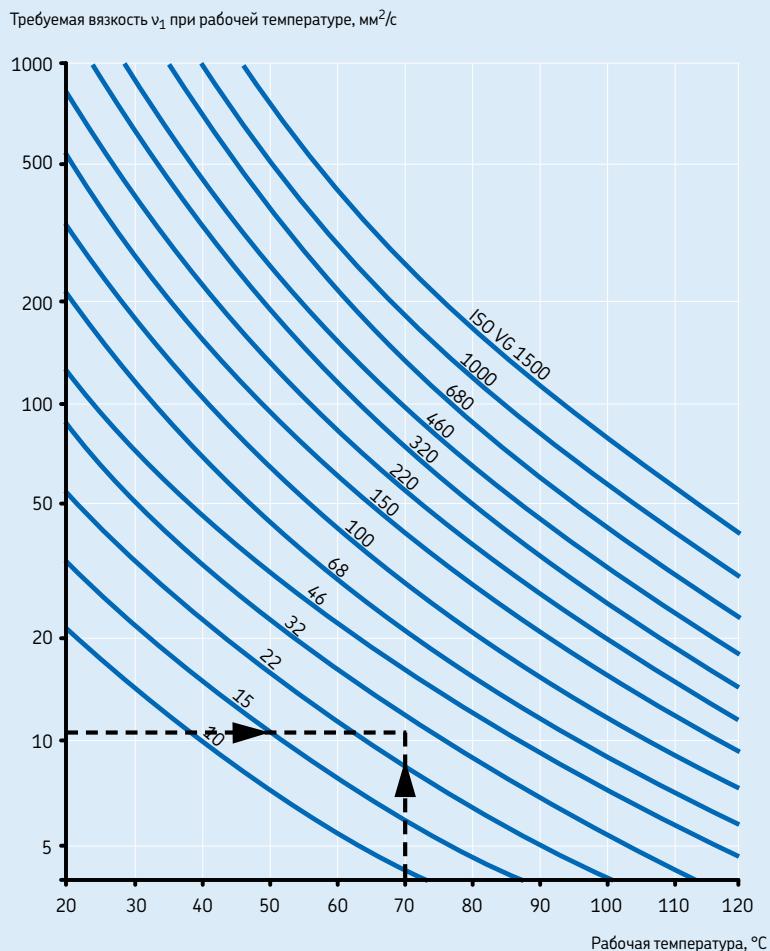
Периодичность замены масла, в основном зависит от условий эксплуатации и качества масла.

При смазывании масляной ванной, как правило, достаточно заменять масло один раз в год при условии, что рабочая температура не превышает 50 °С и практически отсутствует опасность загрязнения масла. Эксплуатация в условиях более высоких температур требует более частой замены масла, так, например, при эксплуатации в условиях рабочих температур порядка 100 °С замена масла должна производиться каждые три месяца. Частая замена масла также требуется при эксплуатации подшипников в тяжелых условиях.

При смазывании циркуляцией масла периодичность замены масла также зависит от периодичности циркуляции общего объема масла и от того, используется ли охлаждение масла или нет. В целом определить приемлемую периодичность замены масла можно лишь опытным путем в процессе эксплуатации или регулярной проверкой состояния масла на предмет отсутствия загрязненности и признаков сильного окисления. Те же рекомендации относятся к смазыванию впрыском масла. При точечном смазывании масло лишь однажды проходит через подшипник и повторно не используется.

Определение номинальной вязкости, требуемой для достаточного смазывания



Перевод в кинематическую вязкость ν (классификация ISO VG)



Монтаж и демонтаж

Общая информация.....	258
Условия монтажа	258
Подготовка к монтажу и демонтажу	258
Порядок обращения с подшипниками.....	260
 Монтаж.....	 261
Монтаж подшипников с цилиндрическим отверстием.....	261
Регулировка подшипников.....	262
Монтаж подшипников с коническим отверстием	263
Пробный запуск в работу.....	267
 Демонтаж.....	 268
Демонтаж подшипников с цилиндрическим отверстием.....	268
Демонтаж подшипников с коническим отверстием	270
 Хранение подшипников	 273
 Ревизия и очистка.....	 273

Общая информация

Для обеспечения безотказной работы подшипников качения при их монтаже необходимы определенные навыки и аккуратность.

Подшипники качения являются прецизионными деталями, требующими осторожного обращения при монтаже. Также важно правильно выбрать метод монтажа и инструменты для работы. Обширная номенклатура изделий SKF для монтажа и технического обслуживания включает механические и гидравлические инструменты, нагреватели и другие изделия. Этот полный спектр изделий способен облегчить и ускорить работу, обеспечивая профессиональный результат. Краткое описание этих изделий можно найти в разделе «Изделия для технического обслуживания и смазывания» на стр. 1069.

Для реализации максимального срока службы подшипника последний должен быть правильно установлен, что не так просто, как кажется, в особенности когда речь идет о крупногабаритных подшипниках. Подразделение Систем надежности SKF организует семинары и практические занятия по обучению методам монтажа и демонтажа подшипников. Содействие в монтаже и техническом обслуживании можно также получить в местном представительстве SKF.

Информация, представленная в настоящем разделе, в основном, носит общий характер и предназначена обозначить главные вопросы, подлежащие решению конструкторами машин и оборудования для облегчения процедуры монтажа и демонтажа подшипников. Более подробное описание методики монтажа и демонтажа можно найти в издании «Справочник SKF по техническому обслуживанию подшипников качения», который можно заказать в местном представительстве SKF; данная информация также доступна интернет-сайтах www.skf.com/mount или www.aptitudexchange.com.

Условия монтажа

Монтаж подшипников должен производиться в сухом, чистом помещении вдали от металло режущих или других станков, работа которых сопровождается появлением металлической стружки и пыли. Если монтаж подшипников производится в незащищенном месте, как это

часто бывает в случае с крупногабаритными подшипниками, на период монтажа необходимо принять меры по защите подшипника от воздействия пыли, грязи и влаги. Это можно сделать, накрыв или обернув подшипники и прочие детали машин пропитаной парафином бумагой или фольгой.

Подготовка к монтажу и демонтажу

Приступая к монтажу, нужно заранее подготовить все необходимые детали, инструменты и технические инструкции. Также рекомендуется изучить все чертежи и инструкции, чтобы определить правильный порядок сборки деталей.

Следует удостовериться в отсутствии загрязненности корпусов, валов, уплотнений и других деталей, особенно в таких местах, как резьбовые отверстия, каналы или канавки, где могут скапливаться стружка и металлические частицы, оставшиеся после обработки. Поверхности литьых корпусов, не подвергавшихся механической обработке, должны быть очищены от формовочной смеси, а все заусенцы удалены.

Следует проверить точность размеров и формы всех компонентов подшипникового узла. Удовлетворительная работа подшипника будет обеспечена лишь в том случае, если все сопряженные детали выполнены с требуемыми допусками. Контроль диаметра цилиндрических валов и посадочных поверхностей корпусов обычно производится в двух поперечных сечениях и в четырех направлениях (→ **рис. 1**). Конические посадочные места проверяются при помощи кольцевых калибров, специальных приспособлений или синусных линеек.

Рекомендуется вести записи замеров. При измерениях важно, чтобы измеряемые детали и измерительные инструменты имели примерно одинаковую температуру. Это означает, что детали и измерительные инструменты должны находиться в одном и том же месте достаточно долго, чтобы их температура успела выровняться. Это особенно важно для крупногабаритных подшипников и сопряженных деталей, обладающих большим весом и крупными габаритами.

Во избежание воздействия загрязнений подшипники должны находиться в оригинальной упаковке вплоть до начала монтажа. Обычно консервант, которым обрабатываются подшипники на заводе, удалять не требуется,

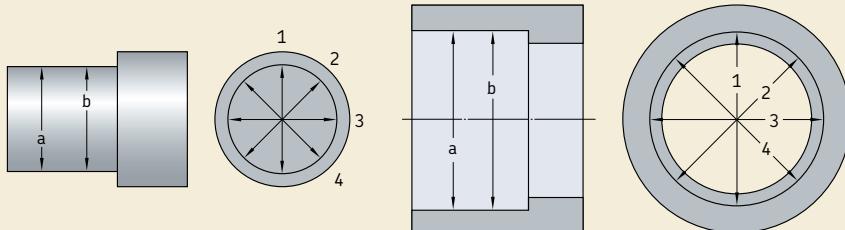
достаточно удалить его с внешней цилиндрической поверхности и поверхности отверстия. Однако, если предполагается, что подшипник будет смазываться пластичной смазкой и работать в условиях очень высоких или очень низких температур, его необходимо промыть и тщательно высушить. Это делается для того, чтобы исключить любое вредное воздействие на смазочные свойства пластичной смазки.

Подшипники следует промыть и высушить перед монтажом, если существует вероятность их загрязнения в результате неправильного обращения (поврежденная упаковка и т.д.).

Если при распаковке выяснится, что подшипник покрыт относительно толстым слоем плотного консерванта, то такой подшипник также следует промыть и высушить. Это, в частности, относится к некоторым крупногабаритным подшипникам диаметром более 420 мм. Для промывки подшипников качения рекомендуется использовать уайт-спирит и керосин.

Не следует промывать перед монтажом подшипники, предварительно заполненные смазкой, а также подшипники, имеющие встроенные уплотнения или защитные шайбы с обеих сторон.

Рис. 1



Монтаж и демонтаж

Порядок обращения с подшипниками

В большинстве случаев целесообразно использовать перчатки, а также грузоподъемное оборудование, специально предназначенное для монтажа и демонтажа подшипников. Это позволяет не только сэкономить время и деньги, но и упрощает работу, делая ее более безопасной.

По этим же причинам рекомендуется работать с нагретыми и промасленными подшипниками в жаро- и маслостойких перчатках. Такие перчатки должны быть прочными снаружи и иметь не вызывающую кожной аллергии подкладку. Этим требованиям отвечают, например, перчатки SKF серии TMVA.

Зачастую причина проблем, возникающих с нагретыми и/или крупногабаритными подшипниками, кроется в отсутствии безопасного и эффективного подсобного инструмента, при помощи которого подъем и транспортировку подшипников могли бы осуществлять один или два человека. Между тем, подходящий подсобный инструмент может быть изготовлен непосредственно в сборочном цехе. Одним из возможных вариантов решения этой проблемы является выпускаемый SKF инструмент для подшипников серии ТМНН (→ рис. 2), который упрощает подъем и транспортировку подшипников, а также их установку и демонтаж.

При необходимости перемещения и удержания крупногабаритных подшипников с помощью подъемного механизма, они должны подвешиваться не за одную точку, а при помощи стальной или тканевой ленты (→ рис. 3). Пружина, установленная между крюком подъемного механизма и лентой, облегчает позиционирование подшипника в процессе его монтажа на вал.

Для подъема крупногабаритных подшипников по заказу на торцах колец могут быть предусмотрены резьбовые отверстия под рым-болты. Так как размер отверстий ограничен толщиной кольца, за рым-болты должен производится подъем только самого подшипника или его отдельного кольца. Также необходимо внимательно следить за тем, чтобы нагрузка на рым-болты была направлена вдоль их оси (→ рис. 4). В противном случае необходимо использовать специальные приспособления.

При монтаже крупногабаритного корпуса на подшипник, уже смонтированный на вал, рекомендуется использовать трехточечную подвеску для корпуса с возможностью регулировки длины одной стропы, что обеспечит точное выравнивание отверстия корпуса относительно подшипника.

Рис. 2



Рис. 3

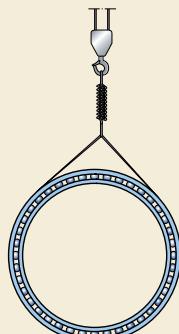


Рис. 4

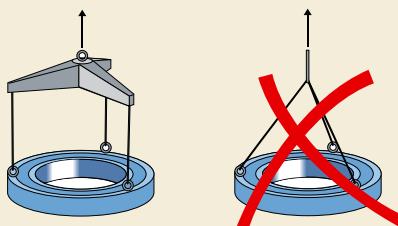
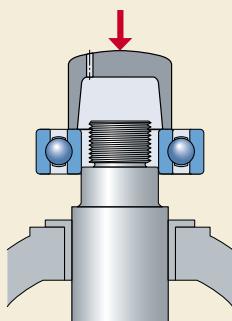


Рис. 5

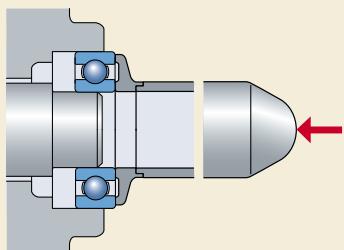


Монтаж

В зависимости от типоразмера подшипника могут использоваться механические, нагревательные или гидравлические способы монтажа. В любом случае важно, чтобы кольца подшипника, сепараторы и тела качения или уплотнения не подвергались прямым ударам и чтобы монтажное усилие никогда не передавалось через тела качения.

Некоторые детали могут иметь свободную посадку, поэтому для предотвращения контактной коррозии между сопряженными поверхностями рекомендуется покрывать их тонким слоем антифrettинговой пасты SKF LGAF 3 E.

Рис. 6



Монтаж подшипников с цилиндрическим отверстием

При монтаже неразборных подшипников первым обычно монтируют кольцо, имеющее более тугую посадку. Посадочную поверхность перед монтажом следует слегка смазать маслом.

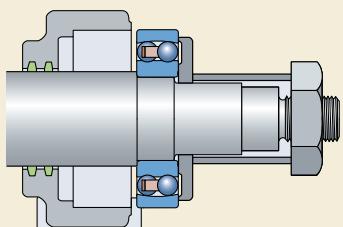
Холодный монтаж

В случае не очень тугой посадки монтаж малых подшипников производится легкими ударами молотком по втулке, прижатой к торцу кольца подшипника. Во избежание перекоса удары должны равномерно распределяться по окружности кольца. Использование оправки вместо втулки позволяет направлять монтажное усилие по центру (**→ рис. 5**).

При одновременной напрессовке неразборного подшипника на вал и в отверстие корпуса монтажное усилие должно быть в равной степени распределено между обеими кольцами, а опорные поверхности монтажного инструмента должны лежать в одной плоскости. В этом случае следует использовать инструмент, ударное кольцо которого опирается на торцы внутреннего и наружного колец, а втулка позволяет направлять монтажное усилие по центру (**→ рис. 6**).

При монтаже самоустанавливающихся подшипников использование промежуточного монтажного кольца позволяет избежать перекоса наружного кольца в момент ввода подшипника и вала в отверстие корпуса (**→ рис. 7**). Следует помнить о том, что шарики некоторых самоустанавливающихся подшипников выступают за границу боковых плоскостей подшипника, поэтому, чтобы не повредить шарики

Рис. 7



Монтаж и демонтаж

в промежуточном монтажном кольце должны быть предусмотрены соответствующие вырезы. Для монтажа подшипников больших размеров, как правило, используются механические или гидравлические прессы.

В случае с разборными подшипниками внутреннее кольцо может устанавливаться независимо от наружного кольца, что упрощает процедуру монтажа, особенно когда оба кольца имеют посадку с натягом. При установке вала с уже установленным на нем внутренним кольцом в корпус с наружным кольцом необходимо внимательно следить за отсутствием перекоса колец, возникновение которого может вызвать задиры на дорожках и телах качения. При монтаже цилиндрических и игольчатых роликоподшипников внутренними кольцами без бортов или внутренними кольцами, имеющими борт с одной стороны, SKF рекомендует использовать направляющую втулку (**→ рис. 8**). Наружный диаметр втулки должен быть равен диаметру дорожки качения внутреннего кольца и обработан с допуском d10.

Монтаж с нагревом

В большинстве случаев монтаж крупногабаритных подшипников в холодном состоянии не представляется возможным, т.к. усилие, требуемое для монтажа подшипника, значительно возрастает по мере увеличения его размера. Поэтому подшипники, внутренние кольца или корпуса (например, ступицы) перед монтажом нагревают.

Требуемая разница температур между кольцом подшипника и валом или корпусом зависит от степени натяга и диаметра посадочного места подшипника. Подшипники в общем случае нельзя нагревать выше 125 °C, т.к. это может привести к изменению размеров в результате изменения структуры материала. Подшипники с защитными шайбами или уплотнениями нельзя нагревать выше 80 °C из-за имеющейся в них пластичной смазки или материала уплотнений.

При нагреве подшипников следует избегать их перегрева в отдельных местах. Для равномерного нагрева подшипников рекомендуется использовать индукционные нагреватели SKF (**→ рис. 9**). В случае использования нагревательных плит в процессе нагрева подшипник должен быть перевернут несколько раз. Запрещается использовать нагревательные плиты для нагрева подшипников с уплотнениями.

Регулировка подшипников

В отличие от других радиальных подшипников, внутренний зазор однорядных радиально-упорных шарикоподшипников и конических роликоподшипников определяется лишь после регулировки положения одного подшипника по отношению к второму подшипнику. Обычно эти подшипники устанавливают парами по О-образной или Х-образной схеме, при этом один из подшипников смещают в осевом направлении до тех пор, пока не будет достигнута заданная величина зазора или предварительного натяга. Выбор величины зазора или преднатяга зависит от требований, предъявляемых к подшипниковому узлу, и условий эксплуатации. Дополнительную информацию о величинах преднатяга можно

Рис. 8

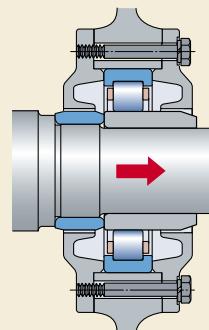


Рис. 9



найти в подразделе «Предварительный натяг подшипников», начиная со стр. 206, поэтому приведенные ниже рекомендации относятся только к регулировке внутреннего зазора подшипниковых узлов, состоящих из радиально-упорных шарикоподшипников и конических роликоподшипников.

Соответствующая величина зазора, устанавливаемая при монтаже, определяется условиями нагружения подшипника при рабочей температуре. В зависимости от размера и расположения подшипников, материала, из которого изготовлен вал и корпус и расстояния между двумя подшипниками после запуска подшипников в работу фактическая величина зазора может оказаться больше или меньше начальной величины, установленной при монтаже. Если, например, разница в тепловом расширении внутреннего и наружного колец вызывает уменьшение зазора в процессе эксплуатации, начальная величина зазора должна быть достаточно большой, чтобы не возникла деформация подшипников со всеми последствиями.

Поскольку существует определенная зависимость между радиальным и осевым зазором радиально-упорных шарикоподшипников и конических роликоподшипников, достаточно задать одну величину, как правило, величину осевого внутреннего зазора. Затем эта заданная величина устанавливается из положения нулевого зазора ослабления или затяжки гайки на валу или резьбового кольца в отверстии корпуса либо путем установки калиброванных шайб или регулировочных прокладок между торцами колец и опорой одного из подшипников. Выбор способа регулировки зазора и измерения величины установленного зазора зависит от количества монтируемых подшипников.

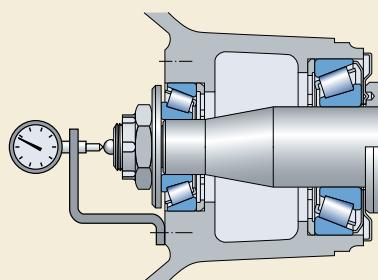
Один из таких способов предполагает проверку установленного осевого зазора, например, ступичного подшипника при помощи индикатора часового типа, устанавливаемого на ступицу (→ **рис. 10**). При регулировке и измерении зазора конических роликоподшипников важно прокрутить вал или корпус на несколько оборотов в обоих направлениях, чтобы убедиться в наличии надлежащего контакта между торцами роликов и направляющим бортом внутреннего кольца. При отсутствии такого контакта результаты измерений будут неточными, а требуемая регулировка не будет достигнута.

Монтаж подшипников с коническим отверстием

Внутренние кольца подшипников с коническим отверстием всегда устанавливаются на валу с натягом. При этом степень натяга определяется не величиной допуска вала, как в случае с подшипниками с цилиндрическим отверстием, а величиной смещения подшипника при его посадке на коническое посадочное место на валу, закрепительной или стяжной втулке. По мере смещения подшипника вдоль конического посадочного места его радиальный внутренний зазор уменьшается. Величину такого уменьшения можно измерить, чтобы определить степень натяга и требуемую посадку.

При монтаже самоустанавливающихся шарикоподшипников, тороидальных роликоподшипников CARB, сферических роликоподшипников, а также прецизионных цилиндрических роликоподшипников с коническим отверстием определяют или величину уменьшения радиального внутреннего зазора, или величину осевого смещения на коническом посадочном месте, на основе которой определяют степень натяга. Рекомендуемые величины уменьшения зазора и осевого смещения приведены во вступительных текстах соответствующих разделов.

Рис. 10



Монтаж и демонтаж

Подшипники небольших размеров

Посадку подшипников небольших размеров на конические посадочные места можно производить при помощи гайки. Посадку малых стяжных втулок в отверстие подшипника также можно производить при помощи гайки. Для затяжки гайки можно использовать накидной или ударный ключ. Перед началом монтажа посадочные поверхности на валу и втулке должны быть смазаны тонким слоем масла.

Подшипники средних размеров

и крупногабаритные подшипники

Для монтажа более крупных подшипников требуется значительно большее усилие, поэтому следует использовать

- гидравлические гайки SKF и/или
- метод гидрораспора,

которые позволяют значительно упростить процесс монтажа. SKF поставляет как оборудование для гидрораспора, так и гидравлические гайки. Дополнительную информацию об этих изделиях можно найти в разделе «Изделия для технического обслуживания и смазывания», начиная со **стр. 1069**.

Если монтаж производится с использованием гидравлической гайки, эта гайка навинчивается на резьбовую часть шейки вала или на резьбу втулки таким образом, чтобы ее кольцевой поршень упирался во внутреннее кольцо подшипника, гайку на валу или диск, закрепленный на торце вала. Под действием подаваемого в гидравлическую гайку масла ее поршень смещается по оси с усилием, достаточным для точного и безопасного монтажа. Монтаж сферического роликоподшипника при помощи гидравлической гайки на

- коническом посадочном месте показан на **рис. 11**
- закрепительной втулке показан на **рис. 12**
- стяжной втулке показан на **рис. 13**.

При использовании метода гидрораспора масло под высоким давлением подается между подшипником и его посадочным местом, образуя на поверхности масляную пленку. Эта масляная пленка разделяет сопряженные поверхности и значительно уменьшает трение между ними. Этот метод обычно используется при монтаже подшипников непосредственно на конические

Рис. 11

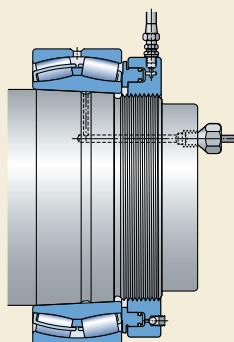


Рис. 12

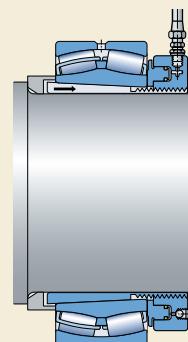
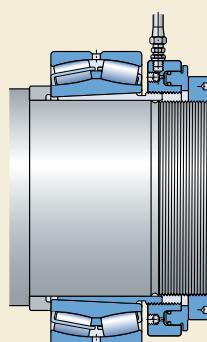
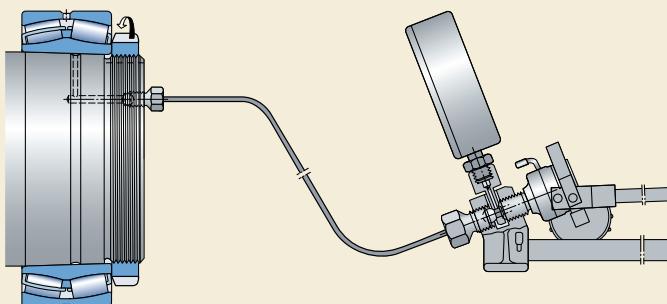


Рис. 13





шейки валов (→ рис. 14), а также может использоваться для монтажа подшипников на закрепительной и стяжной втулках, подготовленных для монтажа с использованием гидрораспора. Требуемое давление создается насосом или инжектором для подачи масла. Масло впрыскивается между сопряженными поверхностями по каналам и распределительным канавкам на валу или втулке. Необходимые каналы и канавки на валу должны быть предусмотрены в процессе конструирования подшипникового узла. Монтаж сферического роликоподшипника на стяжной втулке, имеющей масляные каналы, показан на рис. 15. Запрессовка стяжной втулки в отверстие подшипника производится после подачи масла между сопряженными поверхностями поочередной затяжкой винтов.

Определение величины натяга в посадке

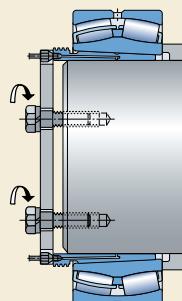
Подшипники с коническим отверстием всегда монтируются с натягом. Для измерения степени натяга используется величина уменьшения радиального внутреннего зазора подшипника или осевого смещения внутреннего кольца на его коническом посадочном месте.

Для измерения степени натяга могут использоваться разные методы:

1. Измерение величины уменьшения зазора при помощи щупа.
2. Измерение угла затяжки стопорной гайки.
3. Измерение величины осевого смещения.
4. Измерение величины расширения внутреннего кольца.

Краткое описание этих четырех разных методов приводится ниже. Более подробную информацию об этих методах можно найти в разделах, посвященных соответствующим изделиям.

Рис. 15



Монтаж и демонтаж

Измерение величины уменьшения зазора при помощи щупа

Метод измерения величины радиального внутреннего зазора при помощи щупа до и после монтажа подшипников применим для средне- и крупногабаритных сферических и торOIDальных роликоподшипников. Величину зазора желательно измерять между наружным кольцом и ненагруженным роликом (→ рис. 16).

Измерение угла затяжки стопорной гайки

Измерение угла затяжки стопорной гайки – проверенный метод определения правильности степени натяга посадки подшипников малых и средних размеров на конических посадочных местах (→ рис. 17). Рекомендуемые величины угла затяжки α , действительны при условии правильного размещения подшипника на коническом посадочном месте.

Измерение величины осевого смещения

Монтаж подшипников с коническим отверстием может быть произведен путем измерения величины осевого смещения внутреннего кольца на его посадочном месте. Рекомендуемые величины требуемого осевого смещения приведены во вступительном тексте к таблицам подшипников соответствующих разделов.

Однако самым удобным в данном случае является «Метод смещения SKF». Этот метод представляет собой надежный и простой способ определения степени натяга. Правильная посадка достигается путем контроля величины осевого смещения подшипника, измеряемой от его исходного положения. Этот метод включает использование гидравлической гайки с индикатором часового типа и специального цифрового манометра, устанавливаемого на гидравлическом насосе (→ рис. 18). Использование заранее установленных величин давления масла и осевого смещения для отдельных типоразмеров подшипников гарантирует их точное позиционирование. Эти величины можно найти

- в справочнике «Метод смещения SKF» на CD
- в «Интерактивном инженерном каталоге SKF» на интернет-сайте www.skf.com
- на интернет-сайте www.skf.com/mount.

Рис. 16

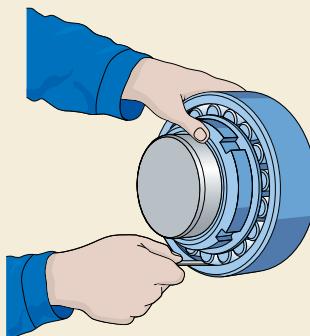


Рис. 17

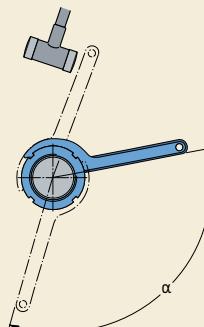
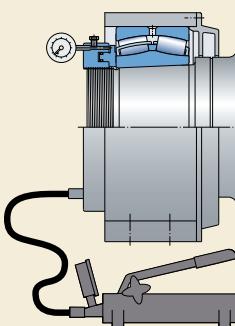


Рис. 18



Измерение величины расширения внутреннего кольца

Измерение величины расширения внутреннего кольца – простой и точный метод определения правильного положения крупногабаритных сферических и торOIDальных роликоподшипников на их посадочных местах. Для этого типа измерения SKF был разработан метод SensorMount®, который предполагает использование датчика, встроенного во внутреннее кольцо подшипника, специального индикатора и обычных монтажных инструментов (→ рис. 19). При этом такие параметры, как размер подшипника, обработка поверхности, материал и конструкция вала – сплошной или полый – учитывать не требуется.

Пробный запуск в работу

По завершении монтажа подшипник заполняют требуемым смазочным материалом и производят пробный запуск в работу с контролем вибрации, шума и температуры.

Пробный запуск производится при частичном нагружении подшипника, а в случае широкого диапазона частот вращения – на скорости, не превышающей среднюю. Ни при каких обстоятельствах запуск подшипника качения не должен производиться без нагрузки и на высокой частоте вращения. В противном случае существует опасность повреждения дорожек качения в результате проскальзывания тел качения или повреждения сепаратора в результате воздействия недопустимых напряжений. Следует обратиться к информации, содержа-

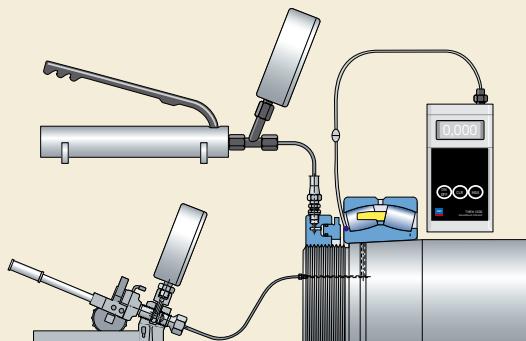
щейся во вступительных текстах соответствующих разделов под заголовком «Минимальная нагрузка».

Источник любого шума или вибрации может быть установлен при помощи электронного стетоскопа SKF. В нормальных условиях работа подшипников сопровождается ровным приглушенным шумом. Посистывание или взвизгивание говорит о недостаточном смазывании. Прерывистый рокот или стук свидетельствует о присутствии в подшипнике загрязняющих частиц или повреждении подшипника в процессе монтажа.

Нагрев подшипника сразу после пуска является нормальным явлением. Например, в случае смазывания пластичной смазкой чрезмерный нагрев подшипника будет продолжаться до тех пор, пока пластичная смазка не распределится равномерно в полости подшипникового узла, после чего будет достигнут температурный баланс. Экстремально высокие температуры или образование резких максимумов указывают на излишнее количество смазки в подшипниковом узле или нарушение величины радиального или осевого зазора. Другими причинами могут быть неправильные размеры сопряженных деталей или повышенное трение уплотнений.

В время пробного запуска или сразу после него необходимо проверить работу уплотнений, всего смазочного оборудования, а также уровень масла в масляной ванне. Возможно, потребуется взять пробу смазочного материала на предмет наличия загрязнений в подшипниковом узле и признаков износа деталей узла.

Рис. 19



Демонтаж

Если после демонтажа подшипников предполагается их повторное использование, усилие, прилагаемое для их демонтажа, никогда не должно передаваться через тела качения.

При демонтаже разборных подшипников кольцо с комплектом роликов и сепаратором может быть демонтировано отдельно от другого кольца. В случае с неразборными подшипниками, первым демонтируют кольцо, имеющее более свободную посадку. Демонтаж подшипника, имеющего посадку с натягом, можно производить при помощи инструмента, описание которого приводится ниже. Выбор инструмента зависит от типоразмера подшипника и величины посадочного натяга.

Демонтаж подшипников с цилиндрическим отверстием

Холодный демонтаж

Демонтаж малых подшипников с посадочных мест может производиться путем легких ударов молотком по торцу кольца через оправку соответствующего размера или, что лучше, при помощи съемника. Захваты съемника охватывают торец демонтируемого кольца или сопряженной детали (→ рис. 20), например, лабиринтного кольца и пр. Процедуру демонтажа можно упростить, если

- предусмотреть пазы на валу и заплечиках корпуса под захваты съемника или
- предусмотреть резьбовые отверстия в заплечиках корпуса для съемных болтов (→ рис. 21).

Для демонтажа более крупных подшипников, установленных с натягом, как правило, требуется большее усилие, особенно в тех случаях, когда после долгого периода работы возникли очаги контактной коррозии. В таких случаях использование гидрораспора может значительно облегчить демонтаж. Это предполагает включение в конструкцию подшипникового узла необходимых маслоподающих каналов и распределительных канавок (→ рис. 22).

Рис. 20

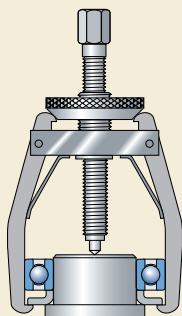


Рис. 21

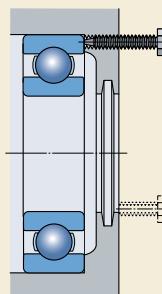


Рис. 22

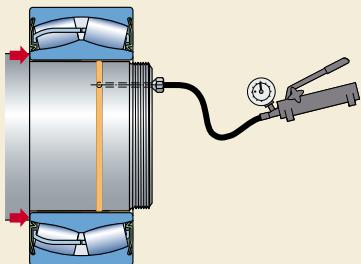


Рис. 23

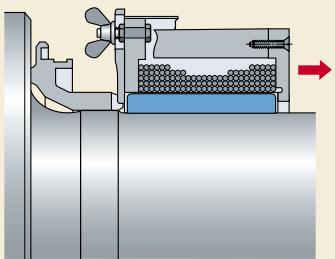
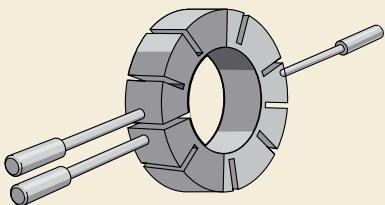


Рис. 24



Демонтаж с нагревом

Для демонтажа внутренних колец цилиндрических роликоподшипников, не имеющих бортов или имеющих один борт, были разработаны специальные индукционные нагреватели. Они быстро нагревают внутреннее кольцо до температуры, при которой расширяющееся кольцо можно легко снять. Эти электрические индукционные нагреватели (→ рис. 23) имеют одну или несколько катушек, работающих от переменного тока. После нагревания и демонтажа внутренних колец они должны быть размагнитены. Использование электрических приборов для демонтажа экономически выгодно в тех случаях, когда монтаж и демонтаж подшипников одного и того же размера производится достаточно часто.

В тех случаях, когда демонтаж внутренних колец цилиндрических роликоподшипников, не имеющих бортов или имеющих только один борт, производится не часто или требуется производить демонтаж внутренних колец более крупного размера (с диаметром отверстия примерно до 400 мм), более рационально использовать термосъемное кольцо. Оно представляет собой кольцо с вырезами, изготовленное из легкого сплава, с ручками (→ рис. 24).

Вышеуказанные нагреватели и термосъемные кольца поставляются компанией SKF.

Дополнительную информацию можно найти в разделе «Изделия для технического обслуживания и смазывания» на стр. 1069.

Монтаж и демонтаж

Демонтаж подшипников с коническим отверстием

Демонтаж подшипника с конической шейки вала

Демонтаж подшипников малых и средних размеров на конической шейке вала может производиться при помощи обычных съемников путем захвата внутреннего кольца (**→ рис. 25**). Во избежание повреждения посадочного места подшипника желательно использовать самоцентрирующийся съемник. Так как освобождение подшипников на конических посадочных местах происходит, как правило, очень быстро, необходимо предусмотреть стопор (например, гайку), который не даст подшипнику полностью слететь с вала.

Демонтаж более крупных подшипников с конических шеек валов можно значительно упростить, если использовать метод гидрораспора. Ввиду того, что после впрыска масла под давлением между сопряженными поверхностями снятие подшипника с его посадочного места происходит неожиданно, необходимо предусмотреть стопор (например, концевую шайбу или гайку), который ограничит осевое перемещение подшипника расстоянием, несколько большим, чем смещение подшипника при посадке (**→ рис. 26**).

Рис. 25

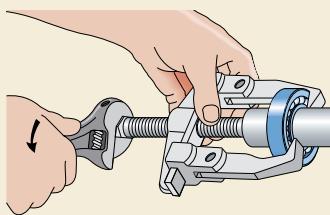


Рис. 26

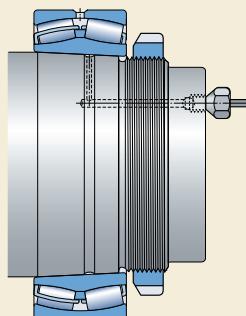
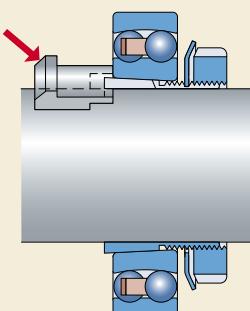


Рис. 27



Демонтаж подшипника на закрепительной втулке

Демонтаж подшипников малых и средних размеров на закрепительной втулке и гладком валу может производиться ударами молотка через сегментную оправку (**→ рис. 27**) до освобождения подшипника. Но перед этим должна быть ослаблена на несколько оборотов гайка втулки.

Демонтаж подшипников малых и средних размеров на закрепительной втулке и ступенчатых валах может производиться при помощи оправки, упирающейся в гайку втулки, которая предварительно была ослаблена на несколько оборотов (**→ рис. 28**).

Демонтаж крупногабаритных подшипников с закрепительной втулкой при помощи гидравлической гайки затруднений, как правило, не вызывает. Однако, чтобы воспользоваться этим методом, подшипник должен упираться в опорное кольцо (**→ рис. 29**). Если во втулках имеются маслоподающие каналы и распределительные канавки, процедура демонтажа будет проще за счет возможности использовать гидрораспор.

Демонтаж подшипника на стяжной втулке

Перед демонтажом подшипников на стяжной втулке следует снять фиксирующее устройство – стопорную гайку, торцевую крышку и пр.

Демонтаж подшипников малых и средних размеров может производиться при помощи стопорной гайки и накидного или ударного ключа (**→ рис. 30**).

Рис. 28

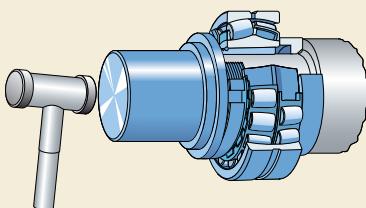
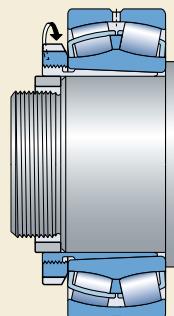
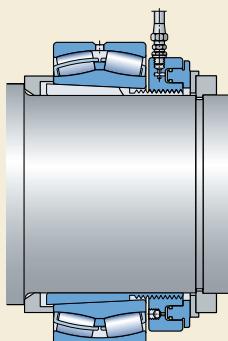


Рис. 30



Монтаж и демонтаж

Для демонтажа крупногабаритных подшипников желательно использовать гидравлическую гайку. Если резьбовая часть втулки выступает за конец или заплечик вала, для предотвращения деформации и повреждения резьбы при затяжке гайки в отверстие втулки необходимо вставить опорное кольцо с максимально возможной толщиной стенки. SKF также рекомендует ограничить возможный ход гидравлической гайки, например, торцевым упором (→ **рис. 31**). Использование упора позволяет предотвратить внезапный сход и падение гайки со втулкой.

Стяжные втулки крупногабаритных подшипников, как правило, имеют распределительные каналы и канавки для гидораспора, позволяющие значительно сократить время демонтажа (→ **рис. 32**).

Рис. 31

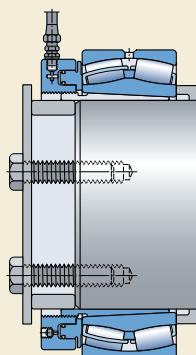
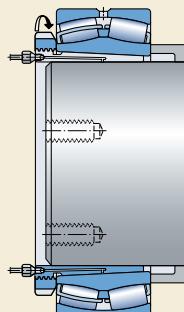


Рис. 32



Хранение подшипников

Подшипники можно хранить в оригинальной упаковке многие годы при условии, что относительная влажность воздуха не превышает 60 % и отсутствуют большие колебания температуры. Складское помещение не должно подвергаться воздействию вибрации и ударов.

При длительном хранении подшипников с уплотнениями или защитными шайбами свойства пластичной смазки могут ухудшиться. Подшипники, хранящиеся не в оригинальной упаковке, должны быть надежно защищены от коррозии и загрязнений.

Крупногабаритные подшипники качения должны храниться только в горизонтальном положении, при этом желательно, чтобы была обеспечена равномерная опора на всю боковую поверхность колец. При хранении в вертикальном положении из-за веса колец и тел качения в подшипнике могут возникнуть необратимые деформации, т.к. стенки колец относительно тонкие.

Ревизия и очистка

Как и все остальные важные детали машин, шариковые и роликовые подшипники необходимо периодически осматривать и очищать. Периодичность таких осмотров целиком зависит от условий эксплуатации.

Если имеется возможность осуществлять диагностический контроль состояния подшипника, например, путем прослушивания рабочих шумов, измерения температуры, проверки пластичной смазки, то, как правило, вполне достаточно, если тщательный осмотр и очистка подшипника (колец, сепаратора и тел качения) и других деталей подшипникового узла будет производиться один раз в год. В условиях тяжелых нагрузок периодичность осмотра учащается, например, осмотр подшипников прокатных станов зачастую производят при замене валков.

После очистки деталей подшипника соответствующим растворителем (уайт-спирит, керосин и т.д.) их следует незамедлительно смазать маслом или пластичной смазкой для защиты от коррозии. Это особенно важно для подшипников, которые установлены в машинах, находящихся в длительном простое.





Надежность и сервис

Интегрированная платформа.....	276
Поддержка принятия решений	276
Мониторинг технического состояния	276
Инструменты и смазочные материалы.....	276
Внедрение новых компонентов	276
Концепция «Оптимизация производственных активов»	276
Технологические и сервисные решения SKF	277
Оценка.....	277
Стратегия техобслуживания	278
Технология техобслуживания.....	278
Процесс снабжения.....	278
Проактивное техобслуживание	278
Техническое обслуживание машин	278
Модернизация машин	278
Обучение	278
Комплексное техническое обслуживание	279
Система поддержки принятия решений @ptitude®	279
Диагностические приборы	280
Сборщики-анализаторы семейства Microlog®	280
Сборщики данных семейства MARLIN®	280
Вибродетектор Vibration Penplus	281
Ультразвуковой детектор Inspector 400.....	281
Инфракрасный термометр	281
Стационарные системы мониторинга.....	281
Датчики вибрации, вихревоковые датчики.....	282
Беспроводные датчики	282
Защитные системы мониторинга машин	283
Компьютерные программы SKF для моделирования рабочих деформаций и модального анализа	283
Программа SKF Machine Analyst.....	283

SKF является лидером и новатором в области технологии подшипников с 1907 года. Эволюция знаний и опыта SKF в области обеспечения надежности машин вызвана естественным ходом развития подшипников качения и расширением сферы их применения. Особенности поведения подшипников в тех или иных условиях требуют от специалистов SKF одинаково обширных знаний как в области машиностроения, так и в области технологических процессов. Глубокое понимание принципов, лежащих в основе работы машин, систем и смежных технологических процессов позволяет сотрудникам SKF создавать и предлагать реальные решения, направленные на достижение оптимальной надежности машин и технологических процессов и повышение производительности.

Благодаря тесному взаимодействию с клиентами во всем мире, компанией SKF была накоплена огромная база данных по применению подшипников практически во всех отраслях промышленности, на основе которой ведется работа по внедрению новейших технологий.

Подразделение «Системы надежности SKF» предоставляет полный пакет решений по повышению производительности из одного источника. Наша задача – помочь клиентам уменьшить общие затраты, связанные с эксплуатацией машин и оборудования, повысить производительность и рентабельность производства. Независимо от сложности задач SKF обеспечит компетентность, высокое качество сервиса и изделий, которые требуются для достижения конкретных бизнес-целей.

Интегрированная платформа

Ассортимент изделий и услуг SKF ориентирован на решение главной задачи – повышения рентабельности производства. При этом основное внимание уделяется технологиям и органичной интеграции в систему предприятия четырех ключевых аспектов.

Поддержка принятия решений

SKF может оказать содействие клиентам в организации сбора, хранения и использования критической информации о работоспособности машин на основе программы поддержки принятия промышленных решений @ptitude (→ стр. 279).

Мониторинг технического состояния

Являясь ведущим поставщиком средств диагностики машин, SKF предлагает полный ассортимент продукции – от портативных приборов сбора/анализа данных до стационарных систем оперативного контроля и защиты машин и оборудования. Эти изделия могут быть интегрированы в общезаводские системы диагностики и анализа технического состояния, а также другие автоматизированные системы. Их краткое описание приведено в данном каталоге начиная со стр. 280.

Инструменты и смазочные материалы

SKF разработан целый ряд инструментов и смазочных материалов, обеспечивающих безопасное и безаварийное техническое обслуживание машин. Краткая информация по этим изделиям приводится в главе «Изделия для технического обслуживания и смазывания», начиная со стр. 1069.

Внедрение узлов новой конструкции

Модернизация узлов необходима для повышения производительности предприятия, что никогда не являлось прерогативой производителей комплектного оборудования. Компанией SKF разработаны новые подшипники, способные работать в тяжелых условиях при более высоких скоростях с меньшим нагревом и без обслуживания. Ассортимент таких изделий представлен в главах «Инженерные изделия» на стр. 893, и «Мехатронные компоненты» на стр. 955.

Концепция «Оптимизация производственных активов»

Концепция «Оптимизация эффективности производственных активов» (Asset Efficiency Optimization) компании SKF применима даже в тех условиях, где большинство программ управления производственными активами не приносят положительных результатов. Использование данной концепции позволяет предприятию сохранить производительность при уменьшении затрат или повысить производительность без увеличения затрат. Это система организации

и использования производственных активов – от персонала до машин и оборудования – где знания, опыт и технологии подчинены одной цели – максимальному увеличению доходности инвестиций.

Воспользовавшись эффективными технологическими и сервисными решениями SKF, Вы сможете в полной мере ощутить преимущества программы, направленной на повышение общих показателей работы вашей организации, включая уменьшение затрат, повышение производительности, более рациональное использование ресурсов и, как результат, – повышение общей рентабельности производства
(→ **диаграмма 1**).

Технологические и сервисные решения SKF

Ниже приводится краткий обзор спектра важнейших услуг и изделий, предоставляемых подразделением Систем надежности SKF для

оптимизации эффективности производства. Для получения подробной информации просим обратиться к изданию 5160 «Руководство по оптимизации производственных активов» или посетить интернет-сайт www.skfreliability.com, где представлена последняя информация по стратегии техобслуживания и предлагаемым услугам.

Оценка

Оценка может включать один или все нижеуказанные аспекты:

- Оценка текущей ситуации.
- Система техобслуживания.
- Снабжение и склады.
- Предупредительное техобслуживание.

Диаграмма 1



Стратегия техобслуживания

SKF может оказать содействие в разработке детальной стратегии техобслуживания, где будет уделено должное внимание проблемам производительности и безопасности.

Диаграмма 1 на стр. 277 отображает спектр и иерархию уровней технического обслуживания.

Новейший инновационный подход к техническому обслуживанию реализуется в рамках концепции «надежность в руках оператора» (ODR). Эта концепция является лишь основой для организации работы персонала, отвечающего за техническое обслуживание и ремонт в соответствии с выработанной компанией политикой в области повышения надежности и технического обслуживания. SKF обладает требуемыми знаниями, опытом и оборудованием для реализации данного подхода.

Технология техобслуживания

Технология техобслуживания на практике реализует стратегию и включает, в частности, внедрение компьютерной системы управления техобслуживанием (CMMS) с подготовкой всех данных и процессов, требуемых для достижения целей стратегии техобслуживания.

Процесс снабжения

Работа службы снабжения является неотъемлемой частью общей задачи повышения рентабельности производства за счет сокращения операционных издержек, высвобождения капитала, выделяемого на закупку запчастей, и оптимизации процесса поставки.

Проактивное техобслуживание

Принятие мер, предусмотренных программой проактивного техобслуживания, способствует повышению доходности производственных активов. Эта программа позволяет выявить причины отказов и предпринять меры по предупреждению повторных отказов. Процесс проактивного техобслуживания базируется на четырех ключевых аспектах:

- Предупредительное обслуживание – многоэтапный процесс, предполагающий использование сложных технологических систем сбора информации о техническом состоянии машин и производственных процессов.

- Диагностика и анализ первопричин отказов для выявления проблем и принятия необходимых корректирующих мер, например, регулировка соосности, балансировка и т.д.
- Подлежащие оптимизации ключевые показатели, устанавливаемые представителями SKF совместно с заказчиком.
- Периодические отчеты, представляемые руководству предприятия для совместного анализа показателей работы.

Техническое обслуживание машин

Компания SKF разработала комплексную сервисную программу для вращающихся машин, которая позволяет повысить эффективность техобслуживания без увеличения затрат. Эта программа включает изделия и услуги, необходимые для

- регулировки соосности машин
- точной балансировки
- управления смазыванием
- анализа подшипников
- обновления технологии и машин
- монтажа подшипников.

Модернизация машин

Для поддержания своей конкурентоспособности предприятия должны внедрять новые технологии. SKF может помочь идти в ногу с прогрессом без дополнительных затрат на приобретение новых машин и оборудования. Рекомендации в этом плане могут включать одно или несколько следующих мероприятий:

- Обновление, восстановление и модернизация машин
- Инженерное проектирование
- Восстановление подшипников
- Ремонт и модернизация шпиндельных узлов станков
- Калибровка приборов

Обучение

Компания SKF предлагает комплексную программу обучения управлению системами обеспечения надежности машин и производственными активами для персонала различного уровня – от рабочих до руководителей высшего звена.

Комплексное техническое обслуживание

Договор на выполнение комплекса работ по техобслуживанию (IMS) включает весь спектр предлагаемых SKF услуг по организации процесса техобслуживания, его анализа и совершенствования. Договор предусматривает реализацию программы передачи рабочих навыков и опыта техобслуживания персоналу, отвечающему за техническое обслуживание и эксплуатацию машин и оборудования, а также модернизацию технологии в случае необходимости.

В рамках договора IMS специалисты SKF будут осуществлять управление всеми главными элементами стратегии управления производственными активами для создания общей системы повышения эффективности. Каждый договор составляется с учетом потребностей конкретного предприятия. Пользователь вправе выбирать требуемые аспекты, исходя из внутренних ресурсов и текущих контрактов с поставщиками. Заключая договор IMS, SKF берет на себя долю риска, а также затрат, в то время, как пользователь получает согласованную сумму финансовой экономии при очень небольших дополнительных затратах.

Система поддержки принятия решений @ptitude®

Разработанная SKF система поддержки принятия решений @ptitude представляет собой систему управления знаниями, базирующуюся на новейших технологиях интеграции данных из различных источников в простую в использовании компьютерную программу, позволяющую решать задачи технического обслуживания. Она помогает группе специалистов заказчика принимать правильные и своевременные решения, обеспечивая структурный подход к нахождению и применению знаний. Главным элементом системы @ptitude является банк данных в области управления производственными активами, базирующийся на информации, получаемой в режиме «онлайн» из сети Интернет: подписчики системы @ptitudeXchange имеют доступ к статьям, техническим справочникам, официальным документам, лучшим методам организации производственных работ и результатам производственных испытаний, интерактивным программам поддержки принятия решений и информационным сетям, что дает им возмож-



ность пользоваться консультациями и услугами специалистов. Для получения дополнительной информации просим посетить интернет-сайт www.aptitudexchange.com.



Диагностические приборы

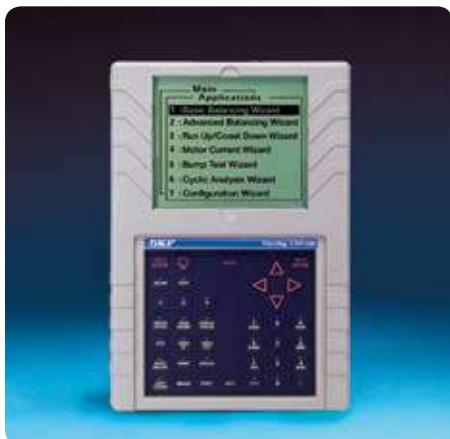
Основой ассортимента изделий SKF для мониторинга состояния машин являются виброметрические приборы и приборы для анализа и диагностики, которые, помимо прочего, позволяют осуществлять мониторинг технологических процессов. Некоторые из этих изделий описаны ниже. Дополнительную информацию о диагностических приборах можно найти на интернет-сайте www.skf.com.

Сборщики-анализаторы семейства Microlog®

Приборы сбора/анализа данных семейства SKF Microlog устроены таким образом, что пользователи могут легко создавать собственные программы комплексного периодического диагностического контроля. Как вибродиагностический прибор Microlog не имеет себе равных в своем классе. Встроенная система контекстуальных подсказок выдает поэтапные инструкции выполнения таких основных функций анализа, как базовая и расширенная балансировка, циклический анализ, запуск/движение на выбеге, ударное испытание или ток двигателя. Модуль частотного анализа позволяет накладывать частоты вероятного дефекта в пределах регистраируемого спектра для обнаружения дефектов подшипника, неисправностей зубчатых передач, перекосов, дисбаланса и ослабления креплений.

Сборщики данных семейства MARLIN®

Система управления данными MARLIN является главным инструментом работы оператора и предназначена для организации связи/обмена данными между службами эксплуатации, технического обслуживания, инжиниринга и руководством предприятия. Эти портативные надежные и высокопроизводительные приборы просты и удобны в обращении, обеспечивают возможность сбора и хранения данных о вибрации машин, параметрах технологических процессов и проверок, которые могут быстро загружены для последующего анализа.



Вибродетектор Vibration Pen^{plus}

Использование прибора Vibration Pen^{plus} может стать первым шагом в реализации программы текущего контроля технического состояния машин и оборудования для повышения эффективности их работы или концепции повышения ответственности операторов за обеспечение надежности работы машин в масштабе всего предприятия. За счет использования технологии ускорения формирования данных вибродетектор Vibration Pen^{plus} позволяет одним нажатием кнопки измерять уровень вибрации согласно ISO для выявления различных неисправностей подшипников, зубчатых передач и других деталей машин и механизмов.



Ультразвуковой детектор Inspector 400

Ультразвуковой зонд Inspector 400 улавливает высокочастотные шумы, возникающие в результате утечек, электрических разрядов и в процессе работы различного оборудования, и преобразует их в звуковые сигналы, которые можно прослушать через наушники и контролировать по индикатору. Это позволяет техническому персоналу выявлять напорные и вакуумные утечки, источники искрения, трекинг и коронные разряды в электрических аппаратах или контролировать техническое состояние подшипников, насосов, электродвигателей, компрессоров и т.д.



Инфракрасный термометр

Лазерный бесконтактный термометр определяет температуру объекта при помощи инфракрасного датчика, что позволяет техническому персоналу снимать показания температуры в труднодоступных местах.



Стационарные системы мониторинга

Мониторы текущих параметров SKF MCT обеспечивают отображение диагностических рабочих параметров подшипника и общих данных о техническом состоянии машины. Эта информация может использоваться для контроля параметров основного производственного оборудования. Эффективная система МСТ имеет два регулируемых уровня аварийной сигнализации («предупреждение» и «тревога»). Сигнал поступает через две независимые точки контроля,

оборудованные аварийными индикаторами на светодиодах и контактными выходными реле.

Блоки стационарного мониторинга LMU обеспечивают круглосуточную автоматическую регистрацию данных и содержат комплекс производительных аналитических программ для оптимизации режима текущего контроля технического состояния. При появлении признаков неисправности машины система помогает выявить, проанализировать и отследить неисправность и тем самым снизить эксплуатационные затраты. Режим мониторинга он-лайн позволяет осуществлять подробный оперативный анализ, а режим записи обеспечивает регистрацию событий, которые произошли в отсутствие оператора.



Датчики вибрации, вихревоковые датчики

Глубокие знания компании SKF в области подшипников, промышленного оборудования, процессов мониторинга и обработки сигнала воплотились в серии датчиков вибрации CMSS2100 и CMSS2200. Эти приборы заменяют сразу несколько датчиков вибрации, необходимых, как правило, для проведения измерений в различных условиях.

Помимо полного спектра датчиков вибрации, SKF также предлагает вихревоковые датчики для измерения относительных смещений в подшипниках скольжения машин.



Беспроводные датчики

Разработанные SKF беспроводные датчики идеально подходят для систем оперативного контроля технического состояния вращающегося оборудования. Благодаря тому, что датчики работают без проводов, их можно использовать для безопасной регистрации параметров машин, установленных в труднодоступных местах. «Сердцем» такой системы является разработанный SKF датчик вибрации, подключенный к батарейному блоку, передающему сигналы на базовую станцию. Беспроводная система может использоваться как отдельно, так и в составе стационарной системы мониторинга SKF.



Защитные системы мониторинга машин

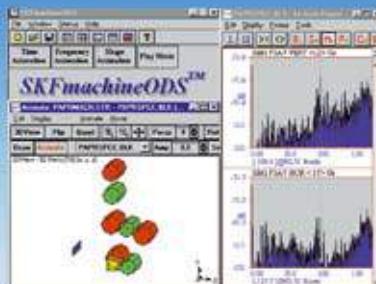
Компания SKF предлагает полную интеграцию систем мониторинга состояния и систем защиты машин в общую платформу управления. Конечный результат – это не только повышение рентабельности, но и улучшение экологичности и безопасности производства. Например, система мониторинга состояния машин и оборудования VM600, состоящая из цифровых модульных масштабируемых аппаратных и программных средств, обеспечивает комплексную защиту машин и оборудования и контроль их технического состояния и текущих рабочих параметров из одного источника.

Для получения более подробной информации просим посетить интернет-сайт www.skf.com.



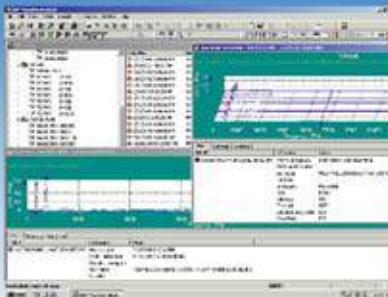
Компьютерные программы SKF для моделирования рабочих деформаций и модального анализа

Компьютерные программы SKFmachine ODS и SHAPE просты в использовании и предназначены для контроля и анализа данных динамического поведения машин. Они облегчают выявление и исправление проблем, связанных со структурной нежесткостью и резонансом машин и оборудования.



Программа SKF Machine Analyst

Программа SKF Machine Analyst является главным элементом программного комплекса, обеспечивающего решение проблем обеспечения надежности для промышленных предприятий. Этот комплект является преемником популярной программы PRISM⁴. Он был заново создан на базе архитектуры с использованием модели составных объектов (COM), совместим со вспомогательными программами сторонних поставщиков и может быть легко интегрирован в компьютерные системы управления техобслуживанием, планирования ресурсов предприятия и другие. Имеется несколько версий этого программного продукта, например, для систем мониторинга он-лайн или для работы в составе системы MARLIN. В программе SKF Machine Analyst в полной мере использованы функциональные возможности Microsoft Windows[®], включая многофункциональность контекстуальной справки, функциональность правой кнопки мыши и графический интерфейс пользователя.





Таблицы изделий

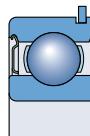
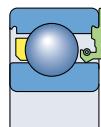
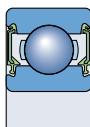
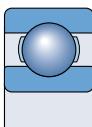
Радиальные шарикоподшипники	287
Радиально-упорные шарикоподшипники.....	405
Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	469
Цилиндрические роликоподшипники.....	503
Конические роликоподшипники	601
Сферические роликоподшипники	695
Тороидальные роликоподшипники CARB®	779
Упорные шарикоподшипники	837
Упорные цилиндрические роликоподшипники	863
Упорные сферические роликоподшипники	877
Высокотехнологичные изделия	893
Мехатроника	955
Принадлежности подшипников	973
Корпуса подшипников	1031
Изделия для технического обслуживания и смазывания	1069
Другие изделия SKF	1081
Индекс изделий.....	1121



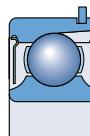
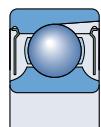
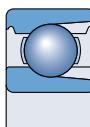


Радиальные шарикоподшипники

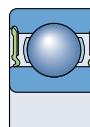
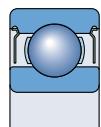
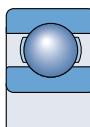
Однорядные радиальные шарикоподшипники 289



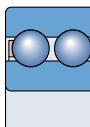
Однорядные радиальные шарикоподшипники 361
с пазом для ввода
шариков



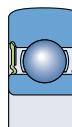
Радиальные шарикоподшипники из 373
нержавеющей стали



Двухрядные радиальные шарикоподшипники 391



Однорядные шарикоподшипники – опорные ролики 399





Однорядные радиальные шарикоподшипники

Конструкция	290
Подшипники базовой конструкции	290
Подшипники с уплотнениями.....	290
Подшипниковые узлы с манжетным уплотнением ICOS®	293
Подшипники с канавкой под стопорное кольцо.....	294
Спаренные подшипники	295
Подшипники класса SKF Explorer.....	295
Подшипники – основные сведения	296
Размеры	296
Допуски	296
Внутренний зазор	296
Перекос.....	296
Сепараторы	298
Минимальная нагрузка	298
Осевая грузоподъемность	299
Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник	299
Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник	300
Дополнительные обозначения	300
Таблицы подшипников	302
Однорядные радиальные шарикоподшипники	302
Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями	324
Подшипниковые ICOS узлы с манжетными уплотнениями	348
Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо	350
Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо и защитными шайбами	356

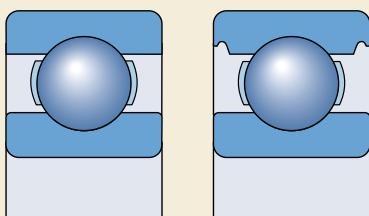
Благодаря своей универсальности радиальные шарикоподшипники распространены наиболее широко. Они просты по конструкции, неразборны, способны вращаться с высокими и даже очень высокими скоростями, надежны в работе и не требуют особого технического обслуживания. Радиальные шарикоподшипники имеют глубокие дорожки качения, радиус кривизны которых близок к размеру шариков, что позволяет им воспринимать не только радиальные, но и осевые нагрузки даже при высоких частотах вращения. Однорядные шарикоподшипники имеют множество областей применения и производятся компанией SKF в различных исполнениях и широком диапазоне размеров

- открытые подшипники
- уплотненные подшипники
- подшипниковые узлы с манжетным уплотнением ICOS®
- подшипники с канавкой под стопорное кольцо, со стопорным кольцом или без такового.

Другие радиальные шарикоподшипники специального назначения, представленные в разделах «Специальные изделия» и «Мехатроника», включают

- гибридные подшипники ([→ стр. 895](#))
- подшипники с электроизоляцией ([→ стр. 911](#))
- подшипники для высоких температур ([→ стр. 921](#))

Рис. 1



- подшипники с наполнителем Solid Oil ([→ стр. 949](#))
- подшипники со встроенным датчиком ([→ стр. 957](#)).

Номенклатура изделий компании SKF также включает подшипники дюймовой размерности и подшипники с коническим отверстием, не представленные в настоящем каталоге. Информация по данным подшипникам предоставляется по индивидуальным запросам.

Конструкция

Подшипники базовой конструкции

Однорядные радиальные шарикоподшипники базовой конструкции ([→ рис. 1](#)) имеют открытые торцы (без уплотнений). По технологическим соображениям поставляемые открытые подшипники могут иметь выточки на наружном кольце под защитные шайбы или уплотнения.

Подшипники с уплотнениями

Однорядные радиальные шарикоподшипники наиболее распространенных размеров также выпускаются в исполнениях с защитными шайбами и контактными уплотнениями с одной или обеих сторон. Подробная информация о пригодности разных типов уплотнений для различных условий эксплуатации представлена в [табл. 1](#). Подшипники с уплотнениями широких серий 622, 623 и 630 особенно пригодны для долговременной работы без технического обслуживания. Подшипниковые узлы ICOS с интегрированным манжетным уплотнением соответствуют повышенным требованиям к надежности уплотнений.

Подшипники с защитными шайбами или уплотнениями с обеих сторон смазаны на весь срок службы и не нуждаются в техническом обслуживании. В домонтажном состоянии их не следует промывать или нагревать до температуры выше 80 °C. В зависимости от серии и размера радиальные шарикоподшипники поставляются заполненными одной из трех стандартных пластичных смазок ([→ табл. 2](#)).

В обозначении подшипников тип стандартной смазки не указывается. Стандартный объем закладной пластичной смазки обычно составляет 25–35 % свободного пространства подшипника. По специальному заказу могут

Таблица 1

Рекомендации по выбору уплотнений

Требование	Защитные шайбы Z	Уплотнения низкого трения RSL	Уплотнения низкого трения RZ	Контактные уплотнения RSH	Контактные уплотнения RS1
Низкое трение	+++	++	+++	0	0
Высокая скорость	+++	+++	+++	0	0
Удержание смазки	0	+++	+	+++	++
Пылезащищенность	0	++	+	+++	+++
Водозащищенность статическая	-	0	-	+++	++
динамическая под давлением	-	0	-	+	+
	-	0	-	+++	0

Условные обозначения: +++ отлично ++ очень хорошо + хорошо 0 удовлетворительно – не рекомендуется

Таблица 2

Стандартные пластичные смазки SKF для закрытых радиальных шарикоподшипников (кроме подшипников из нержавеющей стали)

Подшипники серии диаметров	Подшипники с наружным диаметром			D > 62 мм
	D ≤ 30 мм d < 10 мм	30 < D ≤ 62 мм d ≥ 10 мм	30 < D ≤ 62 мм	
8, 9	LHT23	LT10	MT47	MT33
0, 1, 2, 3	MT47	MT 47	MT47	MT33

Таблица 3

Технические характеристики пластичных смазок SKF для закрытых радиальных шарикоподшипников (кроме подшипников из нержавеющей стали)

Характеристика	LHT23	LT10	MT47	MT33	GJN	GXN	GWB	LT20
Загуститель	литиевое мыло	литиевое мыло	литиевое мыло	литиевое мыло	полимочевина	полимочевина	полимочевина	литиевое мыло
Базовое масло	эфирное	дизэфирное	минеральное	минеральное	минеральное	минеральное	эфирное	дизэфирное
Класс консистенции NLGI	2	2	2	3	2	2	2–3	2
Рабочая температура, °C¹⁾	–50 до +140	–50 до +90	–30 до +110	–30 до +120	–30 до +150	–40 до +150	–40 до +160	–55 до +110
Вязкость базового масла, $\text{мм}^2/\text{с}$ при 40 °C при 100 °C	26 5,1	12 3,3	70 7,3	98 9,4	115 12,2	96 10,5	70 9,4	15 3,7

¹⁾ Диапазон рабочих температур → раздел «Диапазон температур: принцип светофора SKF» стр. 232

Однорядные радиальные шарикоподшипники

поставляются подшипники с нестандартным количеством заложенной пластичной смазки.

Кроме стандартных, в ассортименте имеются подшипники, заполненные другими смазочными материалами

- высокотемпературная пластичная смазка GJN (подшипники D d ≤ 62 мм)
- высокотемпературная пластичная смазка GXN
- пластичная смазка GWB для широкого диапазона температур
- пластичная смазка LHT23 для широкого диапазона температур и малошумного вращения (кроме подшипников, для которых данная смазка – стандартная)
- пластичная смазка LT20 для низких температур.

Технические характеристики пластичных смазок приведены в **табл. 3**.

Подшипники с защитными шайбами

В зависимости от серии и размера подшипники, имеющие суффиксы обозначения Z или 2Z, снабжены защитными шайбами одной из двух конструкций (→ **рис. 2**). Защитные шайбы изготавливаются из листовой стали и обычно имеют цилиндрические выштамповки, образующие уплотнительные зазоры с поверхностью внутреннего кольца (a). Некоторые защитные шайбы не имеют выштамповок (b). Подшипники с защитными шайбами предназначены прежде всего для эксплуатации в узлах, где вращается внутреннее кольцо подшипника.

При вращении наружного кольца на высоких

частотах вращения из такого подшипника может вытечь смазочный материал.

Подшипники с уплотнениями малого трения

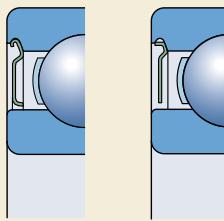
В зависимости от серии и размера радиальные шарикоподшипники SKF, имеющие суффиксы RSL, 2RSL или RZ, 2RZ, снабжаются уплотнениями малого трения трех типов (→ **рис. 3**)

- подшипники серий 60, 62 и 63 с наружным диаметром до 25 мм имеют уплотнения типа RSL конструкции (a)
- подшипники серий 60, 62 и 63 с наружным диаметром 25–52 мм имеют уплотнения типа RSL конструкции (b)
- другие подшипники имеют уплотнения типа RZ конструкции (c).

Кромки уплотнения образуют с цилиндрической поверхностью внутреннего кольца настолько малый зазор, что уплотнение фактически является бесконтактным. Благодаря малому трению подшипники, снабженные подобными уплотнениями, способны работать с такими же скоростями, как подшипники с защитными шайбами типа Z. При этом уплотняющая способность таких уплотнений гораздо выше, чем у защитных шайб.

Уплотнения малого трения изготавливаются из маслостойкой синтетической резины, имеют армирование из листовой стали и способны выдерживать температуры в диапазоне от -40 до +100 °C и кратковременно до +120 °C.

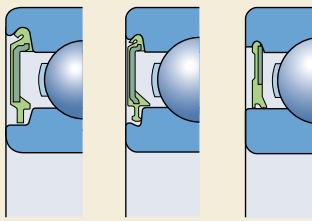
Рис. 2



a

b

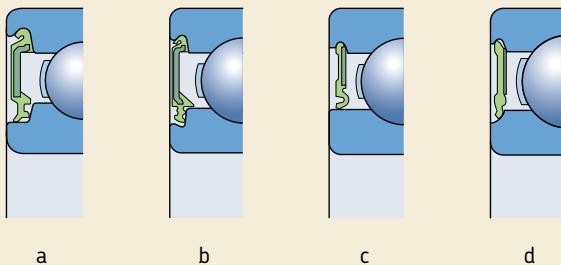
Рис. 3



a

b

c



Подшипники с контактными уплотнениями

В зависимости от серии и размера подшипники, имеющие суффиксы RSH, 2RSH или RS1, 2RS1, могут быть снабжены контактными уплотнениями следующих четырех типов (→ рис. 4)

- подшипники серии 60, 62 и 63 с наружным диаметром до 25 мм имеют уплотнения типа RSH (а)
- подшипники серии 60, 62 и 63 с наружным диаметром 25–52 мм имеют уплотнения типа RSH (б)
- прочие подшипники имеют уплотнения типа RS1 с кромкой, сопряженной с цилиндрической поверхностью внутреннего кольца (с), обозначенной в таблицах подшипников размером d_1 , или с выточкой на боковой поверхности внутреннего кольца (д), обозначенной в таблицах подшипников размером d_2 .

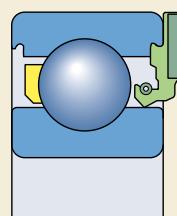
Контактные уплотнения плотно вставляются в выточку наружного кольца и обеспечивают надежную герметизацию посадочного места без деформации наружного кольца. Стандартные уплотнения изготавливаются из синтетического бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR) и имеют армирование из листовой стали. Интервал допустимых рабочих температур для таких уплотнений от -40 до $+100$ °C и кратковременно до $+120$ °C.

Эксплуатация уплотненных подшипников в экстремальных условиях, например, при очень высоких скоростях или температурах, может

привести к вытеканию смазки по окружности внутреннего кольца. В тех случаях, когда это может привести к негативным последствиям, необходимо предпринять специальные меры; по этому вопросу просим обращаться в техническую службу SKF.

Подшипниковые узлы с манжетным уплотнением ICOS

Подшипниковые узлы с манжетным уплотнением ICOS, разработанные компанией SKF, предназначены для использования в тех случаях, когда требования к уплотнениям превышают возможности уплотненных подшипников. Подшипниковый узел ICOS состоит из радиального шарикоподшипника серии 62 и манжет-



ного уплотнения (→ рис. 5). Данные узлы занимают меньше места, чем обычные двухкомпонентные конструкции, просты в установке и позволяют обойтись без дорогой обработки вала за счет того, что заплечик внутреннего кольца служит идеальной сопряженной поверхностью для кромки уплотнения.

Манжетное уплотнение изготавливается из синтетического бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR) и имеет подружиженную волнообразную кромку Waveseal. Интервал допустимых рабочих температур для такого уплотнения – от -40 до +100 °C и кратковременно до +120 °C.

Указанные в таблице подшипников допустимые скорости вращения основаны на предельно допустимой окружной скорости для уплотнения, которая в данном случае составляет 14 м/с.

Подшипники с канавкой под стопорное кольцо

Радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо упрощают конструкцию подшипникового узла, так как подшипники могут фиксироваться в корпусе при помощи стопорного кольца (→ рис. 6). Этот способ фиксации в осевом направлении прост и компактен. Соответствующие стандартные стопорные кольца представлены в таблицах подшипников; они поставляются либо отдельно, либо уже установленными на подшипниках.

Радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо (→ рис. 7) поставляются в следующих исполнениях

- открытые (без уплотнений) подшипники, суффикс обозначения N (а)
- открытые подшипники со стопорным кольцом, суффикс обозначения NR (б)
- подшипники с односторонней защитной шайбой Z и стопорным кольцом на противоположной стороне, суффикс обозначения ZNR (с)
- подшипники с двумя защитными шайбами типа Z с обеих сторон и стопорным кольцом, суффикс обозначения 2ZNR (д).

Рис. 6

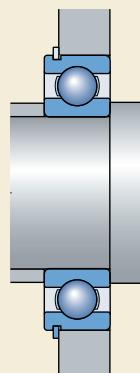
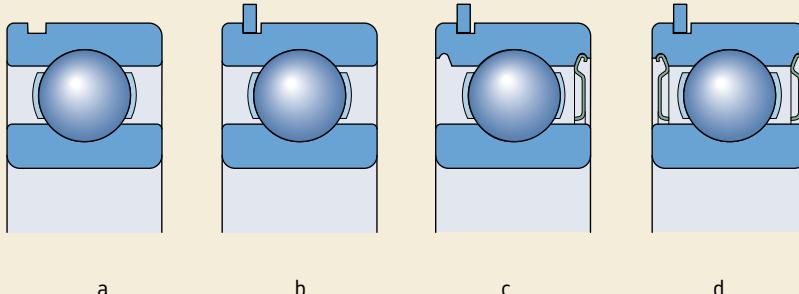


Рис. 7



Спаренные подшипники

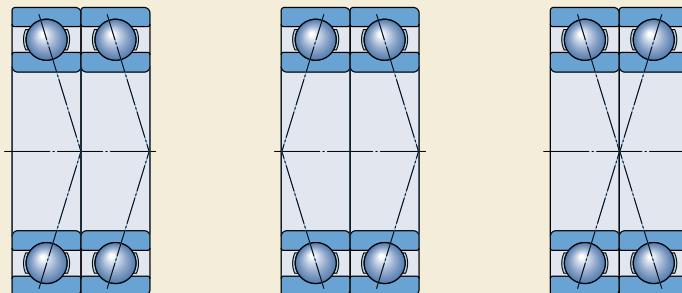
В тех случаях, когда грузоподъемности одного подшипника недостаточно или когда вал должен быть зафиксирован в осевом направлении с заданным зазором, SKF поставляет согласованные пары однорядных радиальных шарикоподшипников. В зависимости от требований заказчика согласованные пары могут поставляться с расположением подшипников по схемам «тандем», О-образной или Х-образной (→ **рис. 8**). В процессе производства подшипники согласовываются таким образом, что при их установке торцами вплотную один к одному достигается равномерное распределение нагрузки без использования проставочных колец и других подобных приспособлений.

Дополнительная информация по спаренным радиальным шарикоподшипникам содержится в интерактивном инженерном каталоге SKF на интернет-сайте www.skf.com.

Подшипники класса SKF Explorer

Радиальные шарикоподшипники с улучшенными характеристиками класса SKF Explorer отмечены в таблице подшипников звездочкой. Кроме улучшенных характеристик эти подшипники также имеют пониженный уровень шума. Подшипники класса SKF Explorer имеют обозначения, соответствующие обозначениям стандартных подшипников, например 6208, однако на каждом подшипнике и его упаковке нанесена маркировка «EXPLORER».

Рис. 8



Подшипники – основные сведения

Размеры

Основные размеры радиальных шарикоподшипников соответствуют требованиям стандарта ISO 15:1998. Размеры канавок под стопорное кольцо и самих колец соответствуют ISO 464:1995.

Допуски

Радиальные шарикоподшипники SKF в стандартном исполнении изготавливаются по нормальному классу точности.

Радиальные шарикоподшипники класса SKF Explorer изготавливаются с повышенной точностью по сравнению с нормальным классом точности ISO. Точность их размеров соответствует классу точности P6, за исключением более жестких допусков по ширине, которые составляют

- 0/-60 мкм для подшипников с наружным диаметром до 110 мм
- 0/-100 мкм для подшипников большего диаметра.

Точность вращения зависит от размера подшипника и соответствует

- классу точности P5 для подшипников с наружным диаметром до 52 мм
- классу точности P6 для подшипников с наружным диаметром 52–110 мм
- нормальному классу точности для подшипников большего диаметра.

В тех случаях, когда точность размеров подшипника имеет особое значение, компания SKF может поставить некоторые типы радиальных шарикоподшипников, изготовленных в полном соответствии со спецификациями классов P6 или P5. Возможность поставки таких подшипников необходимо уточнять дополнительно.

Допуски соответствуют требованиям ISO 492:2002 и представлены в **табл. 3–5** на стр. 125.

Внутренний зазор

Однорядные радиальные шарикоподшипники в стандартном исполнении выпускаются с нормальным радиальным внутренним зазором. Большинство типоразмеров подшипников также выпускается с увеличенным радиальным внутренним зазором группы C3. Некоторые подшипники могут поставляться с увеличенным зазором группы C4 или C5 или уменьшенным группой C2. Кроме того, производятся радиальные шарикоподшипники суженным или смещенным допуском внутреннего зазора. Такие специальные зазоры могут иметь суженный диапазон предельных значений по сравнению с нормальным зазором и частично перекрывать допуски соседних групп зазора (→ суффикс CN на стр. 300). По заказу могут изготавливаться подшипники с нестандартным внутренним зазором.

Величины радиальных внутренних зазоров представлены в **табл. 4**. Они соответствуют требованиям стандарта ISO 5753:1991 и действительны для подшипников в домотажном состоянии при нулевой измерительной нагрузке.

Перекос

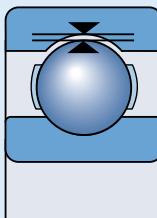
Однорядные радиальные шарикоподшипники обладают очень ограниченной способностью компенсировать перекос. Допустимый угловой перекос между внутренним и наружным кольцами, не создающий неприемлемо высоких дополнительных напряжений в подшипнике, зависит от

- внутреннего радиального зазора подшипника в процессе эксплуатации
- размера подшипника
- внутренней конструкции подшипника
- сил и моментов, действующих на подшипник.

Так как взаимосвязь между этими факторами очень сложная, то точные допустимые величины перекосов привести невозможно, однако при нормальных условиях эксплуатации они составляют обычно от 2 до 10 угловых минут. Следует отметить, что любой перекос вызывает заметное повышение уровня шума подшипника и уменьшает срок его службы.

Таблица 4

Радиальный внутренний зазор в радиальных шарикоподшипниках



Диаметр отверстия d		Радиальный внутренний зазор норм.				C3		C4		C5	
свыше	до	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
		мкм									
6	6	0	7	2	13	8	23	—	—	—	—
10	10	0	7	2	13	8	23	14	29	20	37
	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
	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	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
	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
	200	2	30	25	71	63	117	107	163	150	230
200	225	4	32	28	82	73	132	120	187	175	255
225	250	4	36	31	92	87	152	140	217	205	290
	280	4	39	36	97	97	162	152	237	255	320
280	315	8	45	42	110	110	180	175	260	260	360
315	355	8	50	50	120	120	200	200	290	290	405
	400	8	60	60	140	140	230	230	330	330	460
400	450	10	70	70	160	160	260	260	370	370	520
450	500	10	80	80	180	180	290	290	410	410	570
	560	20	90	90	200	200	320	320	460	460	630
560	630	20	100	100	220	220	350	350	510	510	700
630	710	30	120	120	250	250	390	390	560	560	780
	710	30	130	130	280	280	440	440	620	620	860
800	900	30	150	150	310	310	490	490	690	690	960
900	1000	40	160	160	340	340	540	540	760	760	1040
	1120	40	170	170	370	370	590	590	840	840	1120
1120	1250	40	180	180	400	400	640	640	910	910	1220
1250	1400	60	210	210	440	440	700	700	1000	1000	1340
	1400	60	230	230	480	480	770	770	1100	1100	1470

Определение радиального внутреннего зазора см. стр. 137

Сепараторы

В зависимости от серии, конструкции и размеров радиальные шарикоподшипники стандартного исполнения могут быть снабжены одним из следующих типов сепараторов (→ рис. 9)

- штампованный сепаратор (а) из листовой стали (без суффикса) или латуни (суффикс Y), центрируемый по шарикам
- штампованный и клепанный сепаратор (b) из стали (без суффикса) или латуни (суффикс Y), центрируемый по шарикам
- механически обработанный (c), центрируемый по шарикам, сепаратор из латуни, механически обработанный, центрируемый по наружному кольцу, сепаратор из латуни (суффикс MA)
- литой сепаратор из стеклонаполненного полиамида 6,6, центрируемый по шарикам, суффикс TN9 (d).

Подшипники стандартного исполнения, имеющие штампованные стальные сепараторы, могут также поставляться с механически обработанными сепараторами из латуни или сепараторами из полиамида. Для работы в условиях повышенных рабочих температур рекомендуется использовать сепараторы из полиамида 4,6 или стеклонаполненного полиэфирэфиркетона PEEK (суффикс TNH). Наличие и возможность поставки таких подшипников необходимо уточнять дополнительно.

Примечание

Радиальные шарикоподшипники с сепараторами из полиамида 6,6 рассчитаны на работу при температуре до +120 °C. Смазочные материалы, которые обычно используются для смазки подшипников качения, не ухудшают свойств сепараторов, за исключением некоторых сортов синтетических масел, пластичных смазок на синтетической основе и смазочных материалов, имеющих высокое содержание антизадирных присадок и используемых в условиях высоких температур.

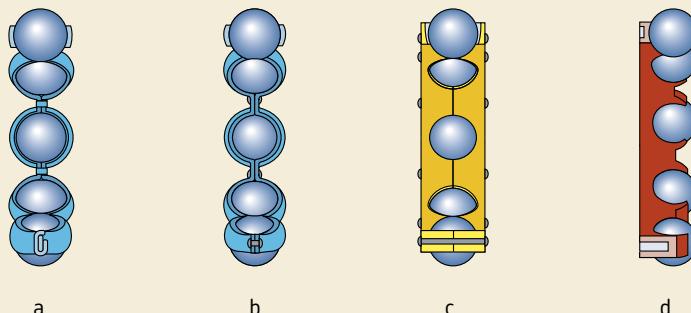
Для подшипниковых узлов, которые постоянно работают в условиях высокой температуры или в тяжелых условиях эксплуатации, компания SKF рекомендует использовать подшипники со штампованными стальными сепараторами или механически обработанными сепараторами из латуни.

Более подробная информация о температуроустойчивости сепараторов и их назначении представлена в разделе «Материалы сепараторов», стр. 140.

Минимальная нагрузка

Чтобы обеспечить удовлетворительную работу радиальных шарикоподшипников, равно как и всех других типов подшипников качения, на них постоянно должна воздействовать определенная минимальная нагрузка. Это в особенности важно, когда подшипники вращаются с высокой скоростью, когда силы инерции шариков и сепаратора, а также трение в смазочном материале могут оказывать отрица-

Рис. 9



тельное воздействие на условия качения в подшипнике и вызывать проскальзывание шариков по дорожке качения.

Величину необходимой минимальной радиальной нагрузки, которая должна быть приложена к радиальным шарикоподшипникам, можно приблизительно определить по формуле

$$F_{rm} = k_r \left(\frac{v n}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2$$

где

F_{rm} = минимальная радиальная нагрузка, кН

k_r = коэффициент минимальной нагрузки
(→ таблицы подшипников)

v = вязкость масла при рабочей температуре,
 $\text{мм}^2/\text{с}$

n = частота вращения, об/мин

d_m = средний диаметр подшипника
= 0,5 (d + D), мм

При запуске подшипников в работу в условиях низких температур или использовании высоковязких смазочных материалов могут потребоваться еще большие минимальные нагрузки. Масса деталей, опирающихся на подшипник, вместе с наружными силами, обычно превосходит необходимую минимальную нагрузку. В противном случае подшипнику требуется дополнительное радиальное нагружение. При использовании радиальных шарикоподшипников можно создать осевой предварительный натяг путем регулировки положения внутрен-

него или наружного колец относительно друг друга или при помощи пружин.

Осевая грузоподъемность

Если радиальные шарикоподшипники испытывают только осевую нагрузку, то такая осевая нагрузка, как правило, не должна превышать величину 0,5 C_0 . Подшипники небольших размеров (диаметр отверстия приблизительно до 12 мм) и подшипники легких серий (серии диаметра 8, 9, 0, и 1) не должны подвергаться осевой нагрузке, превышающей 0,25 C_0 . Чрезмерные осевые нагрузки приводят к значительному сокращению срока службы подшипников

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

$$P = F_r \quad \text{когда } F_a/F_r \leq e$$

$$P = X F_r + Y F_a \quad \text{когда } F_a/F_r > e$$

Коэффициенты eX и Y зависят от отношения $f_0 F_a/C_0$, где f_0 – расчетный коэффициент (→ таблицы подшипников), F_a – осевая составляющая нагрузки и C_0 – статическая грузоподъемность. Кроме того, данные коэффициенты зависят от величины внутреннего радиального зазора; при увеличении зазора подшипник способен нести большие осевые нагрузки.

Если подшипники устанавливаются с обычными посадками согласно рекомендациям табл. 2, 4 и 5 (стр. 169–171), для расчета

Таблица 5

Расчетные коэффициенты для однорядных радиальных шарикоподшипников

$f_0 F_a/C_0$	Нормальный зазор			зазор C3			зазор C4		
	e	X	Y	e	X	Y	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30	0,29	0,46	1,88	0,38	0,44	1,47
0,345	0,22	0,56	1,99	0,32	0,46	1,71	0,40	0,44	1,40
0,689	0,26	0,56	1,71	0,36	0,46	1,52	0,43	0,44	1,30
1,03	0,28	0,56	1,55	0,38	0,46	1,41	0,46	0,44	1,23
1,38	0,30	0,56	1,45	0,40	0,46	1,34	0,47	0,44	1,19
2,07	0,34	0,56	1,31	0,44	0,46	1,23	0,50	0,44	1,12
3,45	0,38	0,56	1,15	0,49	0,46	1,10	0,55	0,44	1,02
5,17	0,42	0,56	1,04	0,54	0,46	1,01	0,56	0,44	1,00
6,89	0,44	0,56	1,00	0,54	0,46	1,00	0,56	0,44	1,00

Расчет промежуточных величин производится методом линейной интерполяции

эквивалентной нагрузки могут использоваться величины e , X и Y , приведенные в **табл. 5**. Если предполагается, что в процессе работы начальный зазор уменьшится и поэтому выбирается начальный зазор больше нормального, то следует использовать величины, соответствующие нормальному зазору.

Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

Если $P_0 < F_p$, принимается $P_0 = F_p$.

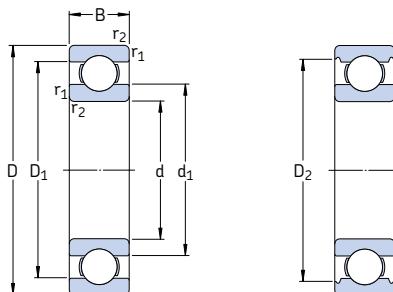
Дополнительные обозначения

Ниже приводится список и значение суффиксов, используемых для обозначения определенных характеристик радиальных шарикоподшипников SKF.

CN	Нормальный радиальный зазор; обычно используется только в комбинации с одной из следующих букв, обозначающих суженное или смещеннное поле зазора: H суженное поле зазора, соответствует верхней половине фактического поля зазора указанной группы L суженное поле зазора, соответствует нижней половине фактического поля зазора указанной группы P смещеннное поле зазора, включает верхнюю половину фактического поля зазора указанной группы плюс нижнюю половину поля соседней группы большего зазора. Указанные буквы также используются в сочетании со следующими классами зазоров: C2, C4 и C5, например, C2H	DB	Спаренные однорядные радиальные шарикоподшипники по О-образной схеме
C2	Радиальный внутренний зазор меньше нормального	DF	Спаренные однорядные радиальные шарикоподшипники по Х-образной схеме
C3	Радиальный внутренний зазор больше нормального	DT	Спаренные однорядные радиальные шарикоподшипники по схеме «тандем»
C4	Радиальный внутренний зазор больше C3	E GJN	Шарики увеличенного размера Пластичная смазка на основе полимочевины, класс консистенции NLGI 2, для интервала температур от -30 до +150 °C (стандартное количество)
C5	Радиальный внутренний зазор больше C4	GXN	Пластичная смазка на основе полимочевины, класс консистенции NLGI 2, для диапазона температур от -40 до +150 °C
		HT	Пластичная смазка на основе полимочевины, класс консистенции NLGI 2, для интервала температур от -40 до +150 °C (стандартное количество)
		J	штампованный сепаратор из стального листа, центрируемый по шарикам
		LHT23	Пластичная смазка на литиевой основе, класс консистенции NLGI 2, для интервала температур от -50 до +140 °C (стандартное количество)
		LT	Пластичная смазка на литиевой основе, класс консистенции NLGI 2, для интервала температур от -55 до +110 °C (стандартное количество)
		LT10	Пластичная смазка на литиевой основе, класс консистенции NLGI 2, для интервала температур от -50 до +90 °C (стандартное количество)
		M	Механически обработанный сепаратор из латуни, центрированный по шарикам. Цифры, следующие за буквой M, указывают на различные конструкции и материалы, например, M2
		MA	Механически обработанный сепаратор из латуни, центрированный по наружному кольцу
		MB	Механически обработанный сепаратор из латуни, центрированный по внутреннему кольцу

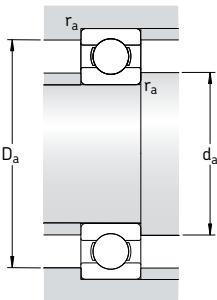
MT33	Пластичная смазка на литиевой основе, класс консистенции NLGI 3, для интервала температур от –30 до +120 °C (стандартное количество)	VL0241	Электроизоляционное покрытие оксидом алюминия наружной поверхности наружного кольца, напряжение до 1 000 В постоянного тока
MT47	Пластичная смазка на литиевой основе, класс консистенции NLGI 2, для интервала температур от –30 до +110 °C (стандартное количество)	VL2071	Электроизоляционное покрытие оксидом алюминия посадочной поверхности внутреннего кольца, выдерживает постоянное напряжение до 1 000 В
N	Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце	WT	Пластичная смазка на основе полимочевины, класс консистенции NLGI 2–3, для интервала температур от –40 до +160 °C (стандартное количество)
NR	То же, что N, но в комплекте со стопорным кольцом	Y	Штампованный сепаратор из листовой латуни, центрируемый по шарикам
N1	Один паз на торце наружного кольца (для использования фиксатора)	Z	Штампованная защитная шайба из листовой стали с одной стороны подшипника
P5	Точность размеров и биения соответствуют классу точности 5 ISO	ZNR	Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце подшипника, в комплекте со стопорным кольцом, штампованная защитная шайба с противоположной стороны
P6	Точность размеров и биения соответствует классу точности 6 ISO	2RS1	Уплотнения из бутадиенакрилниトリльного каучука (NBR), армированые листовой сталью, с обеих сторон подшипника
P52	P5 + C2	2RSH	Уплотнения из бутадиенакрилниטריального каучука (NBR), армированные листовой сталью, с обеих сторон подшипника
P62	P6 + C2	2RSL	Уплотнения низкого трения из бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR), армированные листовой сталью, с обеих сторон подшипника
P63	P6 + C3	2RZ	Уплотнения низкого трения из бутадиенакрилни трильного каучука (NBR), армированные листовой сталью, с обеих сторон подшипника
RS1	Уплотнение из бутадиенакрилни трильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника	2Z	Защитные шайбы типа Z с обеих сторон подшипника
RSH	Уплотнение из бутадиенакрилни трильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника		
RSL	Уплотнение низкого трения из бутадиенакрилни трильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника		
RZ	Уплотнение низкого трения из бутадиенакрилни трильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с одной стороны подшипника		
TH	Сепаратор из текстолита, центрируемый по шарикам		
TN	Литой сепаратор из полиамида, центрируемый по шарикам		
TNH	Литой сепаратор из стеклонаполненного полиэфирэфиркетона (PEEK), центрируемый по шарикам		
TN9	Литой сепаратор из стеклонаполненного полиамида 6,6, центрируемый по шарикам		

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 3 – 10 мм



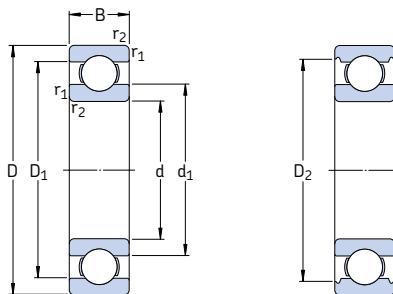
Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0	P_u	кН	об/мин	кг	-
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	80 000	0,0015	623
4	9	2,5	0,54	0,18	0,007	140 000	85 000	0,0007	618/4
	11	4	0,715	0,232	0,010	130 000	80 000	0,0017	619/4
12	4	0,806	0,28		0,012	120 000	75 000	0,0021	604
13	5	0,936	0,29		0,012	110 000	67 000	0,0031	624
16	5	1,11	0,38		0,016	95 000	60 000	0,0054	634
5	11	3	0,637	0,255	0,011	120 000	75 000	0,0012	618/5
	13	4	0,884	0,34	0,014	110 000	67 000	0,0025	619/5
16	5	1,14	0,38		0,016	95 000	60 000	0,0050	* 625
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	50 000	0,0090	* 635
6	13	3,5	0,884	0,345	0,015	110 000	67 000	0,0020	618/6
	15	5	1,24	0,475	0,02	100 000	63 000	0,0039	619/6
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	50 000	0,0084	* 626
7	14	3,5	0,956	0,4	0,017	100 000	63 000	0,0022	618/7
	17	5	1,48	0,56	0,024	90 000	56 000	0,0049	619/7
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	53 000	0,0075	* 607
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	45 000	0,013	* 627
8	16	4	1,33	0,57	0,024	90 000	56 000	0,0030	618/8
	19	6	1,9	0,735	0,031	80 000	50 000	0,0071	619/8
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	48 000	0,012	* 608
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	40 000	0,017	* 628
9	17	4	1,43	0,64	0,027	85 000	53 000	0,0034	618/9
	20	6	2,08	0,865	0,036	80 000	48 000	0,0076	619/9
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	43 000	0,014	* 609
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	38 000	0,020	* 629
10	19	5	1,38	0,585	0,025	80 000	48 000	0,0055	61800
	22	6	2,08	0,85	0,036	75 000	45 000	0,010	61900
	26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	40 000	0,019	* 6000
	28	8	4,62	1,96	0,083	63 000	40 000	0,022	16100
	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	34 000	0,032	* 6200
	35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	32 000	0,053	* 6300

* Подшипник SKF Explorer



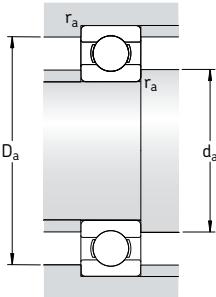
Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	—	—
3	5,2	7,5	8,2	0,15	4,2	8,8	0,1	0,025	7,5
4	5,2 5,9 6,1 6,7 8,4	7,5 9 9 10,3 12	— 9,8 — 11,2 13,3	0,1 0,15 0,2 0,2 0,3	4,6 4,8 5,4 5,8 6,4	8,4 10,2 10,6 11,2 13,6	0,1 0,1 0,2 0,2 0,3	0,015 0,02 0,025 0,025 0,03	10 9,9 10 10 8,4
5	6,8 7,6 8,4 10,7	9,3 10,8 12 15,3	— 11,4 13,3 16,5	0,15 0,2 0,3 0,3	5,8 6,4 7,4 7,4	10,2 11,6 13,6 16,6	0,1 0,2 0,3 0,3	0,015 0,02 0,025 0,03	11 11 8,4 13
6	7,9 8,6 11,1	11,2 12,4 15,2	— 13,3 16,5	0,15 0,2 0,3	6,8 7,4 8,4	12,2 13,6 16,6	0,1 0,2 0,3	0,015 0,02 0,025	11 10 13
7	8,9 9,8 11,1 12,2	12,2 14,2 15,2 17,6	— 15,2 16,5 19,2	0,15 0,3 0,3 0,3	7,8 9 9 9,4	13,2 15 17 19,6	0,1 0,3 0,3 0,3	0,015 0,02 0,025 0,025	11 10 13 12
8	10,1 11,1 12,1 14,5	14 16,1 17,6 19,8	— 19 19,2 20,6	0,2 0,3 0,3 0,3	9,4 10 10 10,4	14,6 17 20 21,6	0,2 0,3 0,3 0,3	0,015 0,02 0,025 0,025	11 10 12 13
9	11,1 12 14,4 14,8	15 17 19,8 21,2	— 17,9 21,2 22,6	0,2 0,3 0,3 0,3	10,4 11 11 11,4	15,6 18 22 23,6	0,2 0,3 0,3 0,3	0,015 0,02 0,025 0,025	11 11 13 12
10	12,6 13 14,8 16,7 17 17,5	16,4 18,1 21,2 22,6 24,8 23,2 26,9	— 19 22,6 24,8 24,8 24,8 28,7	0,3 0,3 0,3 0,6 0,6 0,6 0,6	12 12 12 14,2 14,2 14,2 14,2	17 20 24 23,8 25,8 30,8	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6	0,015 0,02 0,025 0,025 0,025 0,03	9,4 9,3 12 13 13 11

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 12 – 22 мм



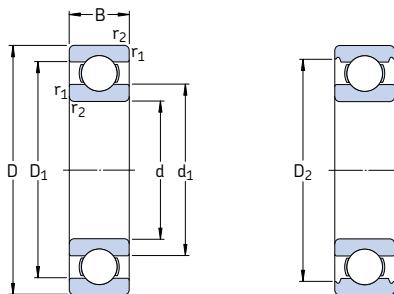
Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Стат. C_0	Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	кН	кН	об/мин		кг	–	
12	21	5	1,43	0,67	0,028	70 000	43 000	0,0063	61801
	24	6	2,25	0,98	0,043	67 000	40 000	0,011	61901
	28	8	5,4	2,36	0,10	60 000	38 000	0,022	* 6001
	30	8	5,07	2,36	0,10	56 000	34 000	0,023	16101
	32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	32 000	0,037	* 6201
	37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	28 000	0,060	* 6301
15	24	5	1,56	0,8	0,034	60 000	38 000	0,0074	61802
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	34 000	0,016	61902
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,025	* 16002
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	32 000	0,030	* 6002
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	24 000	0,082	* 6302
17	26	5	1,68	0,93	0,039	56 000	34 000	0,0082	61803
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	32 000	0,018	61903
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,032	* 16003
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	28 000	0,039	* 6003
	40	9	9,56	4,75	0,2	38 000	24 000	0,048	98203
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203
	40	12	11,4	5,4	0,228	38 000	24 000	0,064	6203 ETN9
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,12	* 6303
	62	17	22,9	10,8	0,455	28 000	18 000	0,27	6403
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	61804
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	26 000	0,038	61904
	42	8	7,28	4,05	0,173	38 000	24 000	0,050	* 16004
	42	9	7,93	4,5	0,19	38 000	24 000	0,051	98204 Y
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,069	* 6004
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204
	47	14	15,6	7,65	0,325	32 000	20 000	0,096	6204 ETN9
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	19 000	0,14	* 6304
	52	15	18,2	9	0,38	30 000	19 000	0,14	6304 ETN9
	72	19	30,7	15	0,64	24 000	15 000	0,40	6404
22	50	14	14	7,65	0,325	30 000	19 000	0,12	62/22
	56	16	18,6	9,3	0,39	28 000	18 000	0,18	63/22

* Подшипник SKF Explorer



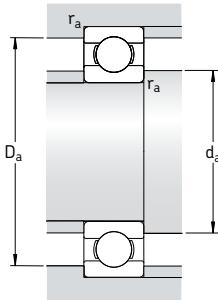
Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
ММ					ММ			—	
12	15 15,5 17 16,7 18,5 19,5	18,2 20,6 23,2 23,4 25,7 29,5	— 21,4 24,8 24,8 27,4 31,5	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6 1	14 14 14 14,4 16,2 17,6	19 22 26 27,6 27,8 31,4	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6 1	0,015 0,02 0,025 0,025 0,025 0,03	9,7 9,7 13 13 12 11
15	17,9 18,4 20,2 20,5 21,7 23,7	21,1 24,7 27 28,2 30,4 33,7	— 25,8 28,2 28,2 30,4 36,3	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6 1	17 17 17 17 19,2 20,6	22 26 30 30 30,8 36,4	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6 1	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03	10 14 14 14 13 12
17	20,2 20,4 22,7 23 24,5 24,5 23,9 26,5 32,4	23,2 26,7 29,5 29,2 32,7 32,7 33,5 37,4 46,6	— 27,8 31,2 31,4 32,7 35 — 39,7 —	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6 0,6 0,6 1 1,1	19 19 19 19 21,2 21,2 21,2 22,6 23,5	24 28 33 33 35,8 35,8 35,8 41,4 55,5	0,3 0,3 0,3 0,3 0,6 0,6 0,6 1 1	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,025 0,03 0,03 0,035	10 15 14 14 13 13 12 12 11
20	24 25,6 27,3 27,4 27,2 28,8 28,2 30,4 30,2 37,1	28,3 31,4 34,6 36 34,8 38,5 39,6 41,6 42,6 54,8	— 32,8 — 36,2 37,2 40,6 — 44,8 — —	0,3 0,3 0,3 0,6 0,6 1 1 1,1 1,1 1,1	22 22 22 23,2 23,2 25,6 25,6 27 27 29	30 35 40 38,8 38,8 41,4 41,4 45 45 63	0,3 0,3 0,3 0,6 0,6 1 1 1 1 1	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,025 0,025 0,03 0,03 0,035	15 15 15 14 14 13 12 12 12 11
22	32,2 32,9	41,8 45,3	44 —	1 1,1	27,6 29	44,4 47	1 1	0,025 0,03	14 12

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 25 – 35 мм



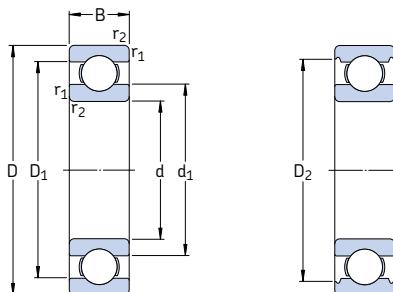
Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Границчная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение		
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	24 000	0,022	61805
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	22 000	0,045	61905
	47	8	8,06	4,75	0,212	32 000	20 000	0,060	* 16005
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,080	* 6005
	52	9	10,6	6,55	0,28	28 000	18 000	0,078	98205
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205
	52	15	17,8	9,8	0,40	28 000	18 000	0,12	6205 ETN9
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305
	62	17	26	13,4	0,57	24 000	16 000	0,21	6305 ETN9
	80	21	35,8	19,3	0,82	20 000	13 000	0,53	6405
28	58	16	16,8	9,5	0,405	26 000	16 000	0,18	62/28
	68	18	25,1	13,7	0,585	22 000	14 000	0,29	63/28
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	20 000	0,027	61806
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	19 000	0,051	61906
	55	9	11,9	7,35	0,31	28 000	17 000	0,085	* 16006
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	17 000	0,12	* 6006
	62	10	15,9	10,2	0,44	22 000	14 000	0,12	98206
	62	16	20,3	11,2	0,48	24 000	15 000	0,20	* 6206
	62	16	23,4	12,9	0,54	24 000	15 000	0,19	6206 ETN9
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	13 000	0,35	* 6306
	72	19	32,5	17,3	0,74	22 000	14 000	0,33	6306 ETN9
	90	23	43,6	23,6	1,00	18 000	11 000	0,74	6406
35	47	7	4,75	3,2	0,17	28 000	18 000	0,030	61807
	55	10	9,56	6,8	0,29	26 000	16 000	0,080	61907
	62	9	13	8,15	0,38	24 000	15 000	0,11	* 16007
	62	14	16,8	10,2	0,44	24 000	15 000	0,16	* 6007
	72	17	27	15,3	0,66	20 000	13 000	0,29	* 6207
	72	17	31,2	17,6	0,75	20 000	13 000	0,27	6207 ETN9
	80	21	35,1	19	0,82	19 000	12 000	0,46	* 6307
	100	25	55,3	31	1,29	16 000	10 000	0,95	6407

* Подшипник SKF Explorer



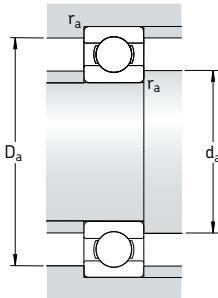
Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	—	—
25	28,5 30,2 33,3 32	33,3 36,8 40,7 40	— 37,8 — 42,2	0,3 0,3 0,3 0,6	27 27 27 28,2	35 40 45 43,8	0,3 0,3 0,3 0,6	0,015 0,02 0,02 0,025	14 15 15 14
	34,5 34,4 33,1	44 44 44,5	— 46,3 —	0,6 1 1	28,2 30,6 30,6	48,8 46,4 46,4	0,6 1 1	0,025 0,025 0,025	15 14 13
	36,6 36,4 45,4	50,4 51,7 62,9	52,7 — —	1,1 1,1 1,5	32 32 34	55 55 71	1 1 1,5	0,03 0,03 0,035	12 12 12
28	37 41,7	49,2 56	— —	1 1,1	33,6 35	52,4 61	1 1	0,025 0,03	14 13
30	33,7 35,2 37,7 38,2	38,5 41,8 47,3 46,8	— 42,8 — 49	0,3 0,3 0,3 1	32 32 32 34,6	40 45 53 50,4	0,3 0,3 0,3 1	0,015 0,02 0,02 0,025	14 14 15 15
	42,9 40,4 39,5 44,6 42,5 50,3	54,4 51,6 52,9 59,1 59,7 69,7	— 54,1 — 61,9 — —	0,6 1 1 1,1 1,1 1,5	33,2 35,6 35,6 37 37 41	58,8 56,4 56,4 65 65 79	0,6 1 1 1 1 1,5	0,025 0,025 0,025 0,03 0,03 0,035	14 14 13 13 12 12
35	38,7 41,6 44,1 43,8	43,5 48,4 53 53,3	— — — 55,6	0,3 0,6 0,3 1	37 38,2 37 39,6	45 51,8 60 57,4	0,3 0,6 0,3 1	0,015 0,02 0,02 0,025	14 14 14 15
	46,9 46,1 49,6 57,4	60 61,7 65,4 79,5	62,7 — 69,2 —	1,1 1,1 1,5 1,5	42 42 44 46	65 65 71 89	1 1 1,5 1,5	0,025 0,025 0,03 0,035	14 13 13 12

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 40 – 60 мм



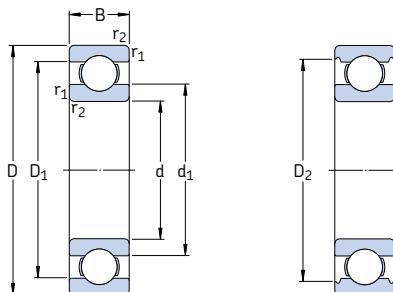
Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предель- ная	Масса	Обозначение	
d	D	B	C	C_0	кН	кН	об/мин	кг	-
40	52	7	4,94	3,45	0,19	26 000	16 000	0,034	61808
	62	12	13,8	10	0,43	24 000	14 000	0,12	61908
	68	9	13,8	9,15	0,44	22 000	14 000	0,13	* 16008
	68	15	17,8	11,6	0,49	22 000	14 000	0,19	* 6008
	80	18	32,5	19	0,80	18 000	11 000	0,37	* 6208
	80	18	35,8	20,8	0,88	18 000	11 000	0,34	6208 ETN9
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308
	110	27	63,7	36,5	1,53	14 000	9 000	1,25	6408
45	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	14 000	0,040	61809
	68	12	14	10,8	0,47	20 000	13 000	0,14	61909
	75	10	16,5	10,8	0,52	20 000	12 000	0,17	* 16009
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	12 000	0,25	* 6009
	85	19	35,1	21,6	0,92	17 000	11 000	0,41	* 6209
	100	25	55,3	31,5	1,34	15 000	9 500	0,83	* 6309
	120	29	76,1	45	1,90	13 000	8 500	1,55	6409
50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	13 000	0,052	61810
	72	12	14,6	11,8	0,50	19 000	12 000	0,14	61910
	80	10	16,8	11,4	0,56	18 000	11 000	0,18	* 16010
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	11 000	0,26	* 6010
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,46	* 6210
	110	27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,05	* 6310
	130	31	87,1	52	2,2	12 000	7 500	1,9	6410
55	72	9	9,04	8,8	0,38	19 000	12 000	0,083	61811
	80	13	16,5	14	0,60	17 000	11 000	0,19	61911
	90	11	20,3	14	0,70	16 000	10 000	0,26	* 16011
	90	18	29,6	21,2	0,90	16 000	10 000	0,39	* 6011
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211
	120	29	74,1	45	1,90	12 000	8 000	1,35	* 6311
	140	33	99,5	62	2,60	11 000	7 000	2,3	6411
60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	11 000	0,11	61812
	85	13	16,5	14,3	0,60	16 000	10 000	0,20	61912
	95	11	20,8	15	0,74	15 000	9 500	0,28	* 16012
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,42	* 6012
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212
	130	31	85,2	52	2,20	11 000	7 000	1,7	* 6312
	150	35	108	69,5	2,90	10 000	6 300	2,75	6412

* Подшипник SKF Explorer



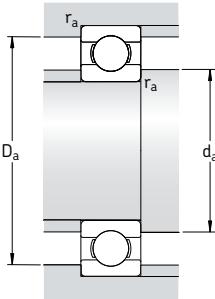
Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
ММ					ММ			—	
40	43,7	48,5	—	0,3	42	50	0,3	0,015	14
	46,9	55,1	—	0,6	43,2	58,8	0,6	0,02	16
	49,4	58,6	—	0,3	42	66	0,3	0,02	14
	49,3	58,8	61,1	1	44,6	63,4	1	0,025	15
	52,6	67,4	69,8	1,1	47	73	1	0,025	14
	52	68,8	—	1,1	47	73	1	0,025	13
	56,1	73,8	77,7	1,5	49	81	1,5	0,03	13
	62,8	87	—	2	53	97	2	0,035	12
45	49,1	53,9	—	0,3	47	56	0,3	0,015	17
	52,4	60,6	—	0,6	48,2	64,8	0,6	0,02	16
	55	65,4	—	0,6	48,2	71,8	0,6	0,02	14
	54,8	65,3	67,8	1	50,8	69,2	1	0,025	15
	57,6	72,4	75,2	1,1	52	78	1	0,025	14
	62,2	82,7	86,7	1,5	54	91	1,5	0,03	13
	68,9	95,8	—	2	58	107	2	0,035	12
50	55,1	59,9	—	0,3	52	63	0,3	0,015	17
	56,9	65,1	—	0,6	53,2	68,8	0,6	0,02	16
	60	70	—	0,6	53,2	76,8	0,6	0,02	14
	59,8	70,3	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15
	62,5	77,4	81,6	1,1	57	83	1	0,025	14
	68,8	91,1	95,2	2	61	99	2	0,03	13
	75,5	104	—	2,1	64	116	2	0,035	12
55	60,6	66,4	—	0,3	57	70	0,3	0,015	17
	63,2	71,8	—	1	59,6	75,4	1	0,02	16
	67	78,1	—	0,6	58,2	86,8	0,6	0,02	15
	66,3	78,7	81,5	1,1	61	84	1	0,025	15
	69,1	85,8	89,4	1,5	64	91	1,5	0,025	14
	75,3	99,5	104	2	66	109	2	0,03	13
	81,6	113	—	2,1	69	126	2	0,035	12
60	65,6	72,4	—	0,3	62	76	0,3	0,015	17
	68,2	76,8	—	1	64,6	80,4	1	0,02	16
	72	83	—	0,6	63,2	91,8	0,6	0,02	14
	71,3	83,7	86,5	1,1	66	89	1	0,025	16
	75,5	94,6	98	1,5	69	101	1,5	0,025	14
	81,9	108	112	2,1	72	118	2	0,03	13
	88,1	122	—	2,1	74	136	2	0,035	12

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 65 – 85 мм



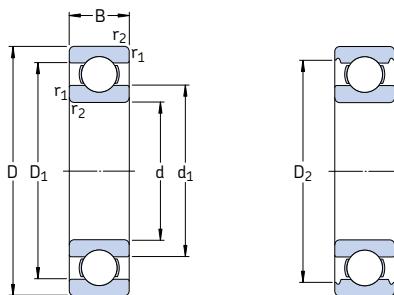
Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Стат.	Граничная нагрузка по стальности	Частота вращения номиналь- ная	Предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C ₀	P _u	об/мин		кг	-
мм			кН		кН		об/мин		
65	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	10 000	0,13	61813
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	9 500	0,22	61913
	100	11	22,5	16,6	0,83	14 000	9 000	0,30	* 16013
	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	* 6013
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	0,99	* 6213
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,10	* 6313
	160	37	119	78	3,15	9 500	6 000	3,30	6413
70	90	10	12,4	13,2	0,56	15 000	9 000	0,14	61814
	100	16	23,8	21,2	0,9	14 000	8 500	0,35	61914
	110	13	29,1	25	1,06	13 000	8 000	0,43	* 16014
	110	20	39,7	31	1,32	13 000	8 000	0,60	* 6014
	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,05	* 6214
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,50	* 6314
	180	42	143	104	3,9	8 500	5 300	4,85	6414
75	95	10	12,7	14,3	0,61	14 000	8 500	0,15	61815
	105	16	24,2	19,3	0,965	13 000	8 000	0,37	61915
	110	12	28,6	27	1,14	13 000	8 000	0,38	16115
	115	13	30,2	27	1,14	12 000	7 500	0,46	* 16015
	115	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,64	* 6015
	130	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,20	* 6215
	160	37	119	76,5	3	9 000	5 600	3,00	* 6315
	190	45	153	114	4,15	8 000	5 000	6,80	6415
80	100	10	13	15	0,64	13 000	8 000	0,15	61816
	110	16	25,1	20,4	1,02	12 000	7 500	0,40	61916
	125	14	35,1	31,5	1,32	11 000	7 000	0,60	* 16016
	125	22	49,4	40	1,66	11 000	7 000	0,85	* 6016
	140	26	72,8	55	2,2	9 500	6 000	1,40	* 6216
	170	39	130	86,5	3,25	8 500	5 300	3,60	* 6316
	200	48	163	125	4,5	7 500	4 800	8,00	6416
85	110	13	19,5	20,8	0,88	12 000	7 500	0,27	61817
	120	18	31,9	30	1,25	11 000	7 000	0,55	61917
	130	14	35,8	33,5	1,37	11 000	6 700	0,63	* 16017
	130	22	52	43	1,76	11 000	6 700	0,89	* 6017
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	5 600	1,80	* 6217
	180	41	140	96,5	3,55	8 000	5 000	4,25	* 6317
	210	52	174	137	4,75	7 000	4 500	9,50	6417

* Подшипник SKF Explorer



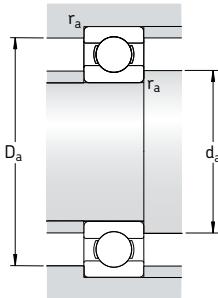
Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	—	—
65	71,6 73,2 76,5 76,3 83,3 88,4 94	78,4 81,8 88,4 88,7 102 116 131	— — — 1,1 1,5 2,1 2,1	0,6 1 0,6 1,1 1,5 2,1 2,1	68,2 69,6 68,2 71 74 77 79	81,8 85,4 96,8 94 111 128 146	0,6 1 0,6 1 1,5 2 2	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03 0,035	17 17 16 16 15 13 12
70	76,6 79,7 83,3 82,9 87,1 95 104	83,4 90,3 96,8 97,2 108 125 146	— — — 1,1 1,5 1,5 3	0,6 1 0,6 1,1 1,5 2,1 3	73,2 74,6 73,2 76 79 82 86	86,8 95,4 106 104 116 138 164	0,6 1 0,6 1 1,5 2 2,5	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03 0,035	17 16 16 16 15 13 12
75	81,6 84,7 88,3 88,3 87,9 92,1 101 110	88,4 95,3 102 — 105 113 133 154	— — — 0,6 1,1 1,5 2,1 3	0,6 1 0,6 0,6 1,1 1,5 2,1 3	78,2 79,6 77 78,2 81 84 87 91	91,8 100 108 111 109 121 148 174	0,6 1 0,3 0,6 1 1,5 2 2,5	0,015 0,02 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03 0,035	17 14 16 16 16 15 13 12
80	86,6 89,8 95,3 94,4 101 108 117	93,4 100 110 111 122 142 163	— 102 — 114 127 147 —	0,6 1 0,6 1,1 2 2,1 3	83,2 84,6 83,2 86 91 92 96	96,8 105 121 119 129 158 184	0,6 1 0,6 1 2 2 2,5	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03 0,035	17 14 16 16 15 13 12
85	93,2 96,4 100 99,4 106 115 123	102 109 — 116 130 115 171	— — 0,6 1,1 2 3 4	1 1,1 0,6 1,1 2 3 4	89,6 91 88,2 92 96 99 105	105 114 126 123 139 166 190	1 1 0,6 1 2 2,5 3	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03 0,035	17 16 16 16 15 13 12

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d = 90 – 110 мм



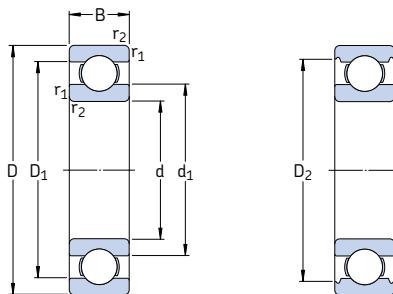
Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Границчная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение		
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
90	115	13	19,5	22	0,915	11 000	7 000	0,28	61818
	125	18	33,2	31,5	1,23	11 000	6 700	0,59	61918
	140	16	43,6	39	1,56	10 000	6 300	0,85	* 16018
	140	24	60,5	50	1,96	10 000	6 300	1,15	* 6018
	160	30	101	73,5	2,8	8 500	5 300	2,15	* 6218
	190	43	151	108	3,8	7 500	4 800	4,90	* 6318
	225	54	186	150	5	6 700	4 300	11,5	6418
95	120	13	19,9	22,8	0,93	11 000	6 700	0,30	61819
	130	18	33,8	33,5	1,43	10 000	6 300	0,61	61919
	145	16	44,8	41,5	1,63	9 500	6 000	0,89	* 16019
	145	24	63,7	54	2,08	9 500	6 000	1,20	* 6019
	170	32	114	81,5	3	8 000	5 000	2,60	* 6219
	200	45	159	118	4,15	7 000	4 500	5,65	* 6319
100	125	13	19,9	24	0,95	10 000	6 300	0,31	61820
	140	20	42,3	41	1,63	9 500	6 000	0,83	61920
	150	16	46,2	44	1,73	9 500	5 600	0,91	* 16020
	150	24	63,7	54	2,04	9 500	5 600	1,25	* 6020
	180	34	127	93	3,35	7 500	4 800	3,15	* 6220
	215	47	174	140	4,75	6 700	4 300	7,00	6320
105	130	13	20,8	19,6	1	10 000	6 300	0,32	61821
	145	20	44,2	44	1,7	9 500	5 600	0,87	61921
	160	18	54	51	1,86	8 500	5 300	1,20	* 16021
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	5 300	1,60	* 6021
	190	36	140	104	3,65	7 000	4 500	3,70	* 6221
	225	49	182	153	5,1	6 300	4 000	8,25	6321
110	140	16	28,1	26	1,25	9 500	5 600	0,60	61822
	150	20	43,6	45	1,66	9 000	5 600	0,90	61922
	170	19	60,2	57	2,04	8 000	5 000	1,45	* 16022
	170	28	85,2	73,5	2,4	8 000	5 000	1,95	* 6022
	200	38	151	118	4	6 700	4 300	4,35	* 6222
	240	50	203	180	5,7	6 000	3 800	9,55	6322

* Подшипник SKF Explorer



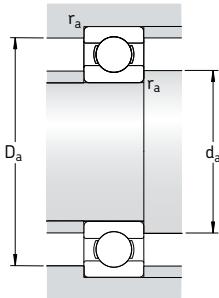
Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ	ММ	ММ	ММ	—	—	—	—	—	—
90	98,2	107	—	1	94,6	110	1	0,015	17
	101	114	117	1,1	96	119	1	0,02	16
	107	123	—	1	94,6	135	1	0,02	16
	106	124	128	1,5	97	133	1,5	0,025	16
	113	138	143	2	101	149	2	0,025	15
	121	159	164	3	104	176	2,5	0,03	13
	132	181	—	4	110	205	3	0,035	12
95	103	112	—	1	99,6	115	1	0,015	17
	106	119	122	1,1	101	124	1	0,02	17
	112	128	—	1	99,6	140	1	0,02	16
	111	129	133	1,5	102	138	1,5	0,025	16
	118	146	151	2,1	107	158	2	0,025	14
	128	167	172	3	109	186	2,5	0,03	13
100	108	117	—	1	105	120	1	0,015	17
	113	127	—	1,1	106	134	1	0,02	16
	116	134	—	1	105	145	1	0,02	17
	116	134	138	1,5	107	143	1,5	0,025	16
	125	155	160	2,1	112	168	2	0,025	14
	136	179	184	3	114	201	2,5	0,03	13
105	112	123	—	1	110	125	1	0,015	13
	118	132	—	1,1	111	139	1	0,02	17
	123	142	—	1	110	155	1	0,02	16
	123	143	147	2	116	149	2	0,025	16
	131	163	167	2,1	117	178	2	0,025	14
	142	188	—	3	119	211	2,5	0,03	13
110	119	131	—	1	115	135	1	0,015	14
	123	137	—	1,1	116	144	1	0,02	17
	130	150	—	1	115	165	1	0,02	16
	129	151	155	2	119	161	2	0,025	16
	138	172	177	2,1	122	188	2	0,025	14
	150	200	—	3	124	226	2,5	0,03	13

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 120 – 170 мм



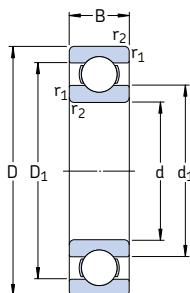
Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение		
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
мм					кН		об/мин		
120	150	16	29,1	28	1,29	8 500	5 300	0,65	61824
	165	22	55,3	57	2,04	8 000	5 000	1,20	61924
	180	19	63,7	64	2,2	7 500	4 800	1,60	* 16024
	180	28	88,4	80	2,75	7 500	4 800	2,05	* 6024
	215	40	146	118	3,9	6 300	4 000	5,15	6224
	260	55	208	186	5,7	5 600	3 400	12,5	6324
130	165	18	37,7	43	1,6	8 000	4 800	0,93	61826
	180	24	65	67	2,28	7 500	4 500	1,85	61926
	200	22	83,2	81,5	2,7	7 000	4 300	2,35	* 16026
	200	33	112	100	3,35	7 000	4 300	3,15	* 6026
	230	40	156	132	4,15	5 600	3 600	5,80	6226
	280	58	229	216	6,3	5 000	4 500	17,5	6326 M
140	175	18	39	46,5	1,66	7 500	4 500	0,99	61828
	190	24	66,3	72	2,36	7 000	5 600	1,70	61928 MA
	210	22	80,6	86,5	2,8	6 700	4 000	2,50	16028
	210	33	111	108	3,45	6 700	4 000	3,35	6028
	250	42	165	150	4,55	5 300	3 400	7,45	6228
	300	62	251	245	7,1	4 800	4 300	22,0	6328 M
150	190	20	48,8	61	1,96	6 700	4 300	1,40	61830
	210	28	88,4	93	2,9	6 300	5 300	3,05	61930 MA
	225	24	92,2	98	3,05	6 000	3 800	3,15	16030
	225	35	125	125	3,9	6 000	3 800	4,80	6030
	270	45	174	166	4,9	5 000	3 200	9,40	6230
	320	65	276	285	7,8	4 300	4 000	26,0	6330 M
160	200	20	49,4	64	2	6 300	4 000	1,45	61832
	220	28	92,3	98	3,05	6 000	5 000	3,25	61932 MA
	240	25	99,5	108	3,25	5 600	3 600	3,70	16032
	240	38	143	143	4,3	5 600	3 600	5,90	6032
	290	48	186	186	5,3	4 500	3 000	14,5	6232
	340	68	276	285	7,65	4 000	3 800	29,0	6332 M
170	215	22	61,8	78	2,4	6 000	3 600	1,90	61834
	230	28	93,6	106	3,15	5 600	4 800	3,40	61934 MA
	260	28	119	129	3,75	5 300	3 200	5,00	16034
	260	42	168	173	5	5 300	4 300	7,90	6034 M
	310	52	212	224	6,1	4 300	3 800	17,5	6234 M
	360	72	312	340	8,8	3 800	3 400	34,5	6334 M

* Подшипник SKF Explorer

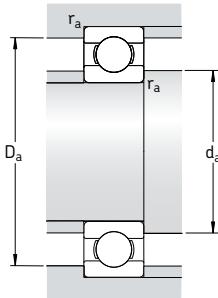


Размеры					Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
ММ					ММ			—	
120	129	141	—	1	125	145	1	0,015	13
	134	151	—	1,1	126	159	1	0,02	17
	139	161	—	1	125	175	1	0,02	17
	139	161	165	2	129	171	2	0,025	16
	151	184	189	2,1	132	203	2	0,025	14
	165	215	—	3	134	246	2,5	0,03	14
130	140	155	—	1,1	136	159	1	0,015	16
	146	164	—	1,5	137	173	1,5	0,02	16
	154	176	—	1,1	136	192	1	0,02	16
	153	177	182	2	139	191	2	0,025	16
	161	198	—	3	144	216	2,5	0,025	15
	178	232	—	4	147	263	3	0,03	14
140	151	164	—	1,1	146	169	1	0,015	16
	156	175	—	1,5	147	183	1,5	0,02	17
	164	186	—	1,1	146	204	1	0,02	17
	163	187	192	2	149	201	2	0,025	16
	176	213	213	3	154	236	2,5	0,025	15
	191	248	248	4	157	283	3	0,03	14
150	163	177	—	1,1	156	184	1	0,015	17
	169	191	—	2	159	201	2	0,02	16
	175	199	—	1,1	156	219	1	0,02	16
	174	201	205	2,1	160	215	2	0,025	16
	191	227	—	3	164	256	2,5	0,025	15
	206	263	—	4	167	303	3	0,03	14
160	173	187	—	1,1	166	194	1	0,015	17
	179	201	—	2	169	211	2	0,02	16
	186	213	—	1,5	167	233	1,5	0,02	17
	186	214	—	2,1	169	231	2	0,025	16
	206	242	—	3	174	276	2,5	0,025	15
	219	281	—	4	177	323	3	0,03	14
170	184	201	—	1,1	176	209	1	0,015	17
	189	211	—	2	179	221	2	0,02	17
	200	229	—	1,5	177	253	1,5	0,02	16
	199	231	—	2,1	180	250	2	0,025	16
	219	259	—	4	187	293	3	0,025	15
	231	298	—	4	187	343	3	0,03	14

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 180 – 260 мм

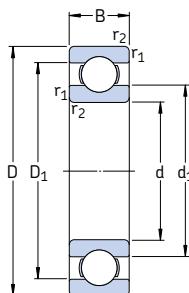


Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C ₀	P _u	об/мин		кг	–
мм			кН		кН	об/мин			
180	225	22	62,4	81,5	2,45	5 600	3 400	2,00	61836
	250	33	119	134	3,9	5 300	4 300	5,05	61936 MA
	280	31	138	146	4,15	4 800	4 000	6,60	16036
	280	46	190	200	5,6	4 800	4 000	10,5	6036 M
	320	52	229	240	6,4	4 000	3 600	18,5	6236 M
	380	75	351	405	10,4	3 600	3 200	42,5	6336 M
190	240	24	76,1	98	2,8	5 300	3 200	2,60	61838
	260	33	117	134	3,8	5 000	4 300	5,25	61938 MA
	290	31	148	166	4,55	4 800	3 000	7,90	16038
	290	46	195	216	5,85	4 800	3 800	11,0	6038 M
	340	55	255	280	7,35	3 800	3 400	23,0	6238 M
	400	78	371	430	10,8	3 400	3 000	49,0	6338 M
200	250	24	76,1	102	2,9	5 000	3 200	2,70	61840
	280	38	148	166	4,55	4 800	3 800	7,40	61940 MA
	310	34	168	190	5,1	4 300	2 800	8,85	16040
	310	51	216	245	6,4	4 300	3 600	14,0	6040 M
	360	58	270	310	7,8	3 600	3 200	28,0	6240 M
220	270	24	78	110	3	4 500	2 800	3,00	61844
	300	38	151	180	4,75	4 300	3 600	8,00	61944 MA
	340	37	174	204	5,2	4 000	2 400	11,5	16044
	340	56	247	290	7,35	4 000	3 200	18,5	6044 M
	400	65	296	365	8,8	3 200	3 000	37,0	6244 M
	460	88	410	520	12	3 000	2 600	72,5	6344 M
240	300	28	108	150	3,8	4 000	2 600	4,50	61848
	320	38	159	200	5,1	4 000	3 200	8,60	61948 MA
	360	37	178	220	5,3	3 600	3 000	14,5	16048 MA
	360	56	255	315	7,8	3 600	3 000	19,5	6048 M
	440	72	358	465	10,8	3 000	2 600	51,0	6248 M
	500	95	442	585	12,9	2 600	2 400	92,5	6348 M
260	320	28	111	163	4	3 800	2 400	4,80	61852
	360	46	212	270	6,55	3 600	3 000	14,5	61952 MA
	400	44	238	310	7,2	3 200	2 800	21,5	16052 MA
	400	65	291	375	8,8	3 200	2 800	29,5	6052 M
	480	80	390	530	11,8	2 600	2 400	65,5	6252 M

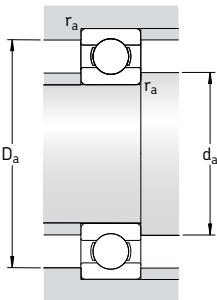


Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
мм	~	~		мм			—	
180	194 203 214 212 227 245	211 227 246 248 273 314	1,1 2 2 2,1 4 4	186 189 189 190 197 197	219 241 271 270 303 363	1 2 2 2 3 3	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03	17 16 16 16 15 14
190	206 213 224 222 240 259	224 237 255 258 290 331	1,5 2 2 2,1 4 5	197 199 199 200 207 210	233 251 281 280 323 380	1,5 2 2 2 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03	17 17 16 16 15 14
200	216 226 237 235 255	234 254 272 275 302	1,5 2,1 2 2,1 4	207 210 209 210 217	243 270 301 300 343	1,5 2 2 2 3	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025	17 16 16 16 15
220	236 246 262 258 283 300	254 274 298 302 335 381	1,5 2,1 2,1 3 4 5	227 230 230 233 237 240	263 290 330 327 383 440	1,5 2 2 2,5 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03	17 17 16 16 15 14
240	259 266 280 278 308 330	281 294 320 322 373 411	2 2,1 2,1 3 4 5	249 250 250 253 257 260	291 310 350 347 423 480	2 2 2 2,5 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025 0,03	17 17 17 16 15 15
260	279 292 307 305 336	301 328 352 355 405	2 2,1 3 4 5	269 270 273 277 280	311 350 387 383 460	2 2 2,5 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025	17 16 16 16 15

Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 280 – 420 мм

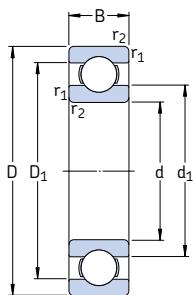


Основные размеры			Грузоподъемность дин.	Границчная нагрузка по усталости	Частота вращения номинальная	Масса	Обозначение		
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
280	350	33	138	200	4,75	3 400	2 200	7,40	61856
	380	46	216	285	6,7	3 200	2 800	15,0	61956 MA
	420	44	242	335	7,5	3 000	2 600	23,0	16056 MA
	420	65	302	405	9,3	3 000	2 600	31,0	6056 M
	500	80	423	600	12,9	2 600	2 200	71,0	6256 M
300	380	38	172	245	5,6	3 200	2 600	10,5	61860 MA
	420	56	270	375	8,3	3 000	2 400	24,5	61960 MA
	460	50	286	405	8,8	2 800	2 400	32,0	16060 MA
	460	74	358	500	10,8	2 800	2 400	44,0	6060 M
	540	85	462	670	13,7	2 400	2 000	88,5	6260 M
320	400	38	172	255	5,7	3 000	2 400	11,0	61864 MA
	440	56	276	400	8,65	2 800	2 400	25,5	61964 MA
	480	50	281	405	8,65	2 600	2 200	34,0	16064 MA
	480	74	371	540	11,4	2 600	2 200	46,0	6064 M
340	420	38	178	275	6	2 800	2 400	11,5	61868 MA
	460	56	281	425	9	2 600	2 200	26,5	61968 MA
	520	57	345	520	10,6	2 400	2 000	45,0	16068 MA
	520	82	423	640	13,2	2 400	2 000	62,0	6068 M
360	440	38	182	285	6,1	2 600	2 200	12,0	61872 MA
	480	56	291	450	9,15	2 600	2 000	28,0	61972 MA
	540	57	351	550	11	2 400	1 900	49,0	16072 MA
	540	82	462	735	15	2 400	1 900	64,5	6072 M
380	480	46	242	390	8	2 400	2 000	20,0	61876 MA
	520	65	338	540	10,8	2 400	1 900	40,0	61976 MA
	560	57	377	620	12,2	2 200	1 800	51,0	16076 MA
	560	82	462	750	14,6	2 200	1 800	67,5	6076 M
400	500	46	247	405	8,15	2 400	1 900	20,5	61880 MA
	540	65	345	570	11,2	2 200	1 800	41,5	61980 MA
	600	90	520	865	16,3	2 000	1 700	87,5	6080 M
420	520	46	251	425	8,3	2 200	1 800	21,5	61884 MA
	560	65	351	600	11,4	2 200	1 800	43,0	61984 MA
	620	90	507	880	16,3	2 000	1 600	91,5	6084 M

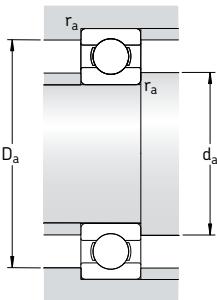


Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	~	~	~	~
280	302 312 326 325 353	327 348 374 375 427	2 2,1 3 4 5	289 291 293 296 300	341 369 407 404 480	2 2 2,5 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025	17 17 17 16 15
300	326 338 352 350 381	354 382 408 410 459	2,1 3 4 4 5	309 313 315 315 320	371 407 445 445 520	2 2,5 3 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025 0,025	17 16 16 16 15
320	346 358 372 370	374 402 428 431	2,1 3 4 4	332 333 335 335	388 427 465 465	2 2,5 3 3	0,015 0,02 0,02 0,025	17 16 17 16
340	366 378 398 396	394 423 462 462	2,1 3 4 5	352 353 355 360	408 447 505 500	2 2,5 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025	17 17 16 16
360	385 398 418 416	416 442 482 485	2,1 3 4 5	372 373 375 378	428 467 525 522	2 2,5 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025	17 17 16 16
380	412 425 438 436	449 475 502 502	2,1 4 4 5	392 395 395 398	468 505 545 542	2 3 3 4	0,015 0,02 0,02 0,025	17 17 17 16
400	432 445 462	471 495 536	2,1 4 5	412 415 418	488 525 582	2 3 4	0,015 0,02 0,025	17 17 16
420	452 465 482	491 515 558	2,1 4 5	432 435 438	508 545 602	2 3 4	0,015 0,02 0,025	17 17 16

**Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 440 – 710 мм**

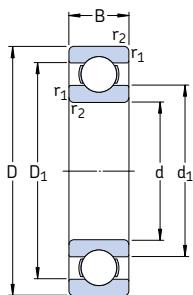


Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Границчная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0	P _u	об/мин	–	кг	–
мм			кН		кН	об/мин			
440	540	46	255	440	8,5	2 200	1 800	22,5	61888 MA
	600	74	410	720	13,2	2 000	1 600	60,5	61988 MA
	650	94	553	965	17,6	1 900	1 500	105	6088 M
460	580	56	319	570	10,6	2 000	1 600	35,0	61892 MA
	620	74	423	750	13,7	1 900	1 600	62,5	61992 MA
	680	100	582	1 060	19	1 800	1 500	120	6092 MB
480	600	56	325	600	10,8	1 900	1 600	36,5	61896 MA
	650	78	449	815	14,6	1 800	1 500	74,0	61996 MA
	700	100	618	1 140	20	1 700	1 400	125	6096 MB
500	620	56	332	620	11,2	1 800	1 500	40,5	618/500 MA
	670	78	462	865	15	1 700	1 400	77,0	619/500 MA
	720	100	605	1 140	19,6	1 600	1 300	135	60/500 N1MAS
530	650	56	332	655	11,2	1 700	1 400	39,5	618/530 MA
	710	82	488	930	15,6	1 600	1 300	90,5	619/530 MA
	780	112	650	1 270	20,8	1 500	1 200	185	60/530 N1MAS
560	680	56	345	695	11,8	1 600	1 300	42,0	618/560 MA
	750	85	494	980	16,3	1 500	1 200	105	619/560 MA
	820	115	663	1 470	22	1 400	1 200	210	60/560 N1MAS
600	730	60	364	765	12,5	1 500	1 200	52,0	618/600 MA
	800	90	585	1 220	19,6	1 400	1 100	125	619/600 MA
630	780	69	442	965	15,3	1 400	1 100	73,0	618/630 MA
	850	100	624	1 340	21,2	1 300	1 100	160	619/630 N1MA
	920	128	819	1 760	27	1 200	1 000	285	60/630 N1MBS
670	820	69	442	1 000	15,6	1 300	1 100	83,5	618/670 MA
	900	103	676	1 500	22,4	1 200	1 000	185	619/670 MA
	980	136	904	2 040	30	1 100	900	345	60/670 N1MAS
710	870	74	475	1 100	16,6	1 200	1 000	93,5	618/710 MA
	950	106	663	1 500	22	1 100	900	220	619/710 MA
	1 030	140	956	2 200	31,5	1 000	850	375	60/710 MA

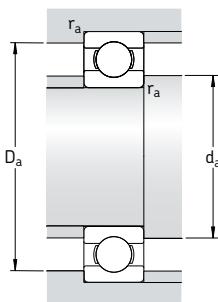


Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
мм	~	~		мм			—	
440	472 492 505	510 548 586	2,1 4 6	452 455 463	528 585 627	2 3 5	0,015 0,02 0,025	17 17 16
460	498 512 528	542 568 614	3 4 6	473 476 483	567 604 657	2,5 3 5	0,015 0,02 0,025	17 17 16
480	518 535 548	564 595 630	3 5 6	493 498 503	587 632 677	2,5 4 5	0,015 0,02 0,025	17 17 16
500	538 555 568	582 615 650	3 5 6	513 518 523	607 652 697	2,5 4 5	0,015 0,02 0,025	17 17 16
530	568 587 613	614 653 697	3 5 6	543 548 553	637 692 757	2,5 4 5	0,015 0,02 0,025	17 17 16
560	598 622 648	644 688 732	3 5 6	573 578 583	667 732 797	2,5 4 5	0,015 0,02 0,025	17 17 16
600	642 664	688 736	3 5	613 618	717 782	2,5 4	0,015 0,02	17 17
630	678 702 725	732 778 825	4 6 7,5	645 653 658	765 827 892	3 5 6	0,015 0,02 0,025	17 17 16
670	718 745 772	772 825 878	4 6 7,5	685 693 698	805 877 952	3 5 6	0,015 0,02 0,025	17 17 16
710	761 790 813	819 870 927	4 6 7,5	725 733 738	855 927 1002	3 5 6	0,015 0,02 0,025	17 17 16

**Однорядные радиальные шарикоподшипники
d 750 – 1 500 мм**

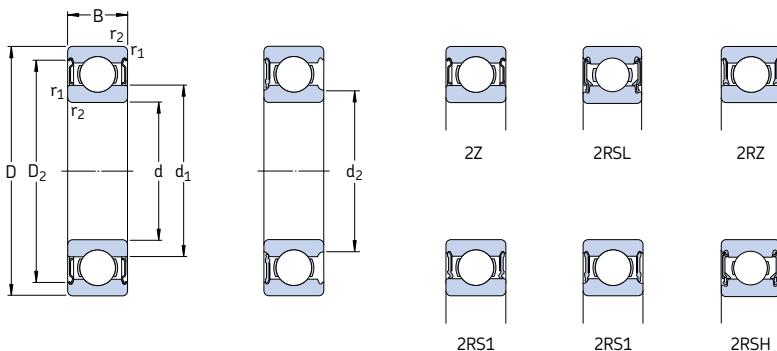


Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- предель- ная	Масса	Обозначение	
d	D	B	C	C_0	кН	кН	об/мин	кг	–
мм									
750	920 1 000	78 112	527 761	1 250 1 800	18,3 25,5	1 100 1 000	900 850	110 255	618/750 MA 619/750 MA
800	980 1 060 1 150	82 115 155	559 832 1 010	1 370 2 040 2 550	19,3 28,5 34,5	1 000 950 900	850 800 750	130 275 535	618/800 MA 619/800 MA 60/800 N1MAS
850	1 030	82	559	1 430	19,6	950	750	140	618/850 MA
900	1 090	85	618	1 600	21,6	850	700	160	618/900 MA
1 000	1 220	100	637	1 800	22,8	750	600	245	618/1000 MA
1 060	1 280	100	728	2 120	26,5	670	560	260	618/1060 MA
1 120	1 360	106	741	2 200	26,5	630	530	315	618/1120 MA
1 180	1 420	106	761	2 360	27,5	560	480	330	618/1180 MB
1 500	1 820	140	1 210	4 400	46,5	380	240	690	618/1500 TN



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ				ММ			—	
750	804 835	866 915	5 6	768 773	902 977	4 5	0,015 0,02	17 17
800	857 884 918	923 976 1 032	5 6 7,5	818 823 828	962 1 037 1 122	4 5 6	0,015 0,02 0,025	17 17 16
850	907	973	5	868	1 012	4	0,015	17
900	961	1 030	5	918	1 072	4	0,015	17
1 000	1 076	1 145	6	1 023	1 197	5	0,015	17
1 060	1 132	1 209	6	1 083	1 257	5	0,015	17
1 120	1 202	1 278	6	1 143	1 337	5	0,015	17
1 180	1 262	1 339	6	1 203	1 397	5	0,015	17
1 500	1 607	1 714	7,5	1 528	1 792	6	0,015	17

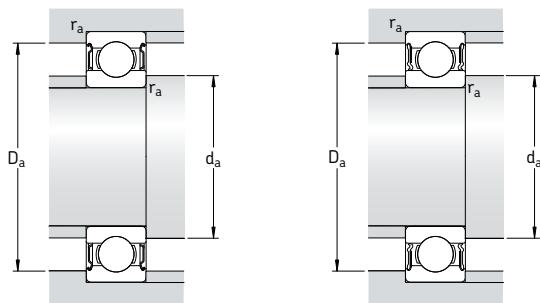
Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 3 – 7 мм



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номинальная	Частота вращения предельная ¹⁾	Масса	Обозначение с односторонним уплотнением	Обозначение с двухсторонним уплотнением
d	D	B	C	C_0	кН	кН	об/мин	кг	–
3	10	4	0,54	0,18	0,007	130 000	60 000	0,0015	623-2Z 623-2RS1 623-RS1
	10	4	0,54	0,18	0,007	–	40 000	0,0015	
4	9	3,5	0,54	0,18	0,007	140 000	70 000	0,0010	628/4-2Z
	9	4	0,54	0,18	0,007	140 000	70 000	0,0013	638/4-2Z
	11	4	0,72	0,23	0,010	130 000	63 000	0,0017	619/4-2Z
	12	4	0,81	0,28	0,012	120 000	60 000	0,0021	604-2Z
	13	5	0,94	0,29	0,012	110 000	53 000	0,0031	624-2Z 624-Z
	16	5	1,11	0,38	0,016	95 000	48 000	0,0054	634-2Z
	16	5	1,11	0,38	0,016	95 000	48 000	0,0054	634-2RZ 634-RZ
	16	5	1,11	0,38	0,016	–	28 000	0,0054	634-2RS1 634-RS1
5	11	4	0,64	0,26	0,011	120 000	60 000	0,0014	628/5-2Z
	11	5	0,64	0,26	0,011	120 000	60 000	0,0016	638/5-2Z
	13	4	0,88	0,34	0,014	110 000	53 000	0,0025	619/5-2Z
	16	5	1,14	0,38	0,016	95 000	48 000	0,005	* 625-2Z * 625-Z
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,009	* 635-2Z * 635-RZ
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,009	* 635-2RZ * 635-RZ
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,009	* 635-2RS1 * 635-RS1
6	13	5	0,88	0,35	0,015	110 000	53 000	0,0026	628/6-2Z
	15	5	1,24	0,48	0,02	100 000	50 000	0,0039	619/6-2Z
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,0084	* 626-2Z * 626-2RSL
	19	6	2,34	0,95	0,04	80 000	40 000	0,0084	* 626-RSL * 626-RSH
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,0084	* 626-RSH
7	14	5	0,956	0,4	0,017	100 000	50 000	0,0031	628/7-2Z
	17	5	1,48	0,56	0,024	90 000	45 000	0,0049	619/7-2Z
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0075	* 607-2Z * 607-2RSL
	19	6	2,34	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0075	* 607-RSL * 607-RSH
	19	6	2,34	0,95	0,04	–	24 000	0,0075	* 607-RSH
22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	36 000	0,013	* 627-2Z * 627-2RSL	
	22	7	3,45	1,37	0,057	70 000	36 000	0,012	* 627-RSL * 627-RSH
	22	7	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,012	* 627-RSH

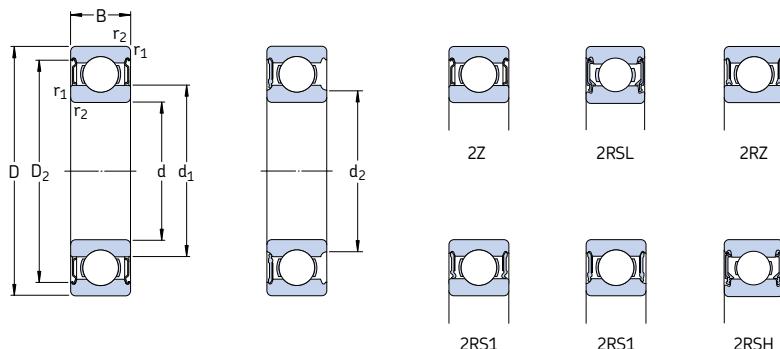
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ, RSL)



Размеры					Размеры сопряженных деталей					Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
мм	мм	мм	мм	—	—	—	—	—	—	—	
3	5,2	—	8,2	0,15	4,2	—	8,8	0,1	0,025	7,5	
	5,2	—	8,2	0,15	4,2	—	8,8	0,1	0,025	7,5	
4	5,2	—	7,8	0,1	4,6	—	8,4	0,1	0,015	10	
	5,2	—	7,8	0,1	4,6	—	8,4	0,1	0,015	10	
	5,9	—	9,8	0,15	4,8	—	10,2	0,1	0,02	9,9	
	6,1	—	9,8	0,2	5,4	—	10,6	0,2	0,025	10	
	6,7	—	11,2	0,2	5,8	—	11,2	0,2	0,025	7,3	
	8,4	—	13,3	0,3	6,4	—	13,6	0,3	0,03	8,4	
	8,4	—	13,3	0,3	6,4	—	13,6	0,3	0,03	8,4	
	8,4	—	13,3	0,3	6,4	—	13,6	0,3	0,03	8,4	
5	6,8	—	9,7	0,15	5,8	—	10,2	0,1	0,015	11	
	6,8	—	9,7	0,15	5,8	—	10,2	0,1	0,015	11	
	7,6	—	11,4	0,2	6,4	—	11,6	0,2	0,02	11	
	8,4	—	13,3	0,3	7,4	—	13,6	0,3	0,025	8,4	
	10,7	—	16,5	0,3	7,4	—	16,6	0,3	0,03	13	
	10,7	—	16,5	0,3	7,4	—	16,6	0,3	0,03	13	
	10,7	—	16,5	0,3	7,4	—	16,6	0,3	0,03	13	
6	7,9	—	11,7	0,15	6,8	—	12,2	0,1	0,015	11	
	8,6	—	13,3	0,2	7,4	—	13,6	0,2	0,02	10	
	11,1	—	16,5	0,3	8,4	—	16,6	0,3	0,025	13	
	—	9,5	16,5	0,3	8,4	9,4	16,6	0,3	0,025	13	
	—	9,5	16,5	0,3	8,4	9,4	16,6	0,3	0,025	13	
7	8,9	—	12,6	0,15	7,8	—	13,2	0,1	0,015	11	
	9,8	—	15,2	0,3	9	—	15	0,3	0,02	10	
	11,1	—	16,5	0,3	9	—	17	0,3	0,025	13	
	—	9,5	16,5	0,3	9	9,4	17	0,3	0,025	13	
	—	9,5	16,5	0,3	9	9,4	17	0,3	0,025	13	
	12,2	—	19,2	0,3	9,4	—	19,6	0,3	0,025	12	
	—	10,6	19,2	0,3	9,4	10,5	19,6	0,3	0,025	12	
	—	10,6	19,2	0,3	9,4	10,5	19,6	0,3	0,025	12	

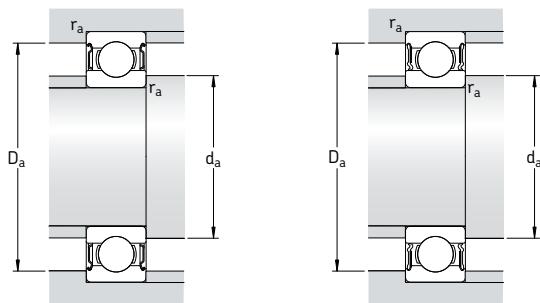
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 8 – 9 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Границная нагрузка по усталости	Частота вращения	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
8	16	5	1,33	0,57	0,024	90 000	45 000	0,0036	628/8-2Z
	16	5	1,33	0,57	0,024	–	26 000	0,0036	628/8-RS1
	16	6	1,33	0,57	0,024	90 000	45 000	0,0043	638/8-2Z
	19	6	1,9	0,74	0,031	80 000	40 000	0,0071	619/8-2Z
	19	6	1,9	0,74	0,031	–	24 000	0,0071	619/8-RS1
	19	6	2,21	0,95	0,04	85 000	43 000	0,0072	607/8-2Z
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	38 000	0,012	* 608-2Z
	22	7	3,45	1,37	0,057	75 000	38 000	0,012	* 608-2RSL
	22	7	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,012	* 608-2RSH
	22	11	3,45	1,37	0,057	–	22 000	0,016	* 608-RS1
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	32 000	0,017	* 628-2Z
	24	8	3,9	1,66	0,071	63 000	32 000	0,017	* 628-2RZ
	24	8	3,9	1,66	0,071	–	19 000	0,017	* 628-RS1
	28	9	4,62	1,96	0,083	60 000	30 000	0,030	638-2RZ
9	17	5	1,43	0,64	0,027	85 000	43 000	0,0043	628/9-2Z
	17	5	1,43	0,64	0,027	–	24 000	0,0043	628/9-RS1
	20	6	2,08	0,87	0,036	80 000	38 000	0,0076	619/9-2Z
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	34 000	0,014	* 609-2Z
	24	7	3,9	1,66	0,071	70 000	34 000	0,014	* 609-2RSL
	24	7	3,9	1,66	0,071	–	19 000	0,014	* 609-RSH
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	30 000	0,020	* 629-2Z
	26	8	4,75	1,96	0,083	60 000	30 000	0,020	* 629-RSL
	26	8	4,75	1,96	0,083	–	19 000	0,020	* 629-RSH

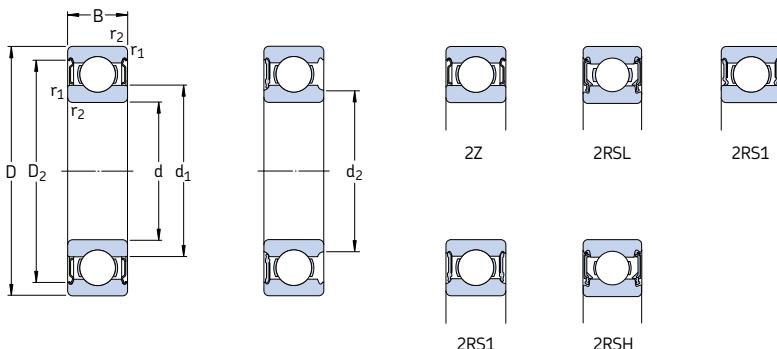
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ, RSL)



Размеры					Размеры сопряженных деталей					Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
мм	мм	мм	мм	—	—	—	—	—	—	—	
8	10,1	—	14,5	0,2	9,4	—	14,6	0,2	0,015	11	
—	9,5	—	14,5	0,2	9,4	9,4	14,6	0,2	0,015	11	
10,1	—	14,5	0,2	9,4	—	14,6	0,2	0,015	11		
11,1	—	17	0,3	10	—	17	0,3	0,02	10		
—	10,4	17	0,3	10	10	17	0,3	0,02	10		
11,1	—	16,5	0,3	10	—	17	0,3	0,025	13		
12,1	—	19,2	0,3	10	—	20	0,3	0,025	12		
—	10,6	19,2	0,3	10	10,5	20	0,3	0,025	12		
—	10,6	19,2	0,3	10	10,5	20	0,3	0,025	12		
11,8	—	19	0,3	10	—	20	0,3	0,025	12		
14,5	—	20,6	0,3	10,4	—	21,6	0,3	0,025	13		
14,5	—	20,6	0,3	10,4	—	21,6	0,3	0,025	13		
14,5	—	20,6	0,3	10,4	—	21,6	0,3	0,025	13		
14,8	—	22,6	0,3	10,4	—	25,6	0,3	0,03	12		
9	11,1	—	15,5	0,2	10,4	—	15,6	0,2	0,015	11	
—	10,6	15,5	0,2	10,4	10,5	15,6	0,2	0,015	11		
12	—	17,9	0,3	11	—	18	0,3	0,02	11		
14,4	—	21,2	0,3	11	—	22	0,3	0,025	13		
—	12,8	21,2	0,3	11	12,5	22	0,3	0,025	13		
—	12,8	21,2	0,3	11	12,5	22	0,3	0,025	13		
14,8	—	22,6	0,3	11,4	—	23,6	0,3	0,025	12		
—	13	22,6	0,3	11,4	12,5	23,6	0,3	0,025	12		
—	13	22,6	0,3	11,4	12,5	23,6	0,3	0,025	12		

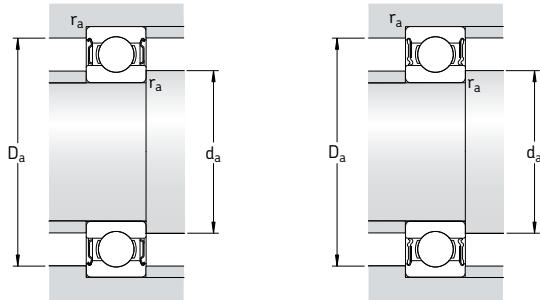
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 10 – 12 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предель- ная ¹⁾	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
10									
19	5	1,38	0,59	0,025	80 000	38 000	0,0055	61800-2Z	–
19	5	1,38	0,59	0,025	–	22 000	0,0055	61800-2RS1	–
22	6	2,08	0,85	0,036	75 000	36 000	0,010	61900-2Z	–
22	6	2,08	0,85	0,036	–	20 000	0,010	61900-2RS1	–
26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	34 000	0,019	* 6000-2Z	* 6000-Z
26	8	4,75	1,96	0,083	67 000	34 000	0,019	* 6000-2RSL	* 6000-RSL
26	8	4,75	1,96	0,083	–	19 000	0,019	* 6000-2RSH	* 6000-RSH
26	12	4,62	1,96	0,083	–	19 000	0,025	63000-2RS1	–
28	8	4,62	1,96	0,083	63 000	32 000	0,022	16100-2Z	–
30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	28 000	0,032	* 6200-2Z	* 6200-Z
30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	28 000	0,032	* 6200-2RSL	* 6200-RSL
30	9	5,4	2,36	0,1	–	17 000	0,032	* 6200-2RSH	* 6200-RSH
30	14	5,07	2,36	0,1	–	17 000	0,04	62200-2RS1	–
35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	26 000	0,053	* 6300-2Z	* 6300-Z
35	11	8,52	3,4	0,143	50 000	26 000	0,053	* 6300-2RSL	* 6300-RSL
35	11	8,52	3,4	0,143	–	15 000	0,053	* 6300-2RSH	* 6300-RSH
35	17	8,06	3,4	0,143	–	15 000	0,06	62300-2RS1	–
12									
21	5	1,43	0,67	0,028	70 000	36 000	0,0063	61801-2Z	–
21	5	1,43	0,67	0,028	–	20 000	0,0063	61801-2RS1	–
24	6	2,25	0,98	0,043	67 000	32 000	0,011	61901-2Z	–
24	6	2,25	0,98	0,043	–	19 000	0,011	61901-2RS1	–
28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	30 000	0,022	* 6001-2Z	* 6001-Z
28	8	5,4	2,36	0,1	60 000	30 000	0,022	* 6001-2RSL	* 6001-RSL
28	8	5,4	2,36	0,1	–	17 000	0,022	* 6001-2RSH	* 6001-RSH
28	12	5,07	2,36	0,1	–	17 000	0,029	63001-2RS1	–
30	8	5,07	2,36	0,1	56 000	28 000	0,023	16101-2Z	–
30	8	5,07	2,36	0,1	–	16 000	0,023	16101-2RS1	–
32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	26 000	0,037	* 6201-2Z	* 6201-Z
32	10	7,28	3,1	0,132	50 000	26 000	0,037	* 6201-2RSL	* 6201-RSL
32	10	7,28	3,1	0,132	–	15 000	0,037	* 6201-2RSH	* 6201-RSH
32	14	6,89	3,1	0,132	–	15 000	0,045	62201-2RS1	–
37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	22 000	0,060	* 6301-2Z	* 6301-Z
37	12	10,1	4,15	0,176	45 000	22 000	0,060	* 6301-2RSL	* 6301-RSL
37	12	10,1	4,15	0,176	–	14 000	0,060	* 6301-2RSH	* 6301-RSH
37	17	9,75	4,15	0,176	–	14 000	0,070	62301-2RS1	–

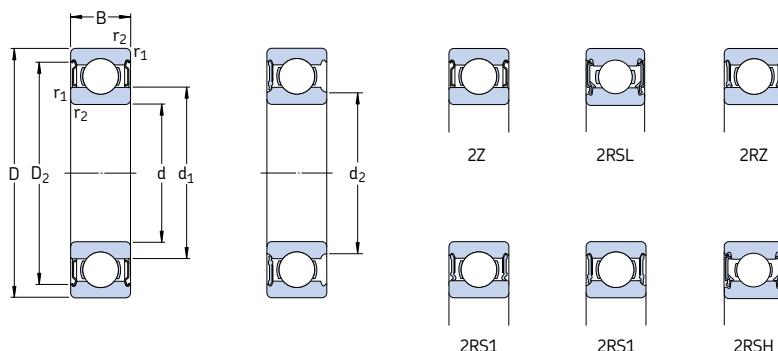
* Подшипник SKF Explorer

1) Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RSL)



Размеры					Размеры сопряженных деталей				Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ					ММ					—
10	12,6	—	17,3	0,3	12	—	17	0,3	0,015	9,4
—	11,8	17,3	0,3	11,8	11,8	17	0,3	0,015	9,4	
13	—	19	0,3	12	—	20	0,3	0,02	9,3	
—	12	19	0,3	12	12	20	0,3	0,02	9,3	
14,8	—	22,6	0,3	12	—	24	0,3	0,025	12	
—	13	22,6	0,3	12	12,5	24	0,3	0,025	12	
—	13	22,6	0,3	12	12,5	24	0,3	0,025	12	
14,8	—	22,6	0,3	12	—	24	0,3	0,025	12	
16,7	—	24,8	0,6	14,2	—	23,8	0,3	0,025	13	
17	—	24,8	0,6	14,2	—	25,8	0,6	0,025	13	
—	15,2	24,8	0,6	14,2	15	25,8	0,6	0,025	13	
—	15,2	24,8	0,6	14,2	15	25,8	0,6	0,025	13	
17	—	24,8	0,6	14,2	—	25,8	0,6	0,025	13	
17,5	—	28,7	0,6	14,2	—	30,8	0,6	0,03	11	
—	15,7	28,7	0,6	14,2	15,5	30,8	0,6	0,03	11	
—	15,7	28,7	0,6	14,2	15,5	30,8	0,6	0,03	11	
17,5	—	28,7	0,6	14,2	—	30,8	0,6	0,03	11	
12	15	—	19,1	0,3	14	—	19	0,3	0,015	9,7
—	14,1	19,1	0,3	14	14	19	0,3	0,015	9,7	
15,5	—	21,4	0,3	14	—	22	0,3	0,02	9,7	
15,5	—	21,4	0,3	14	—	22	0,3	0,02	9,7	
17	—	24,8	0,3	14	—	26	0,3	0,025	13	
—	15,2	24,8	0,3	14	15	26	0,3	0,025	13	
—	15,2	24,8	0,3	14	15	26	0,3	0,025	13	
17	—	24,8	0,3	14	—	26	0,3	0,025	13	
16,7	—	24,8	0,3	14,4	—	27,6	0,3	0,025	13	
16,7	—	24,8	0,3	14,4	—	27,6	0,3	0,025	13	
18,5	—	27,4	0,6	16,2	—	27,8	0,6	0,025	12	
—	16,6	27,4	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	0,025	12	
—	16,6	27,4	0,6	16,2	16,5	27,8	0,6	0,025	12	
18,5	—	27,4	0,6	16,2	—	27,8	0,6	0,025	12	
19,5	—	31,5	1	17,6	—	31,4	1	0,03	11	
—	17,7	31,5	1	17,6	17,6	31,4	1	0,03	11	
—	17,7	31,5	1	17,6	17,6	31,4	1	0,03	11	
19,5	—	31,5	1	17,6	—	31,4	1	0,03	11	

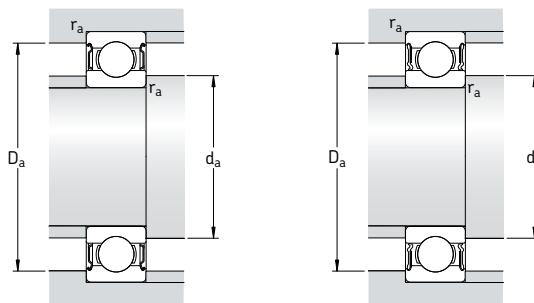
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 15 – 17 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
15	24	5	1,56	0,8	0,034	60 000	30 000	0,0074	61802-2Z
	24	5	1,56	0,8	0,034	–	17 000	0,0074	61802-2RS1
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	28 000	0,016	61902-2Z
	28	7	4,36	2,24	0,095	56 000	28 000	0,016	61902-2RZ
	28	7	4,36	2,24	0,095	–	16 000	0,016	61902-2RS1
	32	8	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,025	* 16002-2Z
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,030	* 6002-2Z
	32	9	5,85	2,85	0,12	50 000	26 000	0,030	* 6002-2RSL
	32	9	5,85	2,85	0,12	–	14 000	0,030	* 6002-2RSH
	32	13	5,59	2,85	0,12	–	14 000	0,039	63002-2RS1
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	22 000	0,045	* 6202-2Z
	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	22 000	0,045	* 6202-2RSL
	35	11	8,06	3,75	0,16	–	13 000	0,045	* 6202-2RS1
	35	14	7,8	3,75	0,16	–	13 000	0,054	62202-2RS1
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	19 000	0,082	* 6302-2Z
	42	13	11,9	5,4	0,228	38 000	19 000	0,082	* 6302-2RSL
	42	13	11,9	5,4	0,228	–	12 000	0,082	* 6302-2RSH
	42	17	11,4	5,4	0,228	–	12 000	0,11	62302-2RS1
17	26	5	1,68	0,93	0,039	56 000	28 000	0,0082	61803-2Z
	26	5	1,68	0,93	0,039	56 000	28 000	0,0082	61803-2RZ
	26	5	1,68	0,93	0,039	–	16 000	0,0082	61803-2RS1
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,018	61903-2Z
	30	7	4,62	2,55	0,108	50 000	26 000	0,018	61903-2RZ
	30	7	4,62	2,55	0,108	–	14 000	0,018	61903-2RS1
	35	8	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,032	* 16003-2Z
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,039	* 6003-2Z
	35	10	6,37	3,25	0,137	45 000	22 000	0,039	* 6003-2RSL
	35	10	6,37	3,25	0,137	–	13 000	0,039	* 6003-2RSH
	35	14	6,05	3,25	0,137	–	13 000	0,052	63003-2RS1
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,065	* 6203-2Z
	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	19 000	0,065	* 6203-2RSL
	40	12	9,95	4,75	0,2	–	12 000	0,065	* 6203-2RSH
	40	16	9,56	4,75	0,2	–	12 000	0,083	62203-2RS1
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	* 6303-2Z
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	17 000	0,12	* 6303-2RSL
	47	14	14,3	6,55	0,275	–	11 000	0,12	* 6303-2RSH
	47	19	13,5	6,55	0,275	–	11 000	0,15	62303-2RS1

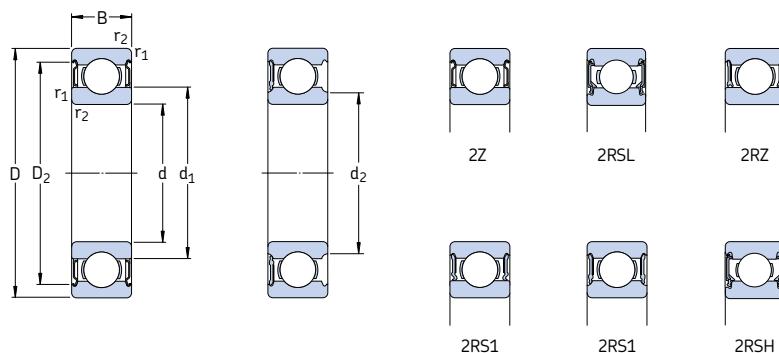
* Подшипник SKF Explorer

1) Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ, RSL)



Размеры					Размеры сопряженных деталей				Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ					ММ				—	
15	17,9	—	22,1	0,3	17	—	22	0,3	0,015	10
	17,9	—	22,1	0,3	17	—	22	0,3	0,015	10
	18,4	—	25,8	0,3	17	—	26	0,3	0,02	14
	18,4	—	25,8	0,3	17	—	26	0,3	0,02	14
	—	17,4	25,8	0,3	17	17,3	26	0,3	0,02	14
	—	20,2	28,2	0,3	17	—	30	0,3	0,02	14
	20,5	—	28,2	0,3	17	—	30	0,3	0,025	14
	—	18,7	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	0,025	14
	—	18,7	28,2	0,3	17	18,5	30	0,3	0,025	14
	20,5	—	28,2	0,3	17	—	30	0,3	0,025	14
	21,7	—	30,4	0,6	19,2	—	30,8	0,6	0,025	13
	—	19,4	30,4	0,6	19,2	19,4	30,8	0,6	0,025	13
	—	19,4	30,4	0,6	19,2	19,4	30,8	0,6	0,025	13
	21,7	—	30,4	0,6	19,2	—	30,8	0,6	0,025	13
	23,7	—	36,3	1	20,6	—	36,4	1	0,03	12
	—	21,1	36,3	1	20,6	21	36,4	1	0,03	12
	—	21,1	36,3	1	20,6	21	36,4	1	0,03	12
	23,7	—	36,3	1	20,6	—	36,4	1	0,03	12
17	20,2	—	24,1	0,3	19	—	24	0,3	0,015	10
	20,2	—	24,1	0,3	19	—	24	0,3	0,015	10
	—	19,3	24,1	0,3	19	19,2	24	0,3	0,015	10
	20,4	—	27,8	0,3	19	—	28	0,3	0,02	15
	20,4	—	27,8	0,3	19	—	28	0,3	0,02	15
	—	19,4	27,8	0,3	19	19,3	28	0,3	0,02	15
	22,7	—	31,2	0,3	19	—	33	0,3	0,02	14
	23	—	31,4	0,3	19	—	33	0,3	0,025	14
	—	20,7	31,4	0,3	19	20,5	33	0,3	0,025	14
	—	20,7	31,4	0,3	19	20,5	33	0,3	0,025	14
	23	—	31,4	0,3	19	—	33	0,3	0,025	14
	24,5	—	35	0,6	21,2	—	35,8	0,6	0,025	13
	—	22,2	35	0,6	21,2	22	35,8	0,6	0,025	13
	—	22,2	35	0,6	21,2	22	35,8	0,6	0,025	13
	24,5	—	35	0,6	21,2	—	35,8	0,6	0,025	13
	26,5	—	39,7	1	22,6	—	41,4	1	0,03	12
	—	24	39,7	1	22,6	23,5	41,4	1	0,03	12
	—	24	39,7	1	22,6	23,5	41,4	1	0,03	12
	26,5	—	39,7	1	22,6	—	41,4	1	0,03	12

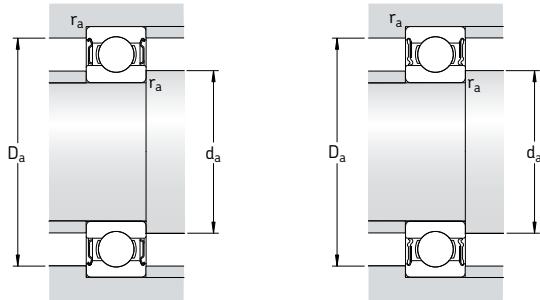
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 20 – 25 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	-
мм									
20	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	22 000	0,018	61804-2RZ
	32	7	4,03	2,32	0,104	–	13 000	0,018	61804-2RS1
	37	9	6,37	3,65	0,156	43 000	20 000	0,038	61904-2RZ
	37	9	6,37	3,65	0,156	–	12 000	0,038	61904-2RS1
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,069	* 6004-2Z
	42	12	9,95	5	0,212	38 000	19 000	0,069	* 6004-2RSL
	42	12	9,95	5	0,212	–	11 000	0,069	* 6004-2RSH
	42	16	9,36	5	0,212	–	11 000	0,086	63004-2RS1
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2Z
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	17 000	0,11	* 6204-2RSL
	47	14	13,5	6,55	0,28	–	10 000	0,11	* 6204-2RSH
	47	18	12,7	6,55	0,28	–	10 000	0,13	62204-2RS1
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	15 000	0,14	* 6304-2Z
	52	15	16,8	7,8	0,335	30 000	15 000	0,14	* 6304-2RSL
	52	15	16,8	7,8	0,335	–	9 500	0,14	* 6304-2RSH
	52	21	15,9	7,8	0,335	–	9 500	0,20	62304-2RS1
22	50	14	14	7,65	0,325	–	9 000	0,12	62/22-2RS1
25	37	7	4,36	2,6	0,125	38 000	19 000	0,022	61805-2RZ
	37	7	4,36	2,6	0,125	–	11 000	0,022	61805-2RS1
	42	9	7,02	4,3	0,193	36 000	18 000	0,045	61905-2RZ
	42	9	7,02	4,3	0,193	–	10 000	0,045	61905-2RS1
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	* 6005-2Z
	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	16 000	0,08	* 6005-2RSL
	47	12	11,9	6,55	0,275	–	9 500	0,08	* 6005-2RSH
	47	16	11,2	6,55	0,275	–	9 500	0,10	63005-2RS1
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	* 6205-2Z
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	14 000	0,13	* 6205-2RSL
	52	15	14,8	7,8	0,335	–	8 500	0,13	* 6205-2RSH
	52	18	14	7,8	0,335	–	8 500	0,15	62205-2RS1
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	* 6305-2Z
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	13 000	0,23	* 6305-2RZ
	62	17	23,4	11,6	0,49	–	7 500	0,23	* 6305-2RS1
	62	24	22,5	11,6	0,49	–	7 500	0,32	62305-2RS1

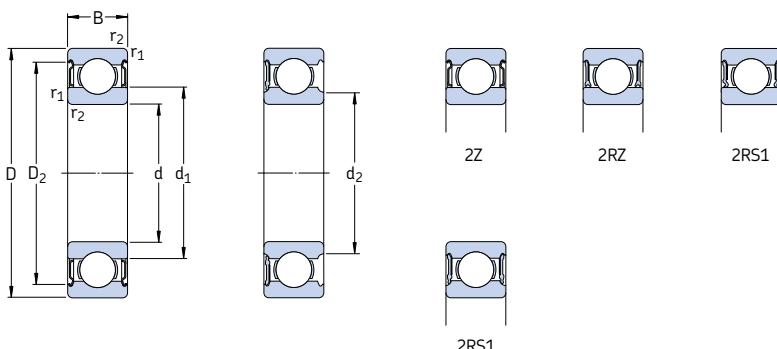
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ, RSL)



Размеры					Размеры сопряженных деталей				Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ					ММ				—	
20	24	—	29,5	0,3	22	—	30	0,3	0,015	15
—	22,6	29,5	0,3	22	22,5	30	0,3	0,015	15	
25,6	—	32,8	0,3	22	—	35	0,3	0,02	15	
—	24,2	32,8	0,3	22	24	35	0,3	0,02	15	
27,2	—	37,2	0,6	23,2	—	38,8	0,6	0,025	14	
—	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	0,025	14	
—	24,9	37,2	0,6	23,2	24,5	38,8	0,6	0,025	14	
27,2	—	37,2	0,6	23,2	—	38,8	0,6	0,025	14	
28,8	—	40,6	1	25,6	—	41,4	1	0,025	13	
—	26,3	40,6	1	25,6	26	41,4	1	0,025	13	
—	26,3	40,6	1	25,6	26	41,4	1	0,025	13	
28,8	—	40,6	1	25,6	—	41,4	1	0,025	13	
30,4	—	44,8	1,1	27	—	45	1	0,03	12	
—	27,2	44,8	1,1	27	27	45	1	0,03	12	
—	27,2	44,8	1,1	27	27	45	1	0,03	12	
30,4	—	44,8	1,1	27	—	45	1	0,03	12	
22	32,2	—	44	1	27,6	32	44,4	1	0,025	14
25	28,5	—	34,3	0,3	27	—	35	0,3	0,015	14
—	27,4	34,3	0,3	27	27,3	35	0,3	0,015	14	
30,2	—	37,8	0,3	27	—	40	0,3	0,02	15	
—	29,2	37,8	0,3	27	29	40	0,3	0,02	15	
32	42,2	0,6	28,2	—	43,8	0,6	0,025	14		
—	29,7	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	0,025	14	
—	29,7	42,2	0,6	28,2	29,5	43,8	0,6	0,025	14	
32	—	42,2	0,6	29,2	—	43,8	0,6	0,025	14	
34,4	—	46,3	1	30,6	—	46,4	1	0,025	14	
—	31,8	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	0,025	14	
—	31,8	46,3	1	30,6	31,5	46,4	1	0,025	14	
34,4	—	46,3	1	30,6	—	46,4	1	0,025	14	
36,6	—	52,7	1,1	32	—	55	1	0,03	12	
36,6	—	52,7	1,1	32	—	55	1	0,03	12	
36,6	—	52,7	1,1	32	—	55	1	0,03	12	
36,6	—	52,7	1,1	32	—	55	1	0,03	12	

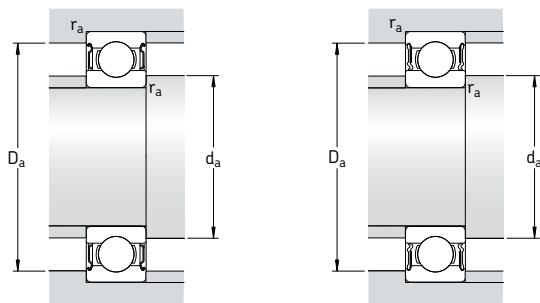
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 30 – 35 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
мм									
30	42	7	4,49	2,9	0,146	32 000	16 000	0,027	61806-2RZ
	42	7	4,49	2,9	0,146	–	9 500	0,027	61806-2RS1
	47	9	7,28	4,55	0,212	30 000	15 000	0,051	61906-2RZ
	47	9	7,28	4,55	0,212	–	8 500	0,051	61906-2RS1
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	14 000	0,12	* 6006-2Z
	55	13	13,8	8,3	0,355	28 000	14 000	0,12	* 6006-2RZ
	55	13	13,8	8,3	0,355	–	8 000	0,12	* 6006-2RS1
	55	19	13,3	8,3	0,355	–	8 000	0,16	63006-2RS1
	62	16	20,3	11,2	0,475	24 000	12 000	0,20	* 6206-2Z
	62	16	20,3	11,2	0,475	24 000	12 000	0,20	* 6206-2RZ
	62	16	20,3	11,2	0,475	–	7 500	0,20	* 6206-2RS1
	62	20	19,5	11,2	0,475	–	7 500	0,24	62206-2RS1
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	11 000	0,35	* 6306-2Z
	72	19	29,6	16	0,67	20 000	11 000	0,35	* 6306-2RZ
	72	19	29,6	16	0,67	–	6 300	0,35	* 6306-2RS1
	72	27	28,1	16	0,67	–	6 300	0,48	62306-2RS1
35	47	7	4,75	3,2	0,166	28 000	14 000	0,03	61807-2RZ
	47	7	4,75	3,2	0,166	–	8 000	0,03	61807-2RS1
	55	10	9,56	6,8	0,29	26 000	13 000	0,08	61907-2RZ
	55	10	9,56	6,8	0,29	–	7 500	0,08	61907-2RS1
	62	14	16,8	10,2	0,44	24 000	12 000	0,16	* 6007-2Z
	62	14	16,8	10,2	0,44	24 000	12 000	0,16	* 6007-2RZ
	62	14	16,8	10,2	0,44	–	7 000	0,16	* 6007-2RS1
	62	20	15,9	10,2	0,44	–	7 000	0,21	63007-2RS1
	72	17	27	15,3	0,655	20 000	10 000	0,29	* 6207-2Z
	72	17	27	15,3	0,655	–	6 300	0,29	* 6207-2RS1
	72	23	25,5	15,3	0,655	–	6 300	0,37	62207-2RS1
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	9 500	0,46	* 6307-2Z
	80	21	35,1	19	0,815	–	6 000	0,46	* 6307-2RS1
	80	31	33,2	19	0,815	–	6 000	0,66	62307-2RS1

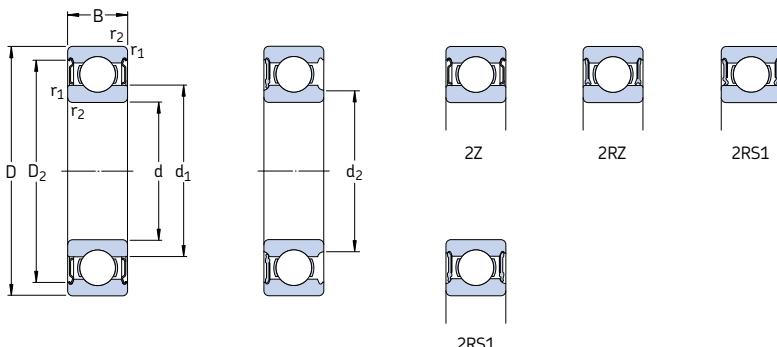
* Подшипник SKF Explorer

1) Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



Размеры					Размеры сопряженных деталей				Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a макс.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
ММ					ММ				—	
30	33,7	—	39,5	0,3	32	—	40	0,3	0,015	14
—	32,6	39,5	0,3	—	32	32,5	40	0,3	0,015	14
35,2	—	42,8	0,3	—	32	—	45	0,3	0,02	14
—	34,2	42,8	0,3	—	32	34	45	0,3	0,02	14
38,2	—	49	1	34,6	—	50,4	1	—	0,025	15
38,2	—	49	1	34,6	—	50,4	1	—	0,025	15
38,2	—	49	1	34,6	—	50,4	1	—	0,025	15
38,2	—	49	1	34,6	—	50,4	1	—	0,025	15
40,4	—	54,1	1	35,6	—	56,4	1	—	0,025	14
40,4	—	54,1	1	35,6	—	56,4	1	—	0,025	14
40,4	—	54,1	1	35,6	—	56,4	1	—	0,025	14
40,4	—	54,1	1	35,6	—	56,4	1	—	0,025	14
44,6	—	61,9	1,1	37	—	65	1	—	0,03	13
44,6	—	61,9	1,1	37	—	65	1	—	0,03	13
44,6	—	61,9	1,1	37	—	65	1	—	0,03	13
44,6	—	61,9	1,1	37	—	65	1	—	0,03	13
35	38,7	—	44,4	0,3	37	—	45	0,3	0,015	14
—	37,6	44,4	0,3	—	37	37,5	45	0,3	0,015	14
41,6	—	50,5	0,6	—	38,2	—	51,8	0,6	0,02	14
41,6	—	50,5	0,6	—	38,2	—	51,8	0,6	0,02	14
43,8	—	55,6	1	39,6	—	57,4	1	—	0,025	15
43,8	—	55,6	1	39,6	—	57,4	1	—	0,025	15
43,8	—	55,6	1	39,6	—	57,4	1	—	0,025	15
43,8	—	55,6	1	39,6	—	57,4	1	—	0,025	15
46,9	—	62,7	1,1	42	—	65	1	—	0,025	14
46,9	—	62,7	1,1	42	—	65	1	—	0,025	14
46,9	—	62,7	1,1	42	—	65	1	—	0,025	14
49,6	—	69,2	1,5	44	—	71	1,5	—	0,03	13
49,6	—	69,2	1,5	44	—	71	1,5	—	0,03	13
49,6	—	69,2	1,5	44	—	71	1,5	—	0,03	13

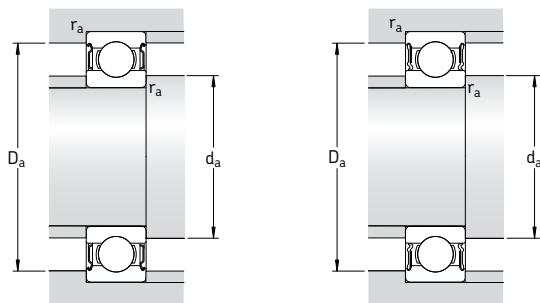
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 40 – 45 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
мм									
40	52	7	4,94	3,45	0,186	26 000	13 000	0,034	61808-2RZ
	52	7	4,94	3,45	0,186	–	7 500	0,034	61808-2RS1
	62	12	13,8	10	0,425	24 000	12 000	0,12	61908-2RZ
	62	12	13,8	10	0,425	–	6 700	0,12	61908-2RS1
	68	15	17,8	11,6	0,49	22 000	11 000	0,19	* 6008-2Z
	68	15	17,8	11,6	0,49	22 000	11 000	0,19	* 6008-2RZ
	68	15	17,8	11,6	0,49	–	6 300	0,19	* 6008-2RS1
	68	21	16,8	11,6	0,49	–	6 300	0,26	63008-2RS1
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	9 000	0,37	* 6208-2Z
	80	18	32,5	19	0,8	18 000	9 000	0,37	* 6208-2RZ
	80	18	32,5	19	0,8	–	5 600	0,37	* 6208-2RS1
	80	23	30,7	19	0,8	–	5 600	0,44	62208-2RS1
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	8 500	0,63	* 6308-2Z
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	8 500	0,63	* 6308-2RZ
	90	23	42,3	24	1,02	–	5 000	0,63	* 6308-2RS1
	90	33	41	24	1,02	–	5 000	0,89	62308-2RS1
45	58	7	6,63	6,1	0,26	22 000	11 000	0,04	61809-2RZ
	58	7	6,63	6,1	0,26	–	6 700	0,04	61809-2RS1
	68	12	14	10,8	0,465	20 000	10 000	0,14	61909-2RZ
	68	12	14	10,8	0,465	–	6 000	0,14	61909-2RS1
	75	16	22,1	14,6	0,64	20 000	10 000	0,25	* 6009-2Z
	75	16	22,1	14,6	0,64	–	5 600	0,25	* 6009-2RS1
	75	23	20,8	14,6	0,64	–	5 600	0,34	63009-2RS1
	85	19	35,1	21,6	0,915	17 000	8 500	0,41	* 6209-2Z
	85	19	35,1	21,6	0,915	–	5 000	0,41	* 6209-2RS1
	85	23	33,2	21,6	0,915	–	5 000	0,48	62209-2RS1
	100	25	55,3	31,5	1,34	15 000	7 500	0,83	* 6309-2Z
	100	25	55,3	31,5	1,34	–	4 500	0,83	* 6309-2RS1
	100	36	52,7	31,5	1,34	–	4 500	1,15	62309-2RS1

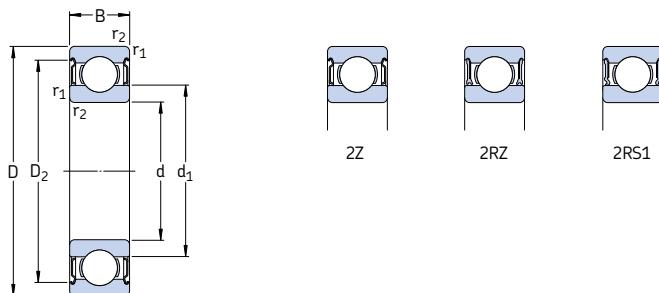
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



Размеры					Размеры сопряженных деталей					Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
ММ					ММ					—	
40	43,7	—	49,6	0,3	42	—	50	0,3	0,015	14	
	—	42,6	49,6	0,3	42	42,5	50	0,3	0,015	14	
46,9	—	57,3	0,6		43,2	—	58,8	0,6	0,02	16	
46,9	—	57,3	0,6		43,2	—	58,8	0,6	0,02	16	
49,3	—	61,1	1		44,6	—	63,4	1	0,025	15	
49,3	—	61,1	1		44,6	—	63,4	1	0,025	15	
49,3	—	61,1	1		44,6	—	63,4	1	0,025	15	
49,3	—	61,1	1		44,6	—	63,4	1	0,025	15	
52,6	—	69,8	1,1		47	—	73	1	0,025	14	
52,6	—	69,8	1,1		47	—	73	1	0,025	14	
52,6	—	69,8	1,1		47	—	73	1	0,025	14	
52,6	—	69,8	1,1		47	—	73	1	0,025	14	
56,1	—	77,7	1,5		49	—	81	1,5	0,03	13	
56,1	—	77,7	1,5		49	—	81	1,5	0,03	13	
56,1	—	77,7	1,5		49	—	81	1,5	0,03	13	
56,1	—	77,7	1,5		49	—	81	1,5	0,03	13	
45	49,1	—	55,4	0,3	47	—	56	0,3	0,015	17	
49,1	—	55,4	0,3		47	—	56	0,3	0,015	17	
52,4	—	62,8	0,6		48,2	—	64,8	0,6	0,02	16	
52,4	—	62,8	0,6		48,2	—	64,8	0,6	0,02	16	
54,8	—	67,8	1		50,8	—	69,2	1	0,025	15	
54,8	—	67,8	1		50,8	—	69,2	1	0,025	15	
54,8	—	67,8	1		50,8	—	69,2	1	0,025	15	
57,6	—	75,2	1,1		52	—	78	1	0,025	14	
57,6	—	75,2	1,1		52	—	78	1	0,025	14	
57,6	—	75,2	1,1		52	—	78	1	0,025	14	
62,2	—	86,7	1,5		54	—	91	1,5	0,03	13	
62,2	—	86,7	1,5		54	—	91	1,5	0,03	13	
62,2	—	86,7	1,5		54	—	91	1,5	0,03	13	

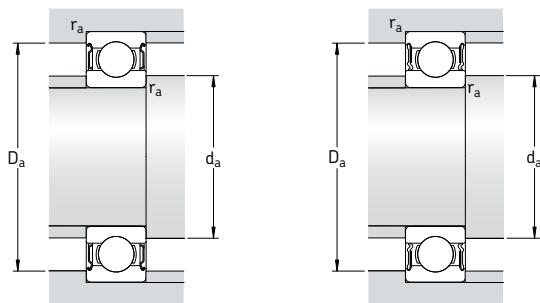
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d = 50 – 55 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	-
мм									
50	65	7	6,76	6,8	0,285	20 000	10 000	0,052	61810-2RZ
	65	7	6,76	6,8	0,285	–	6 000	0,052	61810-2RS1
	72	12	14,6	11,8	0,5	19 000	9 500	0,14	61910-2RZ
	72	12	14,6	11,8	0,5	–	5 600	0,14	61910-2RS1
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	9 000	0,26	* 6010-2Z
	80	16	22,9	16	0,71	18 000	9 000	0,26	* 6010-2RZ
	80	16	22,9	16	0,71	–	5 000	0,26	* 6010-2RS1
	80	23	21,6	16	0,71	–	5 000	0,37	63010-2RS1
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	8 000	0,46	* 6210-2Z
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	8 000	0,46	* 6210-2RZ
	90	20	37,1	23,2	0,98	–	4 800	0,46	* 6210-2RS1
	90	23	35,1	23,2	0,98	–	4 800	0,52	62210-2RS1
	110	27	65	38	1,6	13 000	6 700	1,05	* 6310-2Z
	110	27	65	38	1,6	–	4 300	1,05	* 6310-2RS1
	110	40	61,8	38	1,6	–	4 300	1,55	62310-2RS1
55	72	9	9,04	8,8	0,375	19 000	9 500	0,083	61811-2RZ
	72	9	9,04	8,8	0,375	–	5 300	0,083	61811-2RS1
	80	13	16,5	14	0,6	17 000	8 500	0,19	61911-2RZ
	80	13	16,5	14	0,6	–	5 000	0,19	61911-2RS1
	90	18	29,6	21,2	0,9	16 000	8 000	0,39	* 6011-2Z
	90	18	29,6	21,2	0,9	–	4 500	0,39	* 6011-2RS1
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	7 000	0,61	* 6211-2Z
	100	21	46,2	29	1,25	–	4 300	0,61	* 6211-2RS1
	100	25	43,6	29	1,25	–	4 300	0,70	62211-2RS1
	120	29	74,1	45	1,9	12 000	6 300	1,35	* 6311-2Z
	120	29	74,1	45	1,9	–	3 800	1,35	* 6311-2RS1
	120	43	71,5	45	1,9	–	3 800	1,95	62311-2RS1

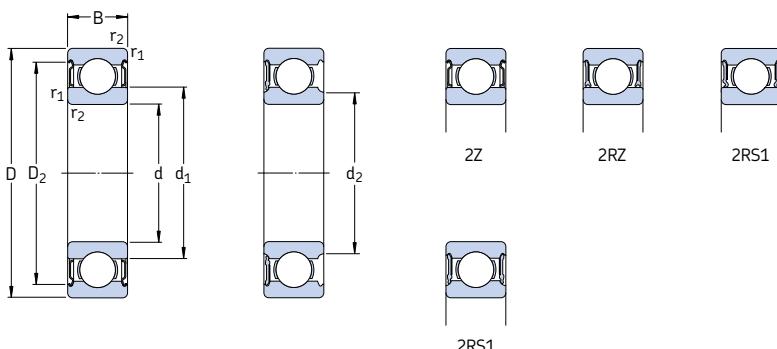
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ	~	~	~	ММ	~	~	~	~
50	55,1	61,8	0,3	52	63	0,3	0,015	17
	55,1	61,8	0,3	52	63	0,3	0,015	17
	56,9	67,3	0,6	53,2	68,8	0,6	0,02	16
	56,9	67,3	0,6	53,2	68,8	0,6	0,02	16
	59,8	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15
	59,8	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15
	59,8	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15
	59,8	72,8	1	54,6	75,4	1	0,025	15
	62,5	81,6	1,1	57	83	1	0,025	14
	62,5	81,6	1,1	57	83	1	0,025	14
	62,5	81,6	1,1	57	83	1	0,025	14
	62,5	81,6	1,1	57	83	1	0,025	14
	68,8	95,2	2	61	99	2	0,03	13
	68,8	95,2	2	61	99	2	0,03	13
	68,8	95,2	2	61	99	2	0,03	13
55	60,6	68,6	0,3	57	70	0,3	0,015	17
	60,6	68,6	0,3	57	70	0,3	0,015	17
	63,2	74,2	1	59,6	75,4	1	0,02	16
	63,2	74,2	1	59,6	75,4	1	0,02	16
	66,3	81,5	1,1	61	84	1	0,025	15
	66,3	81,5	1,1	61	84	1	0,025	15
	69,1	89,4	1,5	64	91	1,5	0,025	14
	69,1	89,4	1,5	64	91	1,5	0,025	14
	69,1	89,4	1,5	64	91	1,5	0,025	14
	75,3	104	2	66	109	2	0,03	13
	75,3	104	2	66	109	2	0,03	13
	75,3	104	2	66	109	2	0,03	13

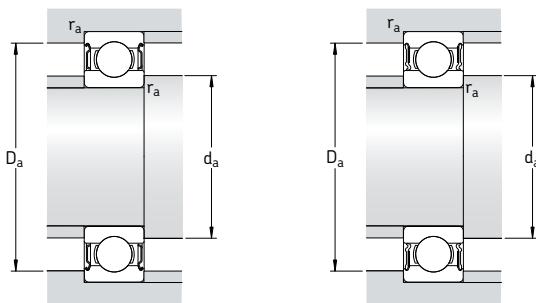
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d = 60 – 65 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
мм									
60	78	10	11,9	11,4	0,49	17 000	8 500	0,11	61812-2RZ
	78	10	11,9	11,4	0,49	–	4 800	0,11	61812-2RS1
	85	13	16,5	14,3	0,6	16 000	8 000	0,20	61912-2RZ
	85	13	16,5	14,3	0,6	–	4 500	0,20	61912-2RS1
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	7 500	0,42	* 6012-2Z
	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	7 500	0,42	* 6012-2RZ
	95	18	30,7	23,2	0,98	–	4 300	0,42	* 6012-2RS1
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	6 300	0,78	* 6212-2Z
	110	22	55,3	36	1,53	–	4 000	0,78	* 6212-2RS1
	110	28	52,7	36	1,53	–	4 000	0,97	62212-2RS1
	130	31	85,2	52	2,2	11 000	5 600	1,70	* 6312-2Z
	130	31	85,2	52	2,2	–	3 400	1,70	* 6312-2RS1
	130	46	81,9	52	2,2	–	3 400	2,50	62312-2RS1
65	85	10	12,4	12,7	0,54	16 000	8 000	0,13	61813-2RZ
	85	10	12,4	12,7	0,54	–	4 500	0,13	61813-2RS1
	90	13	17,4	16	0,68	15 000	7 500	0,22	61913-2RZ
	90	13	17,4	16	0,68	–	4 300	0,22	61913-2RS1
	100	18	31,9	25	1,06	14 000	7 000	0,44	* 6013-2Z
	100	18	31,9	25	1,06	–	4 000	0,44	* 6013-2RS1
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	6 000	0,99	* 6213-2Z
	120	23	58,5	40,5	1,73	–	3 600	0,99	* 6213-2RS1
	120	31	55,9	40,5	1,73	–	3 600	1,25	62213-2RS1
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	5 300	2,10	* 6313-2Z
	140	33	97,5	60	2,5	–	3 200	2,10	* 6313-2RS1
	140	48	92,3	60	2,5	–	3 200	3,00	62313-2RS1

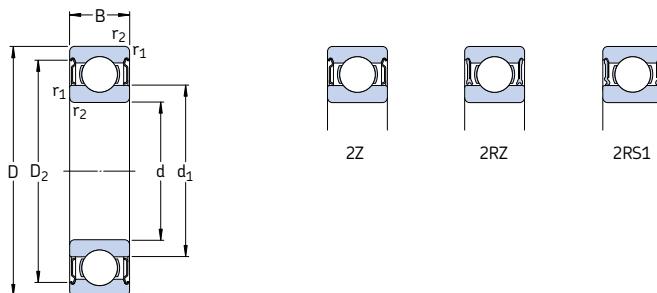
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



Размеры					Размеры сопряженных деталей					Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a МАКС.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
ММ					ММ					—	
60	65,6	—	74,5	0,3	62	—	76	0,3	0,015	17	
	65,6	—	74,5	0,3	62	—	76	0,3	0,015	17	
	68,2	—	79,2	1	64,6	—	80,4	1	0,02	16	
	68,2	—	79,2	1	64,6	—	80,4	1	0,02	16	
	71,3	—	86,5	1,1	66	—	89	1	0,025	16	
	71,3	—	86,5	1,1	66	—	89	1	0,025	16	
	71,3	—	86,5	1,1	66	—	89	1	0,025	16	
	75,5	—	98	1,5	69	—	101	1,5	0,025	14	
	75,5	—	98	1,5	69	—	101	1,5	0,025	14	
	75,5	—	98	1,5	69	—	101	1,5	0,025	14	
	81,9	—	112	2,1	72	—	118	2	0,03	13	
	81,9	—	112	2,1	72	—	118	2	0,03	13	
	81,9	—	112	2,1	72	—	118	2	0,03	13	
65	71,6	—	80,5	0,6	68,2	—	81,8	0,6	0,015	17	
	71,6	—	80,5	0,6	68,2	—	81,8	0,6	0,015	17	
	73,2	—	84,2	1	69,6	—	85,4	1	0,02	17	
	—	73,2	84,2	1	69,6	73	85,4	1	0,02	17	
	76,3	—	91,5	1,1	71	—	94	1	0,025	16	
	76,3	—	91,5	1,1	71	—	94	1	0,025	16	
	83,3	—	106	1,5	74	—	111	1,5	0,025	15	
	83,3	—	106	1,5	74	—	111	1,5	0,025	15	
	83,3	—	106	1,5	74	—	111	1,5	0,025	15	
	88,4	—	121	2,1	77	—	128	2	0,03	13	
	88,4	—	121	2,1	77	—	128	2	0,03	13	
	88,4	—	121	2,1	77	—	128	2	0,03	13	

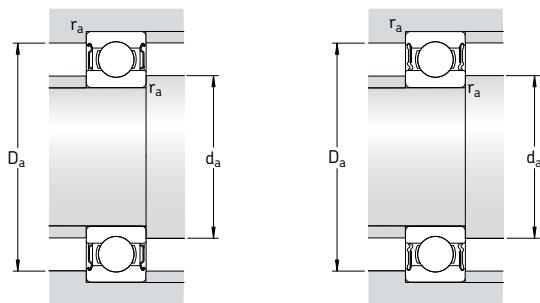
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d = 70 – 80 мм**



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	-
мм									
70	90	10	12,4	13,2	0,56	—	15 000	7 500	0,14
	90	10	12,4	13,2	0,56	—	—	4 300	0,14
100	100	16	23,8	21,2	0,9	—	14 000	7 000	0,35
100	100	16	23,8	21,2	0,9	—	—	4 000	0,35
110	110	20	39,7	31	1,32	—	13 000	6 300	0,60
	110	20	39,7	31	1,32	—	—	3 600	0,60
125	125	24	63,7	45	1,9	—	11 000	5 600	1,10
125	125	24	63,7	45	1,9	—	—	3 400	1,10
125	125	31	60,5	45	1,9	—	—	3 400	1,30
150	150	35	111	68	2,75	—	9 500	5 000	2,50
150	150	35	111	68	2,75	—	—	3 000	2,50
150	150	51	104	68	2,75	—	—	3 000	3,55
75	95	10	12,7	14,3	0,61	—	14 000	7 000	0,15
	95	10	12,7	14,3	0,61	—	—	4 000	0,15
105	105	16	24,2	19,3	0,965	—	13 000	6 300	0,37
105	105	16	24,2	19,3	0,965	—	—	3 600	0,37
115	115	20	41,6	33,5	1,43	—	12 000	6 000	0,64
115	115	20	41,6	33,5	1,43	—	12 000	6 000	0,64
115	115	20	41,6	33,5	1,43	—	—	3 400	0,64
130	130	25	68,9	49	2,04	—	10 000	5 300	1,20
130	130	25	68,9	49	2,04	—	—	3 200	1,20
160	160	37	119	76,5	3	—	9 000	4 500	3,00
160	160	37	119	76,5	3	—	—	2 800	3,00
80	100	10	13	15	0,64	—	13 000	6 300	0,15
	100	10	13	15	0,64	—	—	3 600	0,15
110	110	16	25,1	20,4	1,02	—	12 000	6 000	0,40
110	110	16	25,1	20,4	1,02	—	—	3 400	0,40
125	125	22	49,4	40	1,66	—	11 000	5 600	0,85
125	125	22	49,4	40	1,66	—	—	3 200	0,85
140	140	26	72,8	55	2,2	—	9 500	4 800	1,40
140	140	26	72,8	55	2,2	—	—	3 000	1,40
170	170	39	130	86,5	3,25	—	8 500	4 300	3,60
170	170	39	130	86,5	3,25	—	—	2 600	3,60

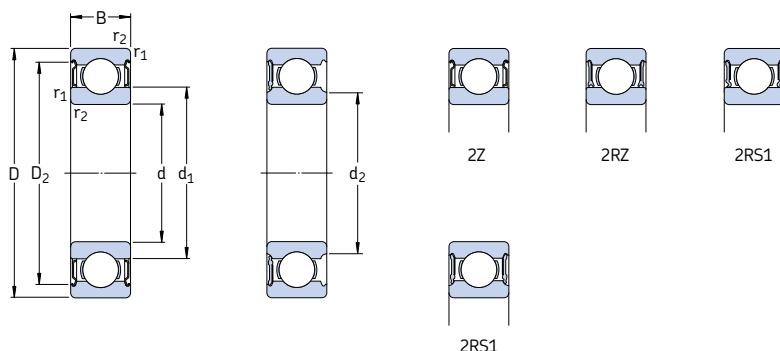
* Подшипник SKF Explorer

1) Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
ММ	~	~		ММ			—	
70	76,6 76,6 79,7 79,7	85,5 85,5 93,3 93,3	0,6 0,6 1 1	73,2 73,2 74,6 74,6	86,8 86,8 95,4 95,4	0,6 0,6 1 1	0,015 0,015 0,02 0,02	17 17 16 16
	82,9 82,9	99,9 99,9	1,1 1,1	76 76	104 104	1 1	0,025 0,025	16 16
	87,1 87,1 87,1	111 111 111	1,5 1,5 1,5	79 79 79	116 116 116	1,5 1,5 1,5	0,025 0,025 0,025	15 15 15
	95 95 95	130 130 130	2,1 2,1 2,1	82 82 82	138 138 138	2 2 2	0,03 0,03 0,03	13 13 13
75	81,6 81,6 84,7 84,7	90,5 90,5 98,3 98,3	0,6 0,6 1 1	78,2 78,2 79,6 79,6	91,8 91,8 100 100	0,6 0,6 1 1	0,015 0,015 0,02 0,02	17 17 14 14
	87,9 87,9 87,9	105 105 105	1,1 1,1 1,1	81 81 81	109 109 109	1 1 1	0,025 0,025 0,025	16 16 16
	92,1 92,1 101 101	117 117 138 138	1,5 1,5 2,1 2,1	84 84 87 87	121 121 148 148	1,5 1,5 2 2	0,025 0,025 0,03 0,03	15 15 13 13
80	86,6 86,6 89,8 89,8	95,5 95,5 102 102	0,6 0,6 1 1	83,2 83,2 84,6 84,6	96,8 96,8 105 105	0,6 0,6 1 1	0,015 0,015 0,02 0,02	17 17 14 14
	94,4 94,4	114 114	1,1 1,1	86 86	119 119	1 1	0,025 0,025	16 16
	101 101 108 108	127 127 147 147	2 2 2,1 2,1	91 91 92 92	129 129 158 158	2 2 2 2	0,025 0,025 0,03 0,03	15 15 13 13

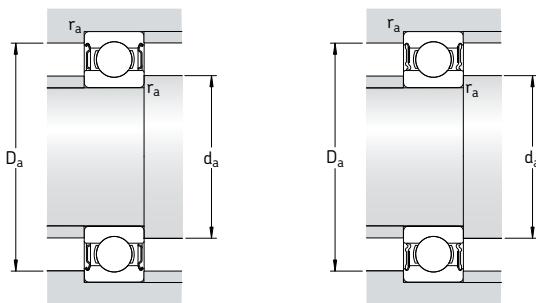
Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d = 85 – 100 мм



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная P_u	Масса	Обозначение с односто- ронним уплот- нением	с двухсто- ронним уплотнением	
d	D	B	C	C_0	кН	кН	об/мин	кг	–
85	110	13	19,5	20,8	0,88	12 000	6 000	0,27	61817-2RZ –
	110	13	19,5	20,8	0,88	–	3 400	0,27	61817-2RS1 –
130	22	52	43	1,76	11 000	5 300	0,89	* 6017-2Z * 6017-2RS1	* 6017-Z * 6017-RS1
130	22	52	43	1,76	–	3 000	0,89	* 6017-2RZ1	* 6017-RS1
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	4 500	1,80	* 6217-2Z * 6217-2RS1
	150	28	87,1	64	2,5	–	2 800	1,80	* 6217-Z * 6217-RS1
180	41	140	96,5	3,55	8 000	4 000	4,25	* 6317-2Z * 6317-2RS1	* 6317-Z * 6317-RS1
	180	41	140	96,5	3,55	–	2 400	4,25	* 6317-2RZ1 * 6317-RS1
90	115	13	19,5	22	0,915	11 000	5 600	0,28	61818-2RZ –
115	13	19,5	22	0,915	–	3 200	0,28	61818-2RS1 –	
140	24	60,5	50	1,96	10 000	5 000	1,15	* 6018-2Z * 6018-2RS1	* 6018-Z * 6018-RS1
140	24	60,5	50	1,96	–	2 800	1,15	* 6018-2RZ1	* 6018-RS1
	160	30	101	73,5	2,8	8 500	4 300	2,15	* 6218-2Z * 6218-2RS1
	160	30	101	73,5	2,8	–	2 600	2,15	* 6218-Z * 6218-RS1
190	43	151	108	3,8	7 500	3 800	4,90	* 6318-2Z * 6318-2RS1	* 6318-Z * 6318-RS1
	190	43	151	108	3,8	–	2 400	4,90	* 6318-2RZ1 * 6318-RS1
95	120	13	19,9	22,8	0,93	11 000	5 300	0,30	61819-2RZ –
120	13	19,9	22,8	0,93	–	3 000	0,30	61819-2RS1 –	
130	18	33,8	33,5	1,43	–	3 000	0,61	61919-2RS1 –	
	145	24	63,7	54	2,08	9 500	4 800	1,20	* 6019-2Z * 6019-2RS1
145	24	63,7	54	2,08	–	2 800	1,20	* 6019-Z * 6019-RS1	
170	32	114	81,5	3	8 000	4 000	2,60	* 6219-2Z * 6219-2RS1	* 6219-Z * 6219-RS1
170	32	114	81,5	3	–	2 400	2,60	* 6219-2RZ1	* 6219-RS1
	200	45	159	118	4,15	7 000	3 600	5,65	* 6319-2Z * 6319-2RS1
	200	45	159	118	4,15	–	2 200	5,65	* 6319-Z * 6319-RS1
100	125	13	19,9	24	0,95	10 000	5 300	0,31	61820-2RZ –
125	13	19,9	24	0,95	–	3 000	0,31	61820-2RS1 –	
150	24	63,7	54	2,04	9 500	4 500	1,25	* 6020-2Z * 6020-2RS1	* 6020-Z * 6020-RS1
150	24	63,7	54	2,04	–	2 600	1,25	* 6020-2RZ1	* 6020-RS1
	180	34	127	93	3,35	7 500	3 800	3,15	* 6220-2Z * 6220-2RS1
	180	34	127	93	3,35	–	2 400	3,15	* 6220-Z * 6220-RS1
215	47	174	140	4,75	6 700	3 400	7,00	6320-2Z 6320-Z	–

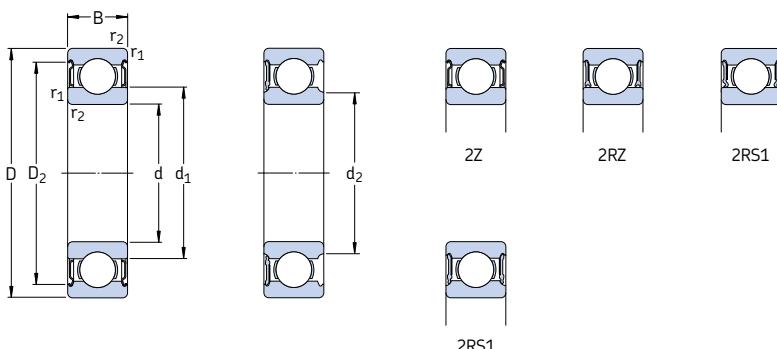
* Подшипник SKF Explorer

1) Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



Размеры					Размеры сопряженных деталей				Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a макс.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	~	~	~		мм				~	~
85	93,2	—	104	1	89,6	—	105	1	0,015	17
	93,2	—	104	1	89,6	—	105	1	0,015	17
	99,4	—	119	1,1	92	—	123	1	0,025	16
	99,4	—	119	1,1	92	—	123	1	0,025	16
	106	—	134	2	96	—	139	2	0,025	15
	106	—	134	2	96	—	139	2	0,025	15
	115	—	155	3	99	—	166	2,5	0,03	13
	115	—	155	3	99	—	166	2,5	0,03	13
90	98,2	—	109	1	94,6	—	110	1	0,015	17
	98,2	—	109	1	94,6	—	110	1	0,015	17
	106	—	128	1,5	97	—	133	1,5	0,025	16
	106	—	128	1,5	97	—	133	1,5	0,025	16
	113	—	143	2	101	—	149	2	0,025	15
	—	106	143	2	101	105	149	2	0,025	15
	—	121	164	3	104	—	176	2,5	0,03	13
	—	121	164	3	104	—	176	2,5	0,03	13
95	103	—	114	1	99,6	—	115	1	0,015	17
	103	—	114	1	99,6	—	115	1	0,015	17
	106	—	122	1,1	101	—	124	1	0,02	17
	111	—	133	1,5	102	—	138	1,5	0,025	16
	110	—	133	1,5	102	—	138	1,5	0,025	16
	118	—	151	2,1	107	—	158	2	0,025	14
	—	112	151	2,1	107	111	158	2	0,025	14
	128	—	172	3	109	—	186	2,5	0,03	13
	—	121	172	3	109	120	186	2,5	0,03	13
100	108	—	119	1	105	—	120	1	0,015	17
	108	—	119	1	105	—	120	1	0,015	17
	116	—	138	1,5	107	—	143	1,5	0,025	16
	—	110	138	1,5	107	109	143	1,5	0,025	16
	125	—	160	2,1	112	—	168	2	0,025	14
	—	118	160	2,1	112	117	168	2	0,025	14
	136	—	184	3	114	—	201	2,5	0,03	13

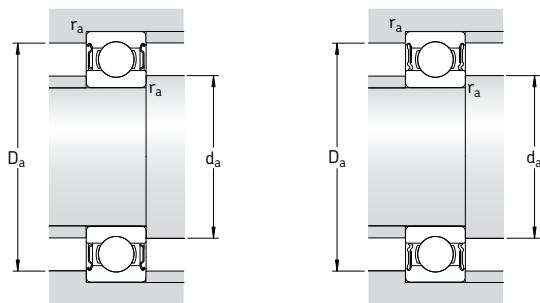
Однорядные радиальные шарикоподшипники с уплотнениями
d 105 – 160 мм



Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения номиналь- ная	Масса	Обозначение с односто- ронним уплотне- нием	с двухсто- ронним уплот- нением	
d	D	B	C	C ₀	кН	кН	об/мин	кг	–
105	130	13	20,8	19,6	1	10 000	5 000	0,32	61821-2RZ –
	130	13	20,8	19,6	1	–	2 800	0,32	61821-2RS1 –
	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	4 300	1,60	* 6021-2Z * 6021-RS1
	160	26	76,1	65,5	2,4	–	2 400	1,60	* 6021-2RS1 * 6021-RS1
	190	36	140	104	3,65	7 000	3 600	3,70	* 6221-2Z * 6221-Z
	190	36	140	104	3,65	–	2 200	3,70	* 6221-2RS1 * 6221-RS1
	225	49	182	153	5,1	6 300	3 200	8,25	6321-2Z 6321-Z
110	140	16	28,1	26	1,25	9 500	4 500	0,60	61822-2RZ –
	140	16	28,1	26	1,25	–	2 600	0,60	61822-2RS1 –
	170	28	85,2	73,5	2,4	8 000	4 000	1,95	* 6022-2Z * 6022-RS1
	170	28	85,2	73,5	2,4	–	2 400	1,95	* 6022-2RS1 * 6022-RS1
	200	38	151	118	4	6 700	3 400	4,35	* 6222-2Z * 6222-Z
120	150	16	29,1	28	1,29	8 500	4 300	0,65	61824-2RZ –
	150	16	29,1	28	1,29	–	2 400	0,65	61824-2RS1 –
	180	28	88,4	80	2,75	7 500	3 800	2,05	* 6024-2Z * 6024-RS1
	180	28	88,4	80	2,75	–	2 200	2,05	* 6024-2RS1 * 6024-RS1
	215	40	146	118	3,9	6 300	3 200	5,15	6224-2Z 6224-Z
130	165	18	37,7	43	1,6	8 000	3 800	0,93	61826-2RZ –
	165	18	37,7	43	1,6	–	2 200	0,93	61826-2RS1 –
	200	33	112	100	3,35	7 000	3 400	3,15	* 6026-2Z * 6026-RS1
	200	33	112	100	3,35	–	2 000	3,15	* 6026-2RS1 * 6026-RS1
	230	40	156	132	4,15	5 600	3 000	5,80	6226-2Z 6226-Z
140	175	18	39	46,5	1,66	7 500	3 600	0,99	61828-2RZ –
	175	18	39	46,5	1,66	–	2 000	0,99	61828-2RS1 –
	210	33	111	108	3,45	6 700	3 200	3,35	6028-2Z 6028-Z
	210	33	111	108	3,45	–	1 800	3,35	6028-2RS1 6028-RS1
150	225	35	125	125	3,9	6 000	3 000	4,80	6030-2Z 6030-RS1
	225	35	125	125	3,9	–	1 700	4,80	6030-2RS1 6030-RS1
160	240	38	143	143	4,3	5 600	2 800	5,90	6032-2Z 6032-RS1
	240	38	143	143	4,3	–	1 600	5,90	6032-2RS1 6032-RS1

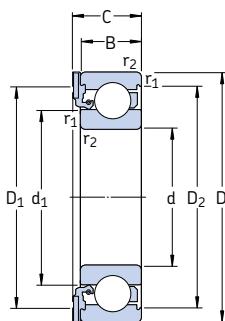
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для открытых подшипников также действительны для подшипников с одной защитной шайбой или уплотнениями низкого трения (Z, RZ)



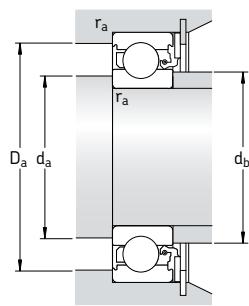
Размеры					Размеры сопряженных деталей					Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	d ₂	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	d _a макс.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀	
мм	мм	мм	мм	—	—	—	—	—	—	—	
105	112	—	124	1	110	—	125	1	0,015	13	
	—	111	124	1	110	110	125	1	0,015	13	
	123	—	147	2	116	—	149	2	0,025	16	
	—	117	147	2	116	116	149	2	0,025	16	
	131	—	167	2,1	117	—	178	2	0,025	14	
	—	125	167	2,1	117	124	178	2	0,025	14	
	141	—	193	3	119	—	211	2,5	0,03	13	
110	119	—	134	1	115	—	135	1	0,015	14	
	—	115	134	1	115	115	135	1	0,015	14	
	129	—	155	2	119	—	161	2	0,025	16	
	129	—	155	2	119	—	161	2	0,025	16	
	138	—	177	2,1	122	—	188	2	0,025	14	
120	129	—	144	1	125	—	145	1	0,015	13	
	—	125	144	1	125	125	145	1	0,015	13	
	139	—	165	2	129	—	171	2	0,025	16	
	—	133	165	2	129	132	171	2	0,025	16	
	151	—	189	2,1	132	—	203	2	0,025	14	
130	140	—	158	1,1	136	—	159	1	0,015	16	
	—	137	158	1,1	136	136	159	1	0,015	16	
	153	—	182	2	139	—	191	2	0,025	16	
	153	—	182	2	139	—	191	2	0,025	16	
	161	—	203	3	144	—	216	2,5	0,025	15	
140	151	—	167	1,1	146	—	169	1	0,015	16	
	—	148	167	1,1	146	147	169	1	0,015	16	
	163	—	192	2	149	—	201	2	0,025	16	
	—	156	192	2	149	155	201	2	0,025	16	
150	174	—	205	2,1	160	—	215	2	0,025	16	
	174	—	205	2,1	160	—	215	2	0,025	16	
160	186	—	219	2,1	169	—	231	2	0,025	16	
	—	179	219	2,1	169	178	231	2	0,025	16	

Подшипниковые ICOS узлы с манжетными уплотнениями
d 12 – 30 мм



Основные размеры				Грузоподъемность		Граничная нагрузка по усталости P_u	Предельная частота вращения	Масса	Обозначение
d	D	B	C	дин.	стат.				
мм				кН	кН	об/мин	кг	–	
12	32	10	12,6	7,28	3,1	0,132	14 000	0,041	* ICOS-D1B01-TN9
15	35	11	13,2	8,06	3,75	0,16	12 000	0,048	* ICOS-D1B02-TN9
17	40	12	14,2	9,95	4,75	0,2	11 000	0,071	* ICOS-D1B03-TN9
20	47	14	16,2	13,5	6,55	0,28	9 300	0,11	* ICOS-D1B04-TN9
25	52	15	17,2	14,8	7,8	0,335	7 700	0,14	* ICOS-D1B05-TN9
30	62	16	19,4	20,3	11,2	0,475	6 500	0,22	* ICOS-D1B06-TN9

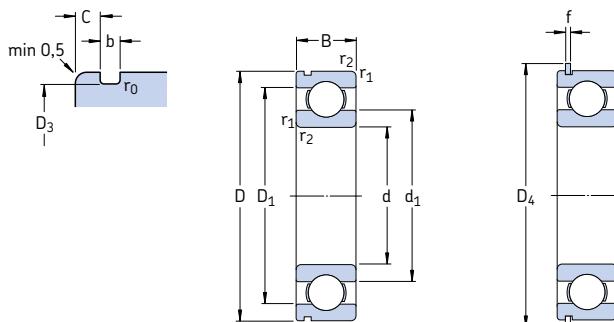
* Подшипник SKF Explorer



Размеры					Размеры сопряженных деталей				Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a макс.	d _b макс.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
ММ					ММ				—	
12	18,4	— ¹⁾	27,4	0,6	16,2	18	27,8	0,6	0,025	12
15	21,7	30,8	30,4	0,6	19,2	21,5	30,8	0,6	0,025	13
17	24,5	35,6	35	0,6	21,2	24	35,8	0,6	0,025	13
20	28,8	42	40,6	1	25,6	28,5	41,4	1	0,025	13
25	34,3	47	46,3	1	30,6	34	46,4	1	0,025	14
30	40,3	55,6	54,1	1	35,6	40	56,4	1	0,025	14

1) Уплотнение неармированное

**Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо
d 10 – 45 мм**

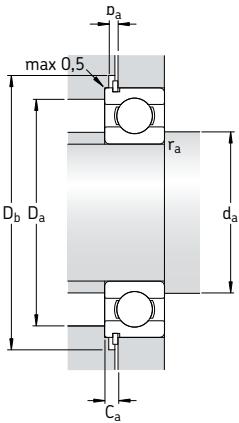


N

NR

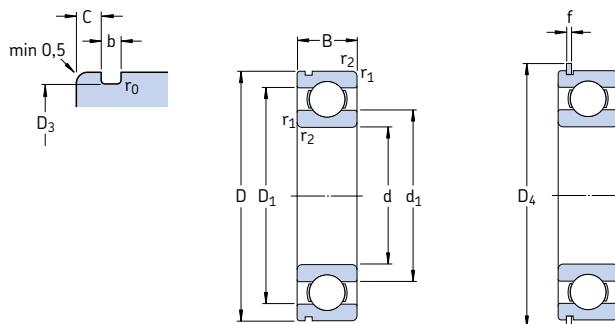
Основные размеры			Грузоподъемность дин. C ₀		Граничная нагрузка по усталости P _u		Частота вращения номинальная предельная		Масса	Обозначение подшипник с канавкой под стопорное кольцо	канавка и стопорное кольцо
d	D	B	C	C ₀	P _u		об/мин		кг	–	
мм			кН	кН							
10	30	9	5,4	2,36	0,1		56 000	34 000	0,032	* 6200 N	* 6200 NR SP 30
12	32	10	7,28	3,1	0,132		50 000	32 000	0,037	* 6201 N	* 6201 NR SP 32
15	35	11	8,06	3,75	0,16		43 000	28 000	0,045	* 6202 N	* 6202 NR SP 35
17	40	12	9,95	4,75	0,2		38 000	24 000	0,065	* 6203 N	* 6203 NR SP 40
	47	14	14,3	6,55	0,275		34 000	22 000	0,12	* 6303 N	* 6303 NR SP 47
20	42	12	9,5	5	0,212		38 000	24 000	0,069	* 6004 N	* 6004 NR SP 42
	47	14	13,5	6,55	0,28		32 000	20 000	0,11	* 6204 N	* 6204 NR SP 47
	52	15	16,8	7,8	0,335		30 000	19 000	0,14	* 6304 N	* 6304 NR SP 52
25	47	12	11,9	6,55	0,275		32 000	20 000	0,08	* 6005 N	* 6005 NR SP 47
	52	15	14,8	7,8	0,335		28 000	18 000	0,13	* 6205 N	* 6205 NR SP 52
	62	17	23,4	11,6	0,49		24 000	16 000	0,23	* 6305 N	* 6305 NR SP 62
30	55	13	13,8	8,3	0,355		28 000	17 000	0,12	* 6006 N	* 6006 NR SP 55
	62	16	20,3	11,2	0,475		24 000	15 000	0,20	* 6206 N	* 6206 NR SP 62
	72	19	29,6	16	0,67		20 000	13 000	0,35	* 6306 N	* 6306 NR SP 72
35	62	14	16,8	10,2	0,44		24 000	15 000	0,16	* 6007 N	* 6007 NR SP 62
	72	17	27	15,3	0,655		20 000	13 000	0,29	* 6207 N	* 6207 NR SP 72
80	21		35,1	19	0,815		19 000	12 000	0,46	* 6307 N	* 6307 NR SP 80
100	25		55,3	31	1,29		16 000	10 000	0,95	6407 N	6407 NR SP 100
40	68	15	17,8	11,6	0,49		22 000	14 000	0,19	* 6008 N	* 6008 NR SP 68
	80	18	32,5	19	0,8		18 000	11 000	0,37	* 6208 N	* 6208 NR SP 80
90	23		42,3	24	1,02		17 000	11 000	0,63	* 6308 N	* 6308 NR SP 90
110	27		63,7	36,5	1,53		14 000	9 000	1,25	6408 N	6408 NR SP 110
45	75	16	22,1	14,6	0,64		20 000	12 000	0,25	* 6009 N	* 6009 NR SP 75
	85	19	35,1	21,6	0,915		17 000	11 000	0,41	* 6209 N	* 6209 NR SP 85
100	25		55,3	31,5	1,34		15 000	9 500	0,83	* 6309 N	* 6309 NR SP 100
120	29		76,1	45	1,9		13 000	8 500	1,55	6409 N	6409 NR SP 120

* Подшипник SKF Explorer



Размеры										Размеры сопряженных деталей							Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₃	D ₄	b	f	C	r _{1,2} МИН.	r ₀ МАКС.	d _a МИН.	D _a МАКС.	D _b МИН.	b _a МИН.	C _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	—		
10	17	23,2	28,17	34,7	1,35	1,12	2,06	0,6	0,4	14,2	25,8	36	1,5	3,18	0,6	0,025	13	
12	18,5	25,7	30,15	36,7	1,35	1,12	2,06	0,6	0,4	16,2	27,8	38	1,5	3,18	0,6	0,025	12	
15	21,7	29	33,17	39,7	1,35	1,12	2,06	0,6	0,4	19,2	30,8	41	1,5	3,18	0,6	0,025	13	
17	24,5 26,5	32,7 37,4	38,1 44,6	44,6 52,7	1,35 1,35	1,12 1,12	2,06 2,46	0,6 1	0,4 0,4	21,2 22,6	35,8 41,4	46 54	1,5 1,5	3,18 3,58	0,6 1	0,025 0,03	13 12	
20	27,2 28,8 30,4	34,8 38,5 41,6	39,75 44,6 49,73	46,3 52,7 57,9	1,35 1,35 1,35	1,12 1,12 1,12	2,06 2,46 2,46	0,6 1 1,1	0,4 0,4 0,4	23,2 25,6 27	38,8 41,4 45	48 54 59	1,5 1,5 1,5	3,18 3,58 3,58	0,6 1 1	0,025 0,025 0,03	14 13 12	
25	32 34,4 36,6	40 44 50,4	44,6 49,73 59,61	52,7 57,9 67,7	1,35 1,35 1,9	1,12 1,12 1,7	2,06 2,46 3,28	0,6 1 1,1	0,4 0,4 0,6	28,2 30,6 32	43,8 46,4 55	54 59 69	1,5 1,5 2,2	3,18 3,58 4,98	0,6 1 1	0,025 0,025 0,03	14 14 12	
30	38,2 40,4 44,6	46,8 51,6 59,1	52,6 59,61 68,81	60,7 67,7 78,6	1,35 1,9 1,9	1,12 1,7 1,7	2,06 3,28 3,28	1 0,6 1,1	0,4 0,6 0,6	34,6 35,6 37	50,4 56,4 65	62 69 80	1,5 2,2 2,2	3,18 4,98 4,98	1 1 1	0,025 0,025 0,03	15 14 13	
35	43,8 46,9	53,3 60	59,61 68,81	67,7 78,6	1,9 1,9	1,7 1,7	2,06 3,28	1 1	0,6 0,6	39,6 40,6	57,4 66,4	69 80	2,2 2,2	3,76 4,98	1 1	0,025 0,025	15 14	
	49,6 57,4	65,4 79,5	76,81 96,8	86,6 106,5	1,9 2,7	1,7 2,46	3,28 3,28	1,5 1,5	0,6 0,6	44 46	71 89	88 108	2,2 3	4,98 5,74	1,5 1,5	0,03 0,035	13 12	
40	49,3 52,6	58,8 67,4	64,82 76,81	74,6 86,6	1,9 1,9	1,7 1,7	2,49 3,28	1 1,1	0,6 0,6	44,6 47	63,4 73	76 88	2,2 2,2	4,19 4,98	1 1	0,025 0,025	15 14	
	56,1 62,8	73,8 87	86,79 106,81	96,5 116,6	2,7 2,7	2,46 2,46	3,28 3,28	1,5 2	0,6 0,6	49 53	81 97	98 118	3 3	5,74 5,74	1,5 2	0,03 0,035	13 12	
45	54,8 57,6	65,3 72,4	71,83 81,81	81,6 91,6	1,9 1,9	1,7 1,7	2,49 3,28	1 1,1	0,6 0,6	49,6 52	70,4 78	83 93	2,2 2,2	4,19 4,98	1 1	0,025 0,025	15 14	
	62,2 68,9	82,7 95,8	96,8 115,21	106,5 129,7	2,7 3,1	2,46 2,82	3,28 4,06	1,5 2	0,6 0,6	54 58	91 107	108 131	3 3,5	5,74 6,88	1,5 2	0,03 0,035	13 12	

**Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо
d 50 – 90 мм**

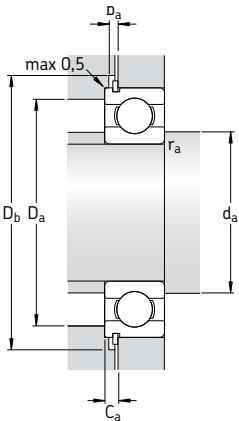


N

NR

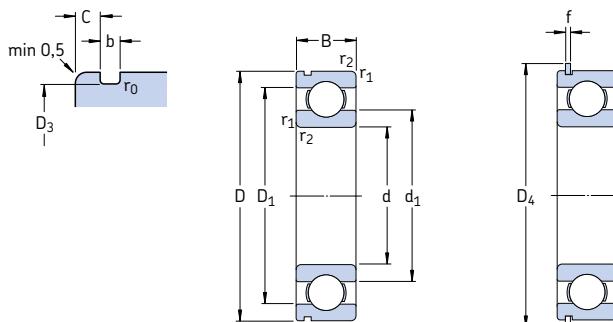
Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номинальная		Масса	Обозначение подшипник с канавкой под стопорное кольцо	канавка и стопорное кольцо
d	D	B	C	C_0		кН	об/мин	кг	–	–
50	80	16	22,9	16	0,71	18 000	11 000	0,26	* 6010 N	* 6010 NR SP 80
	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,46	* 6210 N	* 6210 NR SP 90
	110	27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,05	* 6310 N	* 6310 NR SP 110
	130	31	87,1	52	2,2	12 000	7 500	1,90	6410 N	6410 NR SP 130
55	90	18	29,6	21,2	0,9	16 000	10 000	0,39	* 6011 N	* 6011 NR SP 90
	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211 N	* 6211 NR SP 100
	120	29	74,1	45	1,9	12 000	8 000	1,35	* 6311 N	* 6311 NR SP 120
	140	33	99,5	62	2,6	11 000	7 000	2,30	6411 N	6411 NR SP 140
60	95	18	30,7	23,2	0,98	15 000	9 500	0,42	* 6012 N	* 6012 NR SP 95
	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212 N	* 6212 NR SP 110
	130	31	85,2	52	2,2	11 000	7 000	1,70	* 6312 N	* 6312 NR SP 130
	150	35	108	69,5	2,9	10 000	6 300	2,75	6412 N	6412 NR SP 150
65	100	18	31,9	25	1,06	14 000	9 000	0,44	* 6013 N	* 6013 NR SP 100
	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	0,99	* 6213 N	* 6213 NR SP 120
	140	33	97,5	60	2,5	10 000	6 700	2,10	* 6313 N	* 6313 NR SP 140
	160	37	119	78	3,15	9 500	6 000	3,30	6413 N	6413 NR SP 160
70	110	20	39,7	31	1,32	13 000	8 000	0,60	* 6014 N	* 6014 NR SP 110
	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,05	* 6214 N	* 6214 NR SP 125
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,50	* 6314 N	* 6314 NR SP 150
75	115	20	41,6	33,5	1,43	12 000	7 500	0,64	* 6015 N	* 6015 NR SP 115
	130	25	68,9	49	2,04	10 000	6 700	1,20	* 6215 N	* 6215 NR SP 130
	160	37	119	76,5	3	9 000	5 600	3,00	* 6315 N	* 6315 NR SP 160
80	125	22	49,4	40	1,66	11 000	7 000	0,85	* 6016 N	* 6016 NR SP 125
	140	26	72,8	55	2,2	9 500	6 000	1,40	* 6216 N	* 6216 NR SP 140
85	130	22	52	43	1,76	11 000	6 700	0,89	* 6017 N	* 6017 NR SP 130
	150	28	87,1	64	2,5	9 000	5 600	1,80	* 6217 N	* 6217 NR SP 150
90	140	24	60,5	50	1,96	10 000	6 300	1,15	* 6018 N	* 6018 NR SP 140
	160	30	101	73,5	2,8	8 500	5 300	2,15	* 6218 N	* 6218 NR SP 160

* Подшипник SKF Explorer



Размеры												Размеры сопряженных деталей						Расчетные коэффициенты	
d	d_1	D_1	D_3	D_4	b	f	C	$r_{1,2}$ МИН.	r_0 МАКС.	d_a МИН.	D_a МАКС.	D_b МИН.	b_a МАКС.	C_a МАКС.	r_a МАКС.	k_r	f_0		
мм	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
50	59,8 62,5	70,3 77,4	76,81 86,79	86,6 96,5	1,9 2,7	1,7 2,46	2,49 3,28	1 1,1	0,6 0,6	54,6 57	75,4 83	88 98	2,2 3	4,19 5,74	1 1	0,025 0,025	15 14		
	68,8 75,5	91,1 104	106,81 125,22	116,6 139,7	2,7 3,1	2,46 2,82	3,28 4,06	2 2,1	0,6 0,6	61 64	99 116	118 141	3 3,5	5,74 6,88	2 2	0,03 0,035	13 12		
55	66,3 69,1	78,7 85,8	86,79 96,8	96,5 106,5	2,7 2,7	2,46 2,46	2,87 3,28	1,1 1,5	0,6 0,6	61 64	84 91	98 108	3 3	5,33 5,74	1 1,5	0,025 0,025	15 14		
	75,3 81,6	99,5 113	115,21 135,23	129,7 149,7	3,1 3,1	2,82 2,82	4,06 4,9	2 2,1	0,6 0,6	66 69	109 126	131 151	3,5 3,5	6,88 7,72	2 2	0,03 0,035	13 12		
60	71,3 75,5	83,7 94,6	91,82 106,81	101,6 116,6	2,7 2,7	2,46 2,46	2,87 3,28	1,1 1,5	0,6 0,6	66 69	87 101	103 118	3 3	5,33 5,74	1 1,5	0,025 0,025	16 14		
	81,9 88,1	108 122	125,22 145,24	139,7 159,7	3,1 3,1	2,82 2,82	4,06 4,9	2,1 2,1	0,6 0,6	72 74	118 136	141 162	3,5 3,5	6,88 7,72	2 2	0,03 0,035	13 12		
65	76,3 83,3	88,7 102	96,8 115,21	106,5 129,7	2,7 3,1	2,46 2,82	2,87 4,06	1,1 1,5	0,6 0,6	71 74	94 111	108 131	3 3,5	5,33 6,88	1 1,5	0,025 0,025	16 15		
	88,4 94	116 131	135,23 155,22	149,7 169,7	3,1 3,1	2,82 2,82	4,9 4,9	2,1 2,1	0,6 0,6	77 79	128 146	151 172	3,5 3,5	7,72 7,72	2 2	0,03 0,035	13 12		
70	82,9 87,1 95	97,2 108 125	106,81 120,22 145,24	116,6 134,7 159,7	2,7 3,1 3,1	2,46 2,82 2,82	2,87 4,06 4,9	1,1 1,5 2,1	0,6 0,6 0,6	76 79 82	104 116 138	118 136 162	3 3,5 3,5	5,33 6,88 7,72	1 1,5 2	0,025 0,025 0,03	16 15 13		
75	87,9 92,1 101	102 113 133	111,81 125,22 155,22	121,6 139,7 169,7	2,7 3,1 3,1	2,46 2,82 2,82	2,87 4,06 4,9	1,1 1,5 2,1	0,6 0,6 0,6	81 84 87	109 121 148	123 141 172	3 3,5 3,5	5,33 6,88 7,72	1 1,5 2	0,025 0,025 0,03	16 15 13		
80	94,4 101	111 122	120,22 135,23	134,7 149,7	3,1 3,1	2,82 2,82	2,87 4,9	1,1 2	0,6 0,6	86 91	119 129	136 151	3,5 3,5	5,69 7,72	1 2	0,025 0,025	16 15		
85	99,4 106	116 130	125,22 145,24	139,7 159,7	3,1 3,1	2,82 2,82	2,87 4,9	1,1 2	0,6 0,6	91 96	124 139	141 162	3,5 3,5	5,69 7,72	1 2	0,025 0,025	16 15		
90	106 113	124 138	135,23 155,22	149,7 169,7	3,1 3,1	2,82 2,82	3,71 4,9	1,5 2	0,6 0,6	97 101	133 149	151 172	3,5 3,5	6,53 7,72	1,5 2	0,025 0,025	16 15		

**Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо
d 95 – 120 мм**

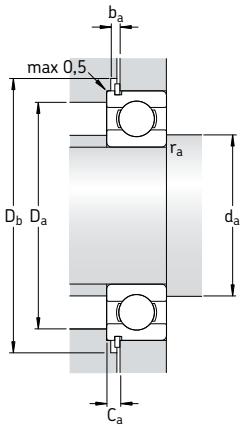


N

NR

Основные размеры			Грузоподъемность дин. C ₀		Граничная нагрузка по усталости P _u		Частота вращения номинальная – предельная		Масса	Обозначение подшипник с канавкой под стопорное кольцо и стопорное кольцо		
d	D	B	кН	кН	об/мин	об/мин	кг	–	* 6219 N	* 6219 NR	SP 170	
95	170	32	114	81,5	3	8 000	5 000	2,60	* 6219 N	* 6219 NR	SP 170	
100	150	24	63,7	54	2,04	9 500	5 600	1,25	* 6020 N	* 6020 NR	SP 150	
	180	34	127	93	3,35	7 500	4 800	3,15	* 6220 N	* 6220 NR	SP 180	
105	160	26	76,1	65,5	2,4	8 500	5 300	1,60	* 6021 N	* 6021 NR	SP 160	
110	170	28	85,2	73,5	2,6	8 000	5 000	1,95	* 6022 N	* 6022 NR	SP 170	
120	180	28	88,4	80	2,75	7 500	4 800	2,05	* 6024 N	* 6024 NR	SP 180	

* Подшипник SKF Explorer

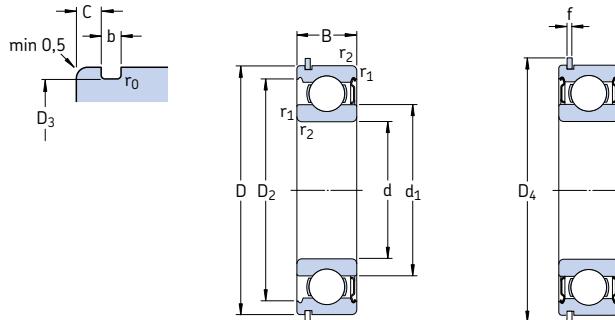


Размеры										Размеры сопряженных деталей							Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	D ₃	D ₄	b	f	C	r _{1,2} МИН.	r ₀ МАКС.	d _a МИН.	D _a МАКС.	D _b МИН.	b _a МАКС.	C _a МИН.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
ММ										ММ							—	
95	118	146	163,65	182,9	3,5	3,1	5,69	2,1	0,6	107	158	185	4	8,79	2	0,025	14	
100	116	134	145,24	159,7	3,1	2,82	3,71	1,5	0,6	107	143	162	3,5	6,53	1,5	0,025	16	
	125	155	173,66	192,9	3,5	3,1	5,69	2,1	0,6	112	168	195	4	8,79	2	0,025	14	
105	123	143	155,22	169,7	3,1	2,82	3,71	2	0,6	114	151	172	3,5	6,53	2	0,025	16	
110	129	151	163,65	182,9	3,5	3,1	3,71	2	0,6	119	161	185	4	6,81	2	0,025	16	
120	139	161	173,66	192,9	3,5	3,1	3,71	2	0,6	129	171	195	4	6,81	2	0,025	16	

Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо

и защитными шайбами

d 10 – 60 мм



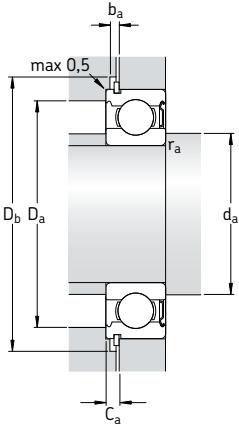
ZNR

2ZNR

Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.	Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номинальная	Частота вращения предельная ¹⁾	Масса	Обозначение подшипника с одной защитной шайбой и стопорным кольцом	с двумя защитными шайбами и стопорным кольцом	стопорное кольцо
d	D	B	C	C_0	кН	кН	об/мин	кг	–	
10	30	9	5,4	2,36	0,1	56 000	34 000	0,032	* 6200-ZNR	* 6200-2ZNR SP 30
12	32	10	7,28	3,1	0,132	5 0000	32 000	0,037	* 6201-ZNR	* 6201-2ZNR SP 32
15	35	11	8,06	3,75	0,16	43 000	28 000	0,045	* 6202-ZNR	* 6202-2ZNR SP 35
17	40	12	9,95	4,75	0,2	38 000	24 000	0,065	* 6203-ZNR	* 6203-2ZNR SP 40
	47	14	14,3	6,55	0,275	34 000	22 000	0,12	* 6303-ZNR	* 6303-2ZNR SP 47
20	42	12	9,95	5	0,212	38 000	24 000	0,069	* 6004-ZNR	* 6004-2ZNR SP 42
	47	14	13,5	6,55	0,28	32 000	20 000	0,11	* 6204-ZNR	* 6204-2ZNR SP 47
	52	15	16,8	7,8	0,335	3 0000	19 000	0,14	* 6304-ZNR	* 6304-2ZNR SP 52
25	47	12	11,9	6,55	0,275	32 000	20 000	0,08	* 6005-ZNR	* 6005-2ZNR SP 47
	52	15	14,8	7,8	0,335	28 000	18 000	0,13	* 6205-ZNR	* 6205-2ZNR SP 52
	62	17	23,4	11,6	0,49	24 000	16 000	0,23	* 6305-ZNR	* 6305-2ZNR SP 62
30	62	16	20,3	11,2	0,475	24 000	15 000	0,20	* 6206-ZNR	* 6206-2ZNR SP 62
	72	19	29,6	16	0,67	2 0000	13 000	0,35	* 6306-ZNR	* 6306-2ZNR SP 72
35	72	17	27	15,3	0,655	2 0000	13 000	0,29	* 6207-ZNR	* 6207-2ZNR SP 72
	80	21	35,1	19	0,815	19 000	12 000	0,46	* 6307-ZNR	* 6307-2ZNR SP 80
40	80	18	32,5	19	0,8	18 000	11 000	0,37	* 6208-ZNR	* 6208-2ZNR SP 80
	90	23	42,3	24	1,02	17 000	11 000	0,63	* 6308-ZNR	* 6308-2ZNR SP 90
45	85	19	35,1	21,6	0,915	17 000	11 000	0,41	* 6209-ZNR	* 6209-2ZNR SP 85
	100	25	55,3	31,5	1,34	15 000	9 500	0,83	* 6309-ZNR	* 6309-2ZNR SP 100
50	90	20	37,1	23,2	0,98	15 000	10 000	0,46	* 6210-ZNR	* 6210-2ZNR SP 90
	110	27	65	38	1,6	13 000	8 500	1,05	* 6310-ZNR	* 6310-2ZNR SP 110
55	100	21	46,2	29	1,25	14 000	9 000	0,61	* 6211-ZNR	* 6211-2ZNR SP 100
	120	29	74,1	45	1,9	12 000	8 000	1,35	* 6311-ZNR	* 6311-2ZNR SP 120
60	110	22	55,3	36	1,53	13 000	8 000	0,78	* 6212-ZNR	* 6212-2ZNR SP 110
	130	31	85,2	52	2,2	11 000	7 000	1,70	* 6312-ZNR	* 6312-2ZNR SP 130

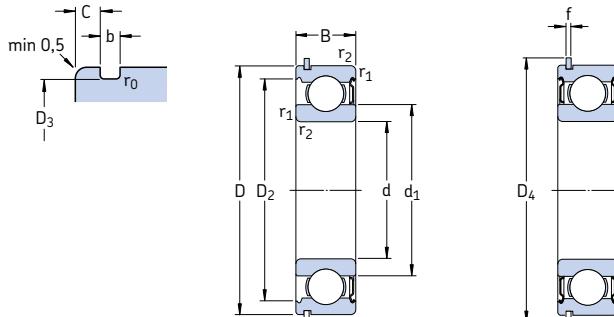
* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для исполнения 2Z составляют примерно 80 % от приведенных величин



Размеры										Размеры сопряженных деталей							Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₂	D ₃	D ₄	b	f	C	r _{1,2} МИН.	r ₀ МАКС.	d _a МИН.	D _a МАКС.	D _b МИН.	b _a МАКС.	C _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀	
ММ										ММ							—	
10	17	24,8	28,17	34,7	1,35	1,12	2,06	0,6	0,4	14,2	25,8	36	1,5	3,18	0,6	0,025	13	
12	18,5	27,4	30,15	36,7	1,35	1,12	2,06	0,6	0,4	16,2	27,8	38	1,5	3,18	0,6	0,025	12	
15	21,7	30,4	33,17	39,7	1,35	1,12	2,06	0,6	0,4	19,2	30,8	41	1,5	3,18	0,6	0,025	13	
17	24,5 26,5	35 39,7	38,1 44,6	44,6 52,7	1,35 1,35	1,12 1,12	2,06 2,46	0,6 1	0,4	21,2 22,6	35,8 41,4	46 54	1,5 1,5	3,18 3,58	0,6 1	0,025 0,03	13 12	
20	27,2 28,8 30,4	37,2 40,6 44,8	39,75 44,6 49,73	46,3 52,7 57,9	1,35 1,35 1,35	1,12 1,12 1,12	2,06 2,46 2,46	0,6 1 1	0,4	23,2 25,6 27	38,8 41,4 45	48 54 59	1,5 1,5 1,5	3,18 3,58 3,58	0,6 1 1	0,025 0,025 0,03	14 13 12	
25	32 34,4 36,6	42,2 46,3 52,7	44,6 49,73 59,61	52,7 57,9 67,7	1,35 1,35 1,9	1,12 1,12 1,7	2,06 2,46 3,28	0,6 1 1,1	0,4	28,2 30,6 32	43,8 46,4 55	54 59 69	1,5 1,5 2,2	3,18 3,58 4,98	0,6 1 1	0,025 0,025 0,03	14 14 12	
30	40,4 44,6	54,1 61,9	59,61 68,81	67,7 78,6	1,9 1,9	1,7 1,7	3,28 3,28	1 1,1	0,6	35,6 37	56,4 65	69 80	2,2 2,2	4,98 4,98	1 1	0,025 0,03	14 13	
35	46,9 49,6	62,7 69,2	68,81 76,81	78,6 86,6	1,9 1,9	1,7 1,7	3,28 3,28	1 1,5	0,6	40,6 44	66,4 71	80 88	2,2 2,2	4,98 4,98	1 1,5	0,025 0,03	14 13	
40	52,6 56,1	69,8 77,7	76,81 86,79	86,6 96,5	1,9 2,7	1,7 2,46	3,28 3,28	1,1 1,5	0,6	47 49	73 81	88 98	2,2 3	4,98 5,74	1 1,5	0,025 0,03	14 13	
45	57,6 62,2	75,2 86,7	81,81 96,8	91,6 106,5	1,9 2,7	1,7 2,46	3,28 3,28	1,1 1,5	0,6	52 54	78 91	93 108	2,2 3	4,98 5,74	1 1,5	0,025 0,03	14 13	
50	62,5 68,8	81,6 95,2	86,79 106,81	96,5 116,6	2,7 2,7	2,46 2,46	3,28 3,28	1,1 2	0,6	57 61	83 99	98 118	3 3	5,74 5,74	2 2	0,025 0,03	14 13	
55	69,1 75,3	89,4 104	96,8 115,21	106,5 129,7	2,7 3,1	2,46 2,82	3,28 4,06	1,5 2	0,6	64 66	91 109	108 131	3 3,5	5,74 6,88	1,5 2	0,025 0,03	14 13	
60	75,5 81,9	98 112	106,81 125,22	116,6 139,7	2,7 3,1	2,46 2,82	3,28 4,06	1,5 2,1	0,6	69 72	101 118	118 141	3 3,5	5,74 6,88	1,5 2	0,025 0,03	14 13	

**Однорядные радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо и защитными шайбами
d 65 – 70 мм**



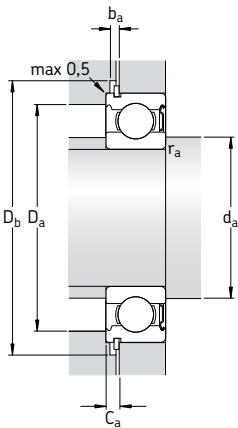
ZNR

2ZNR

Основные размеры		Грузоподъемность дин. стат.		Границчная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номинальная	Частота вращения предельная ¹⁾	Масса	Обозначение подшипника с одной защитной шайбой и стопорным кольцом	с двумя защитными шайбами и стопорным кольцом	стопорное кольцо
d	D	B	C	C_0	кН	об/мин	кг	–		
мм		кН		кН	об/мин		кг	–		
65	120	23	58,5	40,5	1,73	12 000	7 500	0,99	* 6213-ZNR	* 6213-2ZNR SP 120
	140	33	97,5	60	2,5	1 0000	6 700	2,10	* 6313-ZNR	* 6313-2ZNR SP 140
70	125	24	63,7	45	1,9	11 000	7 000	1,05	* 6214-ZNR	* 6214-2ZNR SP 125
	150	35	111	68	2,75	9 500	6 300	2,50	* 6314-ZNR	* 6314-2ZNR SP 150

* Подшипник SKF Explorer

¹⁾ Предельные частоты вращения для исполнения 2Z составляют примерно 80 % от приведенных величин



Размеры										Размеры сопряженных деталей							Расчетные коэффициенты	
d	d_1	D_2	D_3	D_4	b	f	C	$r_{1,2}$ МИН.	r_0 макс.	d_a МИН.	D_a макс.	D_b МИН.	b_a макс.	C_a макс.	r_a макс.	k_r	f_0	
ММ										ММ							—	
65	83,3 88,4	106 121	115,21 135,23	129,7 149,7	3,1 3,1	2,82 2,82	4,06 4,9	1,5 2,1	0,6 0,6	74 77	111 128	131 151	3,5 3,5	6,88 7,72	1,5 2	0,025 0,03	15 13	
70	87,1 95	111 130	120,22 145,24	134,7 159,7	3,1 3,1	2,82 2,82	4,06 4,9	1,5 2,1	0,6 0,6	79 82	116 138	136 162	3,5 3,5	6,88 7,72	1,5 2	0,025 0,03	15 13	



Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков

Конструкции	362
Подшипники базовой конструкции	362
Подшипники с защитными шайбами	362
Подшипники с канавкой под стопорное кольцо	363
Подшипники – основные сведения	363
Размеры	363
Допуски	363
Внутренний зазор	363
Перекос	364
Сепараторы	364
Минимальная нагрузка	364
Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник	364
Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник	365
Дополнительные обозначения	365
Таблицы подшипников	366
Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков	366
Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков и стопорным кольцом	370

Конструкции

Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков имеют на наружном и внутреннем кольцах пазы для ввода шариков (→ рис. 1), что позволяет использовать большее количество шариков большого диаметра по сравнению со стандартными радиальными шарикоподшипниками. Радиальная грузоподъемность таких подшипников выше по сравнению с радиальными шарикоподшипниками обычного типа, однако осевая грузоподъемность у них меньше. Кроме того, они не могут работать на таких высоких скоростях, как радиальные шарикоподшипники обычного типа.

Стандартная номенклатура радиальных шарикоподшипников с пазами для ввода шариков включает

- открытые подшипники базовой конструкции
- подшипники с защитными шайбами
- подшипники с канавкой под стопорное кольцо.

Подшипники базовой конструкции

Подшипники базовой конструкции открыты с обоих торцов. По технологическим соображениям подшипники, поставляемые в открытом исполнении, могут также иметь канавки под уплотнения на заплечиках наружных колец (→ рис. 2).

Подшипники с защитными шайбами

Радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков выпускаются с защитными шайбами с одной или обеих сторон и имеют суффиксы обозначения Z или ZZ. Защитные шайбы образуют узкий зазор с поверхностью заплечика внутреннего кольца (→ рис. 3).

Подшипники до размера 217 и 314 заполняются высококачественной пластичной смазкой на основе полимочевины класса консистенции NLGI 2, которая может использоваться в диапазоне температур от -30 до +150 °C. Вязкость базового масла составляет 115 мм²/с при 40 °C и 12,2 мм²/с при 100 °C.

Подшипники более крупных размеров заполняются высококачественной пластичной смазкой на основе литиевого мыла класса консистенции NLGI 3, которая предназначена

Рис. 1

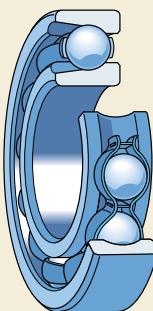


Рис. 2

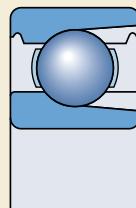
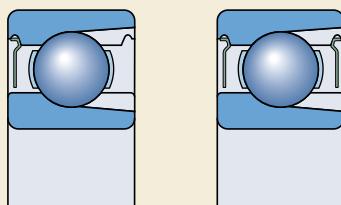


Рис. 3



для рабочих температур от -30 до +120 °C. Вязкость базового масла составляет 98 мм²/с при 40 °C и 9,4 мм²/с при 100 °C.

Объем заполнения пластичной смазки составляет 25–35 % от свободного пространства подшипника. Подшипники смазаны на весь срок службы и не нуждаются в техническом обслуживании. В домонтажном состоянии их запрещается нагревать выше 80 °C и промывать.

Подшипники с канавкой под стопорное кольцо

С целью упрощения осевой фиксации подшипника в корпусе и экономии пространства наружные кольца радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков могут быть снабжены канавкой под стопорное кольцо, суффикс N (→ рис. 4a). Обозначения и размеры соответствующих стопорных колец можно найти в таблицах подшипников. Стопорные кольца могут поставляться отдельно или установленными на подшипнике, суффикс NR (→ рис. 4b). Радиальные шарикоподшипники с канавкой под стопорное кольцо и стопорным кольцом также могут поставляться с одной защитной шайбой с противоположной стороны подшипника, (→ рис. 5a) или с двумя защитными шайбами (→ рис. 5b).

Подшипники – основные сведения

Размеры

Основные размеры радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков соответствуют требованиям стандарта ISO 15:1998.

Размеры канавок под стопорное кольцо соответствуют стандарту ISO 464:1995.

Допуски

Радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков производятся по нормальному классу точности. Допуски соответствуют стандарту ISO 492:2002 и представлены в табл. 3 на стр. 125.

Внутренний зазор

Серийные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков изготавливаются с нормальным радиальным внутренним зазором. Величины внутреннего радиального зазора приведены в табл. 3 на стр. 297. Они соответствуют стандарту ISO 5753:1981 и действительны по отношению к подшипникам в домонтажном состоянии при нулевой измерительной нагрузке.

Рис. 4

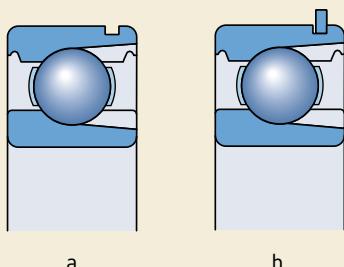
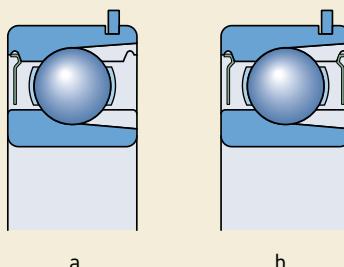


Рис. 5



Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков

Перекос

Условия, касающиеся допустимого перекоса наружного кольца по отношению к внутреннему кольцу для радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков, аналогичны условиям для стандартных подшипников. Однако вследствие наличия пазов для ввода шариков допустимый перекос ограничен 2–5 угловыми минутами; при большем перекосе шарики могут выкатываться из паза, что приводит к увеличению уровня шума подшипника и сокращению срока его службы.

Сепараторы

Радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков имеют штампованные и склеенные сепараторы из листовой стали, центрируемые по шарикам (без суффикса) (→ рис. 6).

Минимальная нагрузка

С целью обеспечения удовлетворительной работы радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков, равно как и всех остальных типов подшипников качения, на них постоянно должна воздействовать некоторая минимальная нагрузка. Это особенно важно в тех случаях, когда они врачаются с высокими скоростями или подвергаются воздействию высоких ускорений или быстрых изменений направления нагрузки. В таких условиях силы инерции шариков и сепаратора, а также трение в смазочном материале могут оказывать вредное воздействие на условия качения в подшипнике и вызывать проскальзывание шариков, повреждающее дорожки качения.

Необходимая минимальная нагрузка, которая должна быть приложена к радиальным шарикоподшипникам с пазом для ввода шариков, может быть рассчитана по формуле

$$F_{rm} = k_r \left(\frac{v n}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2$$

где

F_{rm} = минимальная радиальная нагрузка, кН

k_r = коэффициент минимальной нагрузки

0,04 для подшипников серии 2

0,05 для подшипников серии 3

n = вязкость масла при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$
 n = частота вращения, об/мин
 d_m = средний диаметр подшипника
= 0,5 (d + D), мм

При запуске подшипника в работу в условиях низких температур или использовании высоковязких смазочных материалов могут потребоваться еще большие минимальные нагрузки. Масса деталей, опирающихся на подшипник, вместе с наружными силами, как правило, превосходит необходимую минимальную нагрузку. В противном случае радиальному шарикоподшипнику с пазом для ввода шариков требуется дополнительная радиальная нагрузка.

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

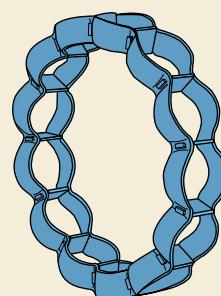
Для динамически нагруженных однорядных радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков

$$P = F_r + F_a$$

при условии, что $F_a/F_r \leq 0,6$ и $P \leq 0,5 C_0$.

В случае, если $F_a > 0,6 F_r$, вместо подшипников с пазом для ввода шариков должны использоваться только обычные подшипники.

Рис. 6



Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

Для статически нагруженных однорядных радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков:

$$P_0 = F_r + 0,5 F_a$$

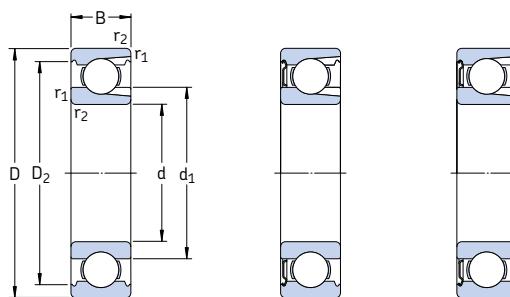
при условии, что $F_a/F_r \leq 0,6$.

Дополнительные обозначения

Ниже приводится список суффиксов, используемых для обозначения определенных характеристик радиальных шарикоподшипников с пазом для ввода шариков.

C3	Радиальный внутренний зазор больше нормального
N	Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце подшипника
NR	Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце подшипника с установленным стопорным кольцом
Z	Штампованные стальные защитные шайбы с одной стороны подшипника
ZNR	Канавка под стопорное кольцо в наружном кольце с установленным стопорным кольцом и штампованный стальной защитной шайбой с противоположной стороны подшипника
2Z	Штампованные стальные защитные шайбы с обеих сторон подшипника
2ZNR	Канавка под стопорное кольцо на наружном кольце с установленным стопорным кольцом и штампованными стальными защитными шайбами с обеих сторон подшипника

**Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков
d 25 – 85 мм**

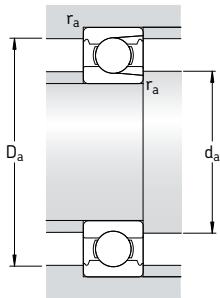


Z

2Z

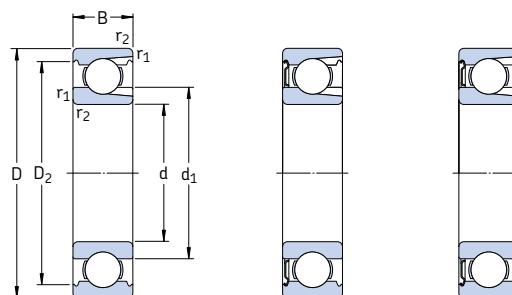
Основные размеры			Грузоподъем- ность дин. стат. C ₀	Граничная 阻力 по усталости P _u	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предель- ная ¹⁾	Масса	Обозначение подшипник открытый защитные шайбы с одной стороны с обеих сторон			
d	D	B	кН	кН	об/мин	об/мин	кг	–	–		
25	62	17	22,9	15,6	0,67	20 000	13 000	0,24	305	305-Z	305-2Z
30	62	16	22,9	17,3	0,735	20 000	12 000	0,21	206	206-Z	206-2Z
	72	19	29,2	20,8	0,88	18 000	11 000	0,37	306	306-Z	306-2Z
35	72	17	29,7	22,8	0,965	17 000	11 000	0,31	207	207-Z	207-2Z
	80	21	39,1	28,5	1,2	16 000	10 000	0,48	307	307-Z	307-2Z
40	80	18	33,6	26,5	1,12	15 000	9 500	0,39	208	208-Z	208-2Z
	90	23	46,8	36	1,53	14 000	9 000	0,64	308	308-Z	308-2Z
45	85	19	39,6	32,5	1,37	14 000	9 000	0,44	209	209-Z	209-2Z
	100	25	59,4	46,5	1,96	13 000	8 000	0,88	309	309-Z	309-2Z
50	90	20	39,1	34,5	1,46	13 000	8 000	0,5	210	210-Z	210-2Z
	110	27	64,4	52	2,2	11 000	7 000	1,15	310	310-Z	310-2Z
55	100	21	48,4	44	1,86	12 000	7 500	0,66	211	211-Z	211-2Z
	120	29	79,2	67	2,85	10 000	6 700	1,5	311	311-Z	311-2Z
60	110	22	56,1	50	2,12	11 000	6 700	0,85	212	212-Z	212-2Z
	130	31	91,3	78	3,35	9 500	6 000	1,85	312	312-Z	312-2Z
65	120	23	60,5	58,5	2,5	10 000	6 000	1,05	213	213-Z	213-2Z
	140	33	102	90	3,75	9 000	5 600	2,3	313	313-Z	313-2Z
70	125	24	66	65,5	2,75	9 500	6 000	1,15	214	214-Z	214-2Z
	150	35	114	102	4,15	8 000	5 000	2,75	314	314-Z	314-2Z
75	130	25	72,1	72	3	9 000	5 600	1,25	215	215-Z	215-2Z
	160	37	125	116	4,55	7 500	4 800	3,25	315	315-Z	315-2Z
80	140	26	88	85	3,45	8 500	5 300	1,55	216	216-Z	216-2Z
	170	39	138	129	4,9	7 000	4 500	3,95	316	316-Z	316-2Z
85	150	28	96,8	100	3,9	7 500	4 800	1,95	217	217-Z	217-2Z
	180	41	147	146	5,3	6 700	4 300	4,6	317	317-Z	317-2Z

¹⁾ Предельные частоты вращения для исполнения 2Z составляют примерно 80 % от приведенных величин



Размеры				Размеры сопряженных деталей		
d	d ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.
ММ				ММ		
25	32,8	52,7	1,1	31,5	55,5	1
30	36,2 43,9	54,1 61,9	1 1,1	35 36,5	57 65,5	1 1
35	41,7 43,7	62,7 69,2	1,1 1,5	41,5 43	65,5 72	1 1,5
40	48,9 50,5	69,8 77,7	1,1 1,5	46,5 48	73,5 82	1 1,5
45	52,5 55,9	75,2 86,7	1,1 1,5	51,5 53	78,5 92	1 1,5
50	57,5 67,5	81,7 95,2	1,1 2	56,5 61	83,5 99	1 2
55	63,1 74	89,4 104	1,5 2	63 64	92 111	1,5 2
60	70,1 80,3	97 113	1,5 2,1	68 71	102 119	1,5 2
65	83,3 86,8	106 122	1,5 2,1	73 76	112 129	1,5 2
70	87,1 93,2	111 130	1,5 2,1	78 81	117 139	1,5 2
75	92,1 99,7	117 139	1,5 2,1	83 86	122 149	1,5 2
80	88,8 106	127 147	2 2,1	89 91	131 159	2
85	97 113	135 156	2 3	96 98	139 167	2 2,5

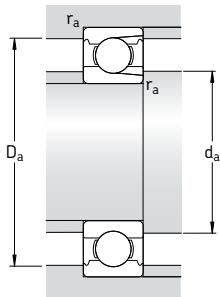
**Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков
d = 90 – 100 мм**



Z

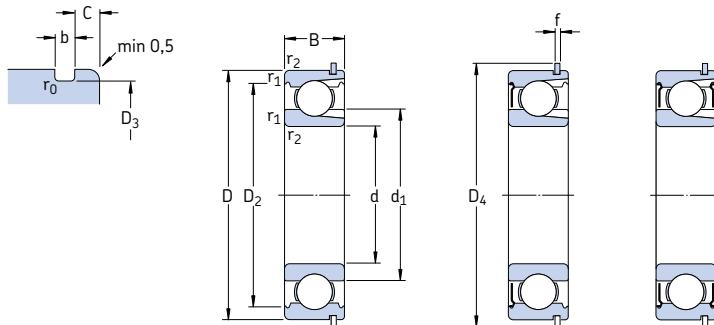
2Z

Основные размеры			Грузоподъем- ность дин. C	стат. C_0	Граничная руска по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	предель- ная ¹⁾	Масса	Обозначение подшипник открытый защитные шайбы с одной стороны обеих сторон		
d	D	B	кН	кН	об/мин	об/мин	кг	–	218	218-Z	218-22
90	160	30	112	114	4,3	7 000	4 500	2,35	218	218-Z	218-22
	190	43	157	160	5,7	6 300	4 000	5,40	318	318-Z	318-22
95	170	32	121	122	4,5	6 700	4 300	2,70	219	219-Z	219-22
100	180	34	134	140	5	6 300	4 000	3,45	220	220-Z	220-22



Размеры				Размеры сопряженных деталей		
d	d ₁	D ₂	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.
ММ				ММ		
90	110 119	143 164	2 3	99 103	151 177	2 2,5
95	117	152	2,1	107	158	2
100	123	160	2,1	112	168	2

**Однорядные радиальные шарикоподшипники с пазом для ввода шариков и стопорным кольцом
d 25 – 95 мм**

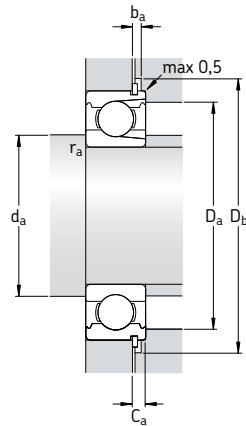


N

NR

Основные размеры d	Грузоподъем- ность дин. стат. C ₀	Границчная руска по нормаль- усталостни частиоте р _u	Частота вращения номиналь- предель- ная ¹⁾	Масса кг	Обозначение							
					подшипник открытый	защитные шайбы с одной стороны	стопор- ное кольцо					
мм	кН	кН	об/мин	кг	–	–	–					
25	62	17	23	16	1	20 000	13 000	0,24	305 NR	305-ZNR	305-2ZNR	SP 62
30	62	16	22,9	17,3	0,735	20 000	12 000	0,21	206 NR	206-ZNR	206-2ZNR	SP 62
	72	19	29,2	20,8	0,88	18 000	11 000	0,37	306 NR	306-ZNR	306-2ZNR	SP 72
35	72	17	29,7	22,8	0,965	17 000	11 000	0,31	207 NR	207-ZNR	207-2ZNR	SP 72
	80	21	39,1	28,5	1,2	16 000	10 000	0,48	307 NR	307-ZNR	307-2ZNR	SP 80
40	80	18	33,6	26,5	1,12	15 000	9 500	0,39	208 NR	208-ZNR	208-2ZNR	SP 80
	90	23	46,8	36	1,53	14 000	9 000	0,64	308 NR	308-ZNR	308-2ZNR	SP 90
45	85	19	39,6	32,5	1,37	14 000	9 000	0,44	209 NR	209-ZNR	209-2ZNR	SP 85
	100	25	59,4	46,5	1,96	13 000	8 000	0,88	309 NR	309-ZNR	309-2ZNR	SP 100
50	90	20	39,1	34,5	1,46	13 000	8 000	0,50	210 NR	210-ZNR	210-2ZNR	SP 90
	110	27	64,4	52	2,2	11 000	7 000	1,15	310 NR	310-ZNR	310-2ZNR	SP 110
55	100	21	48,4	44	1,86	12 000	7 500	0,66	211 NR	211-ZNR	211-2ZNR	SP 100
	120	29	79,2	67	2,85	10 000	6 700	1,50	311 NR	311-ZNR	311-2ZNR	SP 120
60	110	22	56,1	50	2,12	11 000	6 700	0,85	212 NR	212-ZNR	212-2ZNR	SP 110
	130	31	91,3	78	3,35	9 500	6 000	1,85	312 NR	312-ZNR	312-2ZNR	SP 130
65	120	23	60,5	58,5	2,5	10 000	6 000	1,05	213 NR	213-ZNR	213-2ZNR	SP 120
	140	33	102	90	3,75	9 000	5 600	2,30	313 NR	313-ZNR	313-2ZNR	SP 140
70	125	24	66	65,5	2,75	9 500	6 000	1,15	214 NR	214-ZNR	214-2ZNR	SP 125
	150	35	114	102	4,15	8 000	5 000	2,75	314 NR	314-ZNR	314-2ZNR	SP 150
75	130	25	72,1	72	3	9 000	5 600	1,25	215 NR	215-ZNR	215-2ZNR	SP 130
80	140	26	88	85	3,45	8 500	5 300	1,55	216 NR	216-ZNR	216-2ZNR	SP 140
85	150	28	96,8	100	3,9	7 500	4 800	1,95	217 NR	–	–	SP 150
90	160	30	112	114	4,3	7 000	4 500	2,35	218 NR	–	–	SP 160
95	170	32	121	122	4,5	6 700	4 300	2,70	219 NR	–	–	SP 170

¹⁾ Предельные частоты вращения для исполнения 2Z составляют примерно 80 % от приведенных величин


Размеры
Размеры сопряженных деталей

d	d_1	D_2	D_3	D_4	f	b	C	r_0 макс.	$r_{1,2}$ мин.	d_a мин.	D_a макс.	D_b мин.	b_a мин.	C_a макс.	r_a макс.
ММ															
25	32,8	52,7	59,61	67,7	1,7	1,9	3,28	0,6	1,1	31,5	55,5	69	2,2	4,98	1
30	36,2 40,1	54,1 61,9	59,61 68,81	67,7 78,6	1,7 1,7	1,9 1,9	3,28 3,28	0,6 0,6	1 1,1	35 36,5	57 65,5	69 80	2,2 2,2	4,98 4,98	1 1
35	41,7 43,7	62,7 69,2	68,81 76,81	78,6 86,6	1,7 1,7	1,9 1,9	3,28 3,28	0,6 0,6	1,1 1,5	41,5 43	65,5 72	80 88	2,2 2,2	4,98 4,98	1 1,5
40	48,9 50,5	69,8 77,7	76,81 86,79	86,6 96,5	1,7 2,46	1,9 2,7	3,28 3,28	0,6 0,6	1,1 1,5	46,5 48	73,5 82	88 98	2,2 3	4,98 5,74	1 1,5
45	52,5 55,9	75,2 86,7	81,81 96,8	91,6 106,5	1,7 2,46	1,9 2,7	3,28 3,28	0,6 0,6	1,1 1,5	51,5 53	78,5 92	93 108	2,2 3	4,98 5,74	1 1,5
50	57,5 62,5	81,7 95,2	86,79 106,81	96,5 116,6	2,46 2,46	2,7 2,7	3,28 3,28	0,6 0,6	1,1 2	56,5 61	83,5 99	98 118	3 3	5,74 5,74	1 2
55	63,1 74	89,4 104	96,8 115,21	106,5 129,7	2,46 2,82	2,7 3,1	3,28 4,06	0,6 0,6	1,5 2	63 64	92 111	108 131	3 3,5	5,74 6,88	1,5 2
60	70,1 80,3	97 113	106,81 125,22	116,6 139,7	2,46 2,82	2,7 3,1	3,28 4,06	0,6 0,6	1,5 2,1	68 71	102 119	118 141	3 3,5	5,74 6,88	1,5 2
65	83,3 86,8	106 122	115,21 135,23	129,7 149,7	2,82 2,82	3,1 3,1	4,06 4,9	0,6 0,6	1,5 2,1	73 76	112 129	131 151	3,5 3,5	6,88 7,72	1,5 2
70	87,1 87,2	111 130	120,22 145,24	134,7 159,7	2,82 2,82	3,1 3,1	4,06 4,9	0,6 0,6	1,5 2,1	78 81	117 139	136 162	3,5 3,5	6,88 7,72	1,5 2
75	92,1	117	125,22	139,7	2,82	3,1	4,06	0,6	1,5	83	122	141	3,5	6,88	1,5
80	88,8	127	135,23	149,7	2,82	3,1	4,9	0,6	2	89	131	151	3,5	7,72	2
85	97	135	145,24	159,7	2,82	3,1	4,9	0,6	2	96	139	162	3,5	7,72	2
90	110	143	155,22	169,7	2,82	3,1	4,9	0,6	2	99	151	172	3,5	7,72	2
95	117	152	163,65	182,9	3,1	3,5	5,69	0,6	2,1	107	158	185	4	8,79	2



Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали

Конструкции	374
Подшипники базовой конструкции	374
Подшипники с уплотнениями.....	374
Подшипники – основные сведения	375
Размеры	375
Допуски	376
Внутренний зазор	376
Материалы	376
Перекос.....	376
Сепараторы	376
Минимальная нагрузка	376
Осевая грузоподъемность	377
Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник	377
Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник	377
Дополнительные обозначения	377
Конструкция подшипниковых узлов	377
Таблицы подшипников	378
Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали.....	378
Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали с уплотнениями	382

Конструкции

Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали устойчивы к коррозии, вызываемой воздействием влаги и некоторых других факторов. Этот тип радиальных шарикоподшипников имеет такие же дорожки качения и такую же внутреннюю геометрию, что и стандартные подшипники, изготавливаемые из шарикоподшипниковой стали. Они не имеют пазов для ввода шариков и, помимо радиальных нагрузок, способны воспринимать осевые нагрузки, действующие в обоих направлениях. Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали имеют такие же характеристики, что и обычные радиальные шарикоподшипники, однако более низкую грузоподъемность.

Подшипники поставляются открытыми и с уплотнениями для валов диаметром от 1 до 50 мм. Фланцевые подшипники, соответствующие ИСО 8443-1999, в настоящем каталоге не представлены. Информацию о них можно найти в интерактивном инженерном каталоге SKF на интернет-сайте www.skf.com.

Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали имеют префикс W, например, W 626-2Z.

Подшипники базовой конструкции

Подшипники базовой конструкции открыты с обеих сторон. По технологическим соображениям открытые подшипники могут также иметь канавки под уплотнения на заплечиках наружных колец (→ **рис. 1**).

Подшипники с уплотнениями

Большинство типов радиальных шарикоподшипников из нержавеющей стали снабжены защитными шайбами, а некоторые – контактными уплотнениями. Подшипники с защитными шайбами или уплотнениями с обеих сторон смазаны на весь срок службы и не требуют технического обслуживания. Их не следует промывать и нагревать выше 80 °C. В зависимости от размера радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали поставляются заполненными одним из двух типов стандартных пластичных смазок. Характеристики данных смазок представлены в **табл. 1**. Стандартная смазка в обозначении подшипника не указывается. Заполнение смазкой составляет при-

Рис. 1

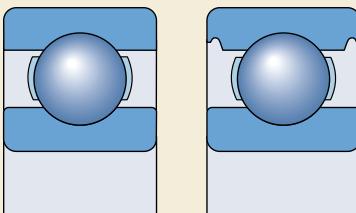


Рис. 2

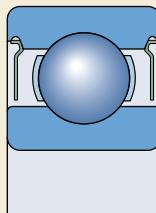
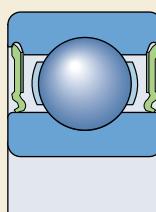


Рис. 3



мерно 25–35 % от свободного пространства подшипника.

Поскольку радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали находят широкое применение в кухонных комбайнах, они могут поставляться заполненными специальной нетоксичной смазкой, суффикс обозначения VT378. Данная смазка

- отвечает требованиям «Рекомендаций раздела 21 CFR 178.3570» инструкций FDA (Управления по контролю над продуктами и лекарствами США) и
- разрешена к использованию USDA (Министерством сельского хозяйства США) в категории H1 (случайный контакт с пищевыми продуктами).

Перед заказом подшипников с нетоксичной смазкой уточните их наличие и возможность поставки.

Подшипники с защитными шайбами

Такие подшипники имеют суффикс 2Z (→ рис. 2), снабжены защитными шайбами из нержавеющей стали. Шайбы образуют уплотняющий зазор с поверхностью заплечика внутреннего кольца подшипника и выдерживают высокие температуры и скорости вращения. Подшипники, оборудованные защитными шайбами, прежде всего предназначены для тех случаев, когда вращается внутреннее кольцо. При вращении наружного кольца существует риск вытекания смазки из подшип-

ника при работе на повышенных частотах вращения.

Подшипники с контактными уплотнениями

Контактные уплотнения подшипников, суффикс 2RS1 (→ рис. 3), изготавливаются из маслостойкого бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR) с армированием из листового металла. Допустимый интервал рабочих температур для этих уплотнений: от –40 до +100 °C и кратковременно до +120 °C. Кромки контактных уплотнений плотно прилегают к поверхности заплечика внутреннего кольца подшипника. При установке уплотнений их наружная кромка вставляется в выточки в наружном кольце, образуя герметичное уплотнение.

В экстремальных условиях эксплуатации, т.е. при высоких скоростях вращения или температурах, смазка может вытекать из уплотнений. В тех случаях, когда вытекание смазки нежелательно, необходимо принять специальные меры по усилению конструкции подшипников. По этому вопросу просим обращаться к специалистам компании SKF.

Таблица 1

Пластичные смазки SKF для закрытых радиальных шарикоподшипников из нержавеющей стали

Технические характеристики	стандартные смазки для подшипников d ≤ 9 мм	нетоксичная смазка	
Загуститель	литиевое мыло	литиевое мыло	алюминиевое комплексное мыло
Базовое масло	эфирное	минеральное	масло ПАО
Консистенция по шкале NLGI	2	2	2
Диапазон температур, °C ¹⁾	–50 до +140	–30 до +110	–25 до +120
Вязкость базового масла, mm ² /s при 40 °C при 100 °C	26 5,1	74 8,5	150 15,5

¹⁾ Диапазон рабочих температур → раздел «Диапазон температур: принцип светофора SKF» стр. 232

Подшипники – основные сведения

Размеры

Основные размеры радиальных шарикоподшипников из нержавеющей стали соответствуют стандарту ISO 15:1998.

Допуски

Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали изготавливаются по нормальному классу точности согласно ISO 492:2002, допуски приведены в **табл. 3 на стр. 125**.

Внутренний зазор

Стандартные радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали выпускаются с нормальным радиальным внутренним зазором. Величины внутренних зазоров соответствуют ISO 5753:1991 и представлены в **табл. 3 на стр. 297**. Допуски зазоров действительны для подшипников в домонтижном состоянии при нулевой измерительной нагрузке.

Материалы

Кольца подшипников изготавливаются из стали марки X65Cr14 (стандарт ISO 683-17:2000) или X105CrMo17 (стандарт EN 10088-1:1995), в зависимости от размера. Шарики изготавливаются из стали марки X105CrMo17, а защитные шайбы и сепараторы – из нержавеющей стали марки X5CrNi18-10 (стандарт EN 10088-1:1995).

Перекос

Однорядные шарикоподшипники из нержавеющей стали обладают ограниченной способностью компенсировать перекос. Допустимый угловой перекос между внутренним и наружным кольцами, не создающий непримлемо высоких дополнительных напряжений в подшипнике, зависит от внутреннего радиального зазора подшипника в процессе эксплуатации, размера, внутренней конструкции, сил и моментов, действующих на подшипник. Так как взаимосвязь между этими факторами очень сложная, то точные допустимые величины перекосов привести невозможно, однако при нормальных условиях эксплуатации они составляют от 2 до 10 угловых минут. Следует отметить, что любой перекос вызывает заметное увеличение вибраций подшипника и уменьшает его ресурс.

Сепараторы

В зависимости от серии и размера стандартные радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали могут быть снабжены одним из следующих типов сепараторов (→ **рис. 4**)

- штампованный сепаратор из листовой стали, центрируемый по шарикам (без суффикса) (a)
- сепаратор ленточного типа из листовой стали, центрируемый по шарикам (без суффикса) (b)
- сепаратор клепаного типа из листовой стали, центрируемый по шарикам (без суффикса) (c).

При заказе подшипников с сепараторами из стеклонаполненного полимида 6,6, необходимо уточнить их наличие и возможность поставки.

Минимальная нагрузка

Чтобы любые подшипники качения удовлетворительно работали, на них постоянно должна воздействовать определенная минимальная нагрузка. Это относится и к радиальным шарикоподшипникам из нержавеющей стали, особенно если они вращаются на высоких частотах.

Необходимую минимальную радиальную нагрузку, которая должна быть приложена к радиальным шарикоподшипникам из нержавеющей стали, можно приблизительно определить по формуле

$$F_{rm} = k_r \left(\frac{v n}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2$$

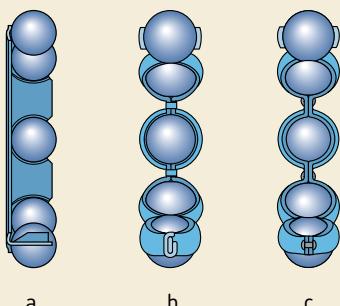


Рис. 4

где

F_{rm} = минимальная радиальная нагрузка, кН

k_r = коэффициент минимальной нагрузки
(→ таблицы подшипников)

n = вязкость масла при рабочей температуре,
 $\text{мм}^2/\text{с}$

n = частота вращения, об/мин

d_m = средний диаметр подшипника
= 0,5 (d + D), мм

При запуске подшипника в работу в условиях низких температур или использовании высоко-вязких смазочных материалов могут потребоваться еще большие минимальные нагрузки. Масса деталей, опирающихся на подшипник, вместе с наружными силами, как правило, превосходит необходимую минимальную нагрузку. В противном случае подшипнику требуется дополнительное нагружение. При использовании радиальных шарикоподшипников из нержавеющей стали осевой предварительный натяг можно создать путем регулировки положения внутреннего или наружного кольца относительно друг друга или при помощи пружин.

Осявая грузоподъемность

Если на радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали действует только осевая нагрузка, то последняя, как правило, не должна превышать величину $0,25 C_0$. Чрезмерные осевые нагрузки приводят к значительному сокращению ресурса подшипников.

Таблица 2

Расчетные коэффициенты для однорядных радиальных шарикоподшипников из нержавеющей стали

$f_0 F_a/C_0$	e	γ
0,172	0,19	2,30
0,345	0,22	1,99
0,689	0,26	1,71
1,03	0,28	1,55
1,38	0,30	1,45
2,07	0,34	1,31
3,45	0,38	1,15
5,17	0,42	1,04
6,89	0,44	1,00

Расчет промежуточных величин производится методом линейной интерполяции

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

$$P = F_r \quad \text{когда } F_a/F_r \leq e$$

$$P = 0,56 F_r + Y F_a \quad \text{когда } F_a/F_r > e$$

Коэффициенты e , X и Y зависят от отношения $f_0 F_a/C_0$, где f_0 – расчетный коэффициент (→ таблицы подшипников), F_a – осевая составляющая нагрузки и C_0 – статическая грузоподъемность.

Они также зависят от величины радиального внутреннего зазора. Для подшипников с нормальным внутренним зазором и обычными посадками (табл. 2, 4 и 5 на стр. 169–171), величины e и Y , приведены в табл. 2.

Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

При $P_0 < F_r$ следует принять $P_0 = F_r$.

Дополнительные обозначения

Ниже приводится список и значение суффиксов, используемых для обозначения определенных характеристик радиальных шарикоподшипников SKF из нержавеющей стали.

R Фланец на наружном кольце.

VT378 Нетоксичная пластичная смазка (допускается контакт с продуктами питания)

2RS1 Уплотнение из бутадиенакрилнитрильного каучука (NBR), армированное листовой сталью, с обеих сторон подшипника

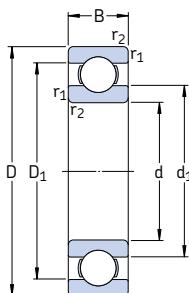
2Z Штампованные стальные защитные шайбы с обеих сторон подшипника

2ZR Фланец на наружном кольце и штампованные стальные защитные шайбы с обеих сторон подшипника

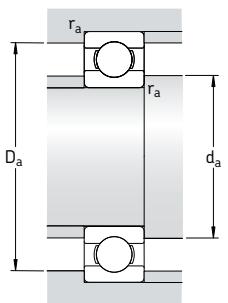
Конструкция подшипниковых узлов

В большинстве случаев поперечное сечение колец радиального шарикоподшипника из нержавеющей стали очень тонкое. Поскольку торцы колец также очень малы, необходимо убедиться в том, что размеры сопряженных деталей согласуются с размерами подшипника, а сами детали выполнены с требуемой точностью.

**Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали
d 1 – 10 мм**

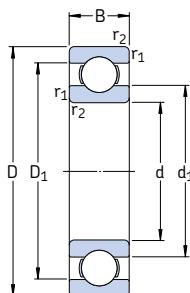


Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости	Частота вращения	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0	P_u	номиналь- ная	предель- ная	
мм			кН		кН	об/мин	кг	–
1	3	1	0,056	0,017	0,00075	240 000	150 000	0,000036
2	5	1,5	0,133	0,045	0,002	85 000	100 000	0,00015
3	6	3	0,178	0,057	0,0025	170 000	110 000	0,00035
	10	4	0,39	0,129	0,0056	130 000	80 000	0,0016
4	9	2,5	0,449	0,173	0,0075	140 000	85 000	0,0007
	11	4	0,605	0,224	0,0098	130 000	80 000	0,0019
	12	4	0,676	0,27	0,012	120 000	75 000	0,0024
	13	5	0,793	0,28	0,012	110 000	67 000	0,0031
5	11	3	0,54	0,245	0,011	120 000	75 000	0,0012
	13	4	0,741	0,325	0,014	110 000	67 000	0,0023
	16	5	0,923	0,365	0,016	95 000	60 000	0,0050
6	13	3,5	0,741	0,335	0,015	110 000	67 000	0,0020
	15	5	1,04	0,455	0,02	100 000	63 000	0,0039
	19	6	1,86	0,915	0,04	80 000	50 000	0,0084
7	17	5	1,24	0,54	0,024	90 000	56 000	0,0049
	19	6	1,86	0,915	0,04	85 000	53 000	0,0075
	22	7	2,76	1,32	0,057	70 000	45 000	0,013
8	16	4	1,12	0,55	0,024	90 000	56 000	0,0030
	19	6	1,59	0,71	0,031	80 000	50 000	0,0071
	22	7	2,76	1,32	0,057	75 000	48 000	0,012
9	17	4	1,19	0,62	0,027	85 000	53 000	0,0034
	20	6	1,74	0,83	0,036	80 000	48 000	0,0076
	24	7	3,12	1,6	0,071	70 000	43 000	0,014
	26	8	3,9	1,9	0,083	60 000	38 000	0,020
10	15	3	0,715	0,425	0,018	85 000	56 000	0,0014
	19	5	1,14	0,57	0,025	80 000	48 000	0,0055
	22	6	1,74	0,815	0,036	75 000	45 000	0,010
	26	8	3,9	1,9	0,083	67 000	40 000	0,019
	30	9	4,23	2,28	0,1	56 000	34 000	0,032
	35	11	6,76	3,25	0,143	50 000	32 000	0,053

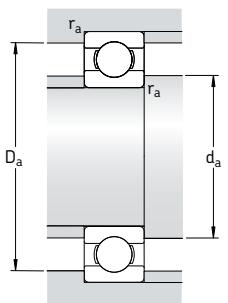


Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	мм	мм	~	~
1	1,6	2,4	0,05	1,4	2,6	0,05	0,015	10
2	2,7	3,9	0,08	2,5	4,5	0,08	0,015	11
3	4,2 4,8	4,9 7,1	0,08 0,15	3,5 4,4	5,5 8,6	0,08 0,1	0,020 0,025	11 8,2
4	5,2 6,2 6,2 7	7,5 9 9 10,5	0,1 0,15 0,2 0,2	4,6 4,8 5,4 5,8	8,4 10,2 10,6 11,2	0,1 0,1 0,2 0,2	0,015 0,020 0,025 0,025	10 8,1 8,3 7,7
5	6,8 7,5 8,5	9,2 10,5 12,5	0,15	5,8	10,2	0,1	0,015	11
							0,020	8,8
							0,025	8
6	8 8,2 10,1	11 11,7 15	0,15 0,2 0,3	6,8 7,4 8,4	11,2 13,6 16,6	0,1 0,2 0,3	0,015 0,020 0,025	11 8,4 12
7	10,4 10,1 12,1	13,6 15 18	0,3	9 9 9,4	15 17 19,6	0,3 0,3 0,3	0,020 0,025 0,025	8,9 12 12
8	10,5 10,5 12,1	13,5 15,5 18	0,2	9,4 10 10	14,6 17 20	0,2 0,3 0,3	0,015 0,020 0,025	11 8,8 12
9	11,5 11,6 13,8 14,5	14,5 16,2 19,5 21,3	0,2	10,4 11 11 11,4	15,6 18 22 23,6	0,2 0,3 0,3 0,3	0,015 0,020 0,025 0,025	11 11 13 12
10	11,2 12,7 13,9 14,2 17,6 17,7	13,6 16,3 18,2 21 23,8 27,4	0,15	10,8 12 12 12 14,2 14,2	14,2 17 20 24 25,8 30,8	0,1 0,3 0,3 0,3 0,6 0,6	0,015 0,015 0,020 0,025 0,025 0,030	16 9,4 9,3 12 13 11

**Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали
d 12 – 50 мм**

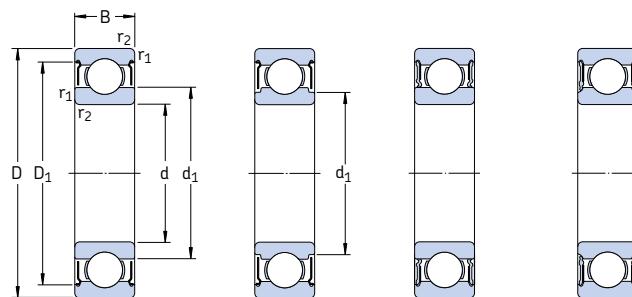


Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0	кН	кН	об/мин	кг	-
12	21	5	1,21	0,64	0,028	70 000	43 000	0,0063	W 61801
	24	6	1,9	0,95	0,043	67 000	40 000	0,011	W 61901
	28	8	4,23	2,28	0,1	60 000	38 000	0,022	W 6001
	32	10	5,85	3	0,132	50 000	32 000	0,037	W 6201
	37	12	8,19	4,05	0,176	45 000	28 000	0,060	W 6301
15	24	5	1,3	0,78	0,034	60 000	38 000	0,0074	W 61802
	28	7	3,64	2,16	0,095	56 000	34 000	0,016	W 61902
	32	9	4,68	2,75	0,12	50 000	32 000	0,030	W 6002
	35	11	6,5	3,65	0,16	43 000	28 000	0,045	W 6202
	42	13	9,56	5,2	0,228	38 000	24 000	0,085	W 6302
17	30	7	3,9	2,45	0,108	56 000	28 000	0,018	W 61903
	35	10	5,07	3,15	0,137	45 000	28 000	0,039	W 6003
	40	12	8,06	4,65	0,2	38 000	24 000	0,065	W 6203
	47	14	11,4	6,3	0,275	34 000	22 000	0,12	W 6303
20	32	7	3,38	2,24	0,104	45 000	28 000	0,018	W 61804
	42	12	7,93	4,9	0,212	38 000	24 000	0,069	W 6004
	47	14	10,8	6,4	0,28	32 000	20 000	0,11	W 6204
	52	15	13,5	7,65	0,335	30 000	19 000	0,14	W 6304
25	47	12	8,52	5,7	0,25	32 000	20 000	0,08	W 6005
	52	15	11,9	7,65	0,335	28 000	18 000	0,13	W 6205
	62	17	17,2	10,8	0,475	24 000	16 000	0,23	W 6305
30	55	13	11,1	8	0,355	28 000	17 000	0,12	W 6006
	62	16	16,3	10,8	0,475	24 000	15 000	0,2	W 6206
	72	19	22,5	14,6	0,64	20 000	13 000	0,35	W 6306
35	62	14	13,5	10	0,44	24 000	15 000	0,16	W 6007
	72	17	21,6	14,6	0,655	20 000	13 000	0,29	W 6207
40	68	15	14	10,8	0,49	22 000	14 000	0,19	W 6008
	80	18	24,7	17,3	0,75	18 000	11 000	0,37	W 6208
45	75	16	17,8	14,6	0,64	20 000	12 000	0,25	W 6009
	85	19	27,6	19,6	0,865	17 000	11 000	0,41	W 6209
50	80	16	18,2	16	0,71	18 000	11 000	0,26	W 6010
	90	20	29,6	22,4	0,98	15 000	10 000	0,46	W 6210



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	мм	мм	~	~
12	14,8 16 17,2 18,5 19,3	18,3 20,3 24,1 26,2 29,9	0,3 0,3 0,3 0,6 1	14 14 14 16,2 17,6	19 22 26 27,8 31,4	0,3 0,3 0,3 0,6 1	0,015 0,020 0,025 0,025 0,030	9,7 9,7 13 12 11
15	17,8 18,8 20,2 21,7 24,5	21,3 24,2 27 29,5 34,9	0,3 0,3 0,3 0,6 1	17 17 17 19,2 20,8	22 26 30 30,8 36,2	0,3 0,3 0,3 0,6 1	0,015 0,020 0,025 0,025 0,030	10 14 14 13 12
17	21 23,5 24,9 27,5	26,8 30,1 33,6 38,9	0,3 0,3 0,6 1	19 19 21,2 22,8	28 33 35,8 41,2	0,3 0,3 0,6 1	0,020 0,025 0,025 0,030	15 14 13 12
20	23,2 27,6 29,5 30	28,2 35,7 39,5 41,7	0,3 0,6 0,6 1,1	22 23,2 25,2 27	30 38,8 41,8 45	0,3 0,6 1 1	0,015 0,025 0,025 0,030	15 14 13 12
25	31,7 34 38,1	40,2 44,2 51	0,6 1 1,1	28,2 30,6 32	43,8 46,4 55	0,6 1 1	0,025 0,025 0,030	15 14 13
30	38 40,7 44,9	47,3 52,8 59,3	1 1 1,1	34,6 35,6 37	50,4 56,4 65	1 1 1	0,025 0,025 0,030	15 14 13
35	44 47,6	54,3 61,6	1 1,1	39,6 42	57,4 65	1 1	0,025 0,025	15 14
40	49,2 52,9	59,5 67,2	1 1,1	44,6 47	63,4 73	1 1	0,025 0,025	15 14
45	54,5 56,6	65,8 71,8	1 1,1	49,6 52	70,4 78	1 1	0,025 0,025	15 14
50	60 63,5	71 78,7	1 1,1	54,6 57	75,4 83	1 1	0,025 0,025	15 14

**Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали с уплотнениями
d 1,5 – 7 мм**



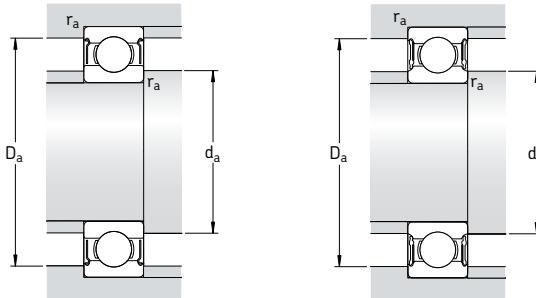
2Z

2Z

2RS1

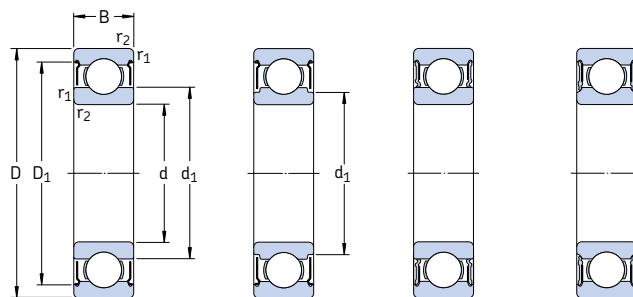
2RS1

Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номинальная	предельная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0				кг	–
1,5	4	2	0,114	0,034	0,0015	220 000	110 000	0,00014	W 638/1.5-2Z
2	5	2,3	0,156	0,048	0,002	190 000	95 000	0,00018	W 638/2-2Z
	6	3	0,238	0,075	0,0034	180 000	90 000	0,00035	W 639/2-2Z
3	6	3	0,176	0,057	0,0025	170 000	85 000	0,00035	W 637/3-2Z
	7	3	0,216	0,085	0,0036	160 000	80 000	0,00045	W 638/3-2Z
	8	3	0,39	0,129	0,0056	150 000	75 000	0,00067	W 619/3-2Z
	8	4	0,39	0,129	0,0056	150 000	75 000	0,00080	W 639/3-2Z
10	4	3,9	0,129	0,0056	130 000	63 000	0,0015	W 623-2Z	
	9	3,5	0,449	0,173	0,0075	140 000	70 000	0,0010	W 628/4-2Z
4	9	4	0,449	0,173	0,0075	140 000	70 000	0,0010	W 638/4-2Z
	11	4	0,605	0,224	0,0098	130 000	63 000	0,0017	W 619/4-2Z
12	4	0,676	0,27	0,012	120 000	60 000	0,0023	W 604-2Z	
	13	5	0,793	0,28	0,012	110 000	53 000	0,0031	W 624-2Z
	13	5	0,793	0,28	0,012	–	32 000	0,0031	W 624-2RS1
5	8	2,5	0,14	0,057	0,0025	140 000	70 000	0,00034	W 627/5-2Z
	11	4	0,54	0,245	0,011	120 000	60 000	0,00062	W 628/5-2Z
	11	5	0,54	0,245	0,011	120 000	60 000	0,0019	W 638/5-2Z
	13	4	0,741	0,325	0,014	110 000	53 000	0,0025	W 619/5-2Z
16	5	0,923	0,365	0,016	95 000	48 000	0,0050	W 625-2Z	
	16	5	0,923	0,365	0,016	–	28 000	0,0050	W 625-2RS1
	19	6	1,86	0,915	0,04	80 000	40 000	0,0090	W 635-2Z
6	10	3	0,319	0,137	0,0061	120 000	60 000	0,0007	W 627/6-2Z
	13	5	0,741	0,335	0,015	110 000	53 000	0,0027	W 628/6-2Z
	15	5	1,04	0,455	0,02	100 000	50 000	0,0037	W 619/6-2Z
	19	6	1,86	0,915	0,04	80 000	40 000	0,0087	W 626-2Z
	19	6	1,86	0,915	0,04	–	24 000	0,0087	W 626-2RS1
7	11	3	0,291	0,127	0,0056	110 000	56 000	0,0007	W 627/7-2Z
	14	5	0,806	0,39	0,017	100 000	50 000	0,0030	W 628/7-2Z
	17	5	1,24	0,54	0,024	90 000	45 000	0,0050	W 619/7-2Z
19	6	1,86	0,915	0,04	85 000	43 000	0,0082	W 607-2Z	
	19	6	1,86	0,915	0,04	–	24 000	0,0082	W 607-2RS1
	22	7	2,76	1,32	0,057	70 000	36 000	0,013	W 627-2Z



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	~	~	~	~
1,5	2,1	3,5	0,05	1,9	3,6	0,05	0,015	9,5
2	2,7	4,4	0,08	2,5	4,5	0,08	0,015	11
	3	5,4	0,15	2,8	5,2	0,1	0,015	10
3	4,2	5,4	0,08	3,5	5,6	0,08	0,020	11
	3,9	6,4	0,1	3,6	6,4	0,1	0,015	11
	5	7,4	0,15	3,8	7,2	0,1	0,020	9,5
	4,4	7,3	0,15	3,8	7,2	0,1	0,020	9,5
	4,4	8	0,15	4,4	8,6	0,1	0,025	8,2
4	5,2	8,1	0,1	4,6	8,4	0,1	0,015	10
	5,2	8,1	0,1	4,6	8,4	0,1	0,015	10
	5,6	9,9	0,15	4,8	10,2	0,1	0,020	8,1
	5,6	9,9	0,2	5,4	10,6	0,2	0,025	8,3
	6	11,4	0,2	5,8	11,2	0,2	0,025	7,7
	6	11,4	0,2	5,8	11,2	0,2	0,025	7,7
5	5,8	7,4	0,08	5,5	7,5	0,08	0,015	10
	6,8	9,9	0,15	5,8	10,2	0,1	0,015	11
	6,2	9,9	0,15	5,8	10,2	0,1	0,015	11
	6,6	11,2	0,2	6,4	11,6	0,2	0,020	8,8
	7,5	13,8	0,3	7,4	13,6	0,3	0,025	8
	7,5	13,8	0,3	7,4	13,6	0,3	0,025	8
	8,5	16,5	0,3	7,4	16,6	0,3	0,030	12
6	7	9,3	0,1	6,6	9,4	0,1	0,015	10
	7,4	11,7	0,15	6,8	11,2	0,1	0,015	11
	7,5	13	0,2	7,4	13,6	0,2	0,020	8,4
	8,5	16,5	0,3	8,4	16,6	0,3	0,025	12
	8,5	16,5	0,3	8,4	16,6	0,3	0,025	12
7	8	10,3	0,1	7,6	10,4	0,1	0,015	10
	8,5	12,7	0,15	7,8	13,2	0,1	0,015	11
	9,3	14,3	0,3	9	15	0,3	0,020	8,9
9	16,5	0,3	9	17	0,3	0,025	12	
9	16,5	0,3	9	17	0,3	0,025	12	
10,5	19	0,3	9,4	19,6	0,3	0,025	12	

**Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали
d 8 – 12 мм**



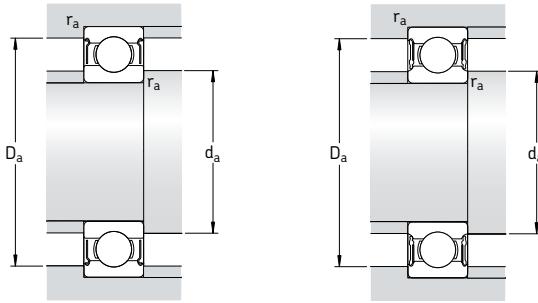
2Z

2Z

2RS1

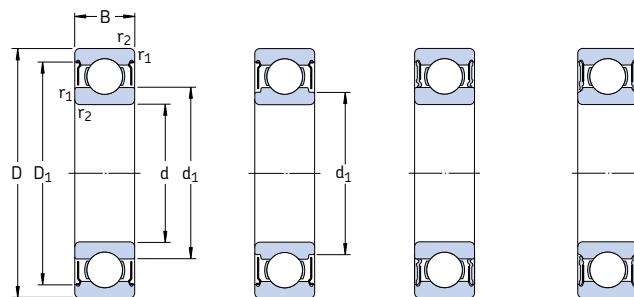
2RS1

Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номинальная	предельная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0				кг	–
мм			кН		кН	об/мин			
8	16	5	1,12	0,55	0,024	90 000	45 000	0,0040	W 628/8-2Z
	16	6	1,12	0,55	0,024	90 000	45 000	0,0043	W 638/8-2Z
	19	6	1,59	0,71	0,031	80 000	40 000	0,0076	W 619/8-2Z
	19	6	1,46	0,6	1,6	–	24 000	0,0071	W 619/8-2RS1
	22	7	2,76	1,32	0,057	75 000	38 000	0,013	W 608-2Z
	22	7	2,76	1,32	0,057	–	22 000	0,013	W 608-2RS1
9	17	5	1,19	0,62	0,027	85 000	43 000	0,0044	W 628/9-2Z
	20	6	1,74	0,83	0,036	80 000	38 000	0,0085	W 619/9-2Z
	24	7	3,12	1,6	0,071	70 000	34 000	0,016	W 609-2Z
	26	8	3,9	1,9	0,083	60 000	30 000	0,022	W 629-2Z
10	19	5	1,14	0,57	0,025	80 000	38 000	0,0056	W 61800-2Z
	19	7	1,14	0,57	0,025	80 000	38 000	0,0074	W 63800-2Z
	22	6	1,74	0,815	0,036	75 000	36 000	0,010	W 61900-2Z
	26	8	3,9	1,9	0,083	67 000	34 000	0,019	W 6000-2Z
	26	8	3,9	1,9	0,083	–	19 000	0,019	W 6000-2RS1
	30	9	4,23	2,28	0,1	56 000	28 000	0,032	W 6200-2Z
	30	9	4,23	2,28	0,1	–	17 000	0,032	W 6200-2RS1
	35	11	6,76	3,25	0,143	50 000	26 000	0,053	W 6300-2Z
	35	11	6,76	3,25	0,143	–	15 000	0,053	W 6300-2RS1
12	21	5	1,21	0,64	0,028	70 000	36 000	0,0065	W 61801-2Z
	24	6	1,9	0,95	0,043	67 000	32 000	0,012	W 61901-2Z
	28	8	4,23	2,28	0,1	60 000	30 000	0,022	W 6001-2Z
	28	8	4,23	2,28	0,1	–	17 000	0,022	W 6001-2RS1
	32	10	5,85	3	0,132	50 000	26 000	0,037	W 6201-2Z
	32	10	5,85	3	0,132	–	15 000	0,037	W 6201-2RS1
	37	12	8,19	4,05	0,176	45 000	22 000	0,06	W 6301-2Z
	37	12	8,19	4,05	0,176	–	14 000	0,06	W 6301-2RS1



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	~	~	~	~
8	9,6	14,2	0,2	9,4	14,6	0,2	0,015	11
	9,6	14,2	0,2	9,4	14,6	0,2	0,015	11
9	9,8	16,7	0,3	9,8	17	0,3	0,020	8,8
	9,8	16,7	0,3	9,8	17	0,3	0,020	8,8
10	10,5	19	0,3	10	20	0,3	0,025	12
	10,5	19	0,3	10	20	0,3	0,025	12
9	10,7	15,2	0,2	10,4	15,6	0,2	0,015	11
	11,6	17,5	0,3	11	18	0,3	0,020	11
10	12,1	20,5	0,3	11	22	0,3	0,025	13
	13,9	22,4	0,3	11,4	23,6	0,3	0,025	12
10	11,8	17,2	0,3	11,8	17	0,3	0,015	9,4
	11,8	17,2	0,3	11,8	17	0,3	0,015	9,4
	13,2	19,4	0,3	12	20	0,3	0,020	9,3
12	12,9	22,4	0,3	12	24	0,3	0,025	12
	12,9	22,4	0,3	12	24	0,3	0,025	12
12	15,3	25,3	0,6	14,2	25,8	0,6	0,025	13
	15,3	25,3	0,6	14,2	25,8	0,6	0,025	13
12	17,7	29,3	0,6	14,2	30,8	0,6	0,030	11
	17,7	29,3	0,6	14,2	30,8	0,6	0,030	11
12	13,8	19,2	0,3	13,8	19	0,3	0,015	9,7
	15,4	21,4	0,3	14	22	0,3	0,020	9,7
12	17,2	25,5	0,3	14	26	0,3	0,025	13
	17,2	25,5	0,3	14	26	0,3	0,025	13
12	18,5	28	0,6	16,2	27,8	0,6	0,025	12
	18,5	28	0,6	16,2	27,8	0,6	0,025	12
12	19,3	31,9	1	17,6	31,4	1	0,030	11
	19,3	31,9	1	17,6	31,4	1	0,030	11

**Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали
d 15 – 20 мм**



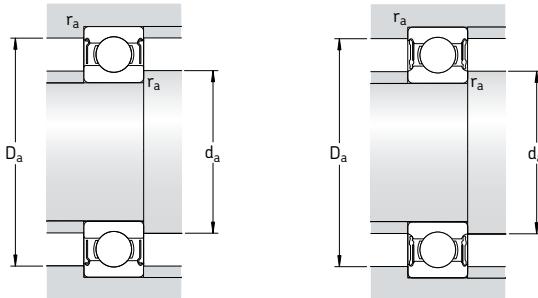
2Z

2Z

2RS1

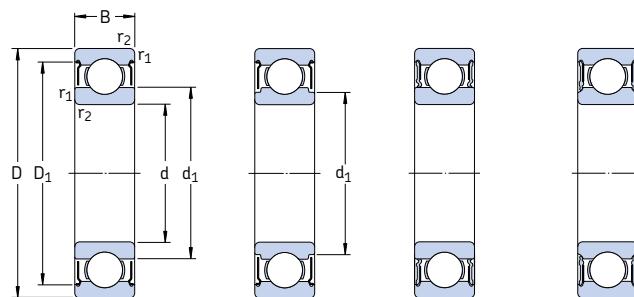
2RS1

Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предел- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0				кг	–
мм			кН		кН	об/мин			
15	24	5	1,3	0,78	0,034	60 000	30 000	0,0076	W 61802-2Z
	28	7	3,64	2,16	0,095	56 000	28 000	0,019	W 61902-2Z
	28	7	3,64	2,16	0,095	–	16 000	0,019	W 61902-2RS1
	32	9	4,68	2,75	0,12	50 000	26 000	0,030	W 6002-2Z
	32	9	4,68	2,75	0,12	–	14 000	0,030	W 6002-2RS1
	35	11	6,5	3,65	0,16	43 000	22 000	0,045	W 6202-2Z
	35	11	6,5	3,65	0,16	–	13 000	0,045	W 6202-2RS1
	42	13	9,56	5,2	0,228	38 000	19 000	0,082	W 6302-2Z
	42	13	9,56	5,2	0,228	–	12 000	0,082	W 6302-2RS1
17	26	5	1,4	0,9	0,039	56 000	34 000	0,0082	W 61803-2Z
	30	7	3,9	2,45	0,108	50 000	32 000	0,019	W 61903-2Z
	30	7	3,9	2,45	0,108	–	14 000	0,019	W 61903-2RS1
	35	10	5,07	3,15	0,137	45 000	22 000	0,039	W 6003-2Z
	35	10	5,07	3,15	0,137	–	13 000	0,039	W 6003-2RS1
	40	12	8,06	4,65	0,2	38 000	19 000	0,065	W 6203-2Z
	40	12	8,06	4,65	0,2	–	12 000	0,065	W 6203-2RS1
	47	14	11,4	6,3	0,275	34 000	17 000	0,12	W 6303-2Z
	47	14	11,4	6,3	0,275	–	11 000	0,12	W 6303-2RS1
20	32	7	3,38	2,24	0,104	–	13 000	0,018	W 61804-2RS1
	37	9	5,4	3,55	0,156	–	12 000	0,04	W 61904-2RS1
	42	12	7,93	4,9	0,212	38 000	19 000	0,069	W 6004-2Z
	42	12	7,93	4,9	0,212	–	11 000	0,069	W 6004-2RS1
	47	14	10,8	6,4	0,28	32 000	17 000	0,11	W 6204-2Z
	47	14	10,8	6,4	0,28	–	10 000	0,11	W 6204-2RS1
	52	15	13,5	7,65	0,335	30 000	15 000	0,14	W 6304-2Z
	52	15	13,5	7,65	0,335	–	9 500	0,14	W 6304-2RS1



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	мм	мм	—	—
15	16,8 18,8 18,8	22,2 25,3 25,3	0,3 0,3 0,3	16,8 17 17	22 26 26	0,3 0,3 0,3	0,015 0,020 0,020	10 14 14
	20,2 20,2	28,7 28,7	0,3 0,3	17 17	30 30	0,3 0,3	0,025 0,025	14 14
	21,7 21,7	31,4 31,4	0,6 0,6	19,2 19,2	30,8 30,8	0,6 0,6	0,025 0,025	13 13
	24,5 24,5	36,8 36,8	1 1	20,8 20,8	36,2 36,2	1 1	0,030 0,030	12 12
17	18,8 21 21	24,3 27,8 27,8	0,3 0,3 0,3	18,8 19 19	24 28 28	0,3 0,3 0,3	0,015 0,020 0,020	10 15 15
	23,5 23,5	31,9 31,9	0,3 0,3	19 19	33 33	0,3 0,3	0,025 0,025	14 14
	24,9 24,9	35,8 35,8	0,6 0,6	21,2 21,2	35,8 35,8	0,6 0,6	0,025 0,025	13 13
	27,5 27,5	41,1 41,1	1 1	22,8 22,8	41,2 41,2	1 1	0,030 0,030	12 12
20	22,6 23,6	29,5 33,5	0,3 0,3	22 22	30 35	0,3 0,3	0,015 0,020	15 15
	27,6 27,6	38,7 38,7	0,6 0,6	23,2 23,2	38,8 38,8	0,6 0,6	0,025 0,025	14 14
	29,5 29,5	40,9 40,9	1 1	25,2 25,2	41,8 41,8	1 1	0,025 0,025	13 13
	30 30	45,4 45,4	1,1 1,1	27 27	45 45	1 1	0,030 0,030	12 12

**Радиальные шарикоподшипники из нержавеющей стали
d 25 – 50 мм**



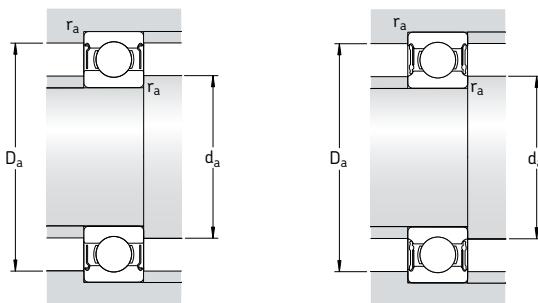
2Z

2Z

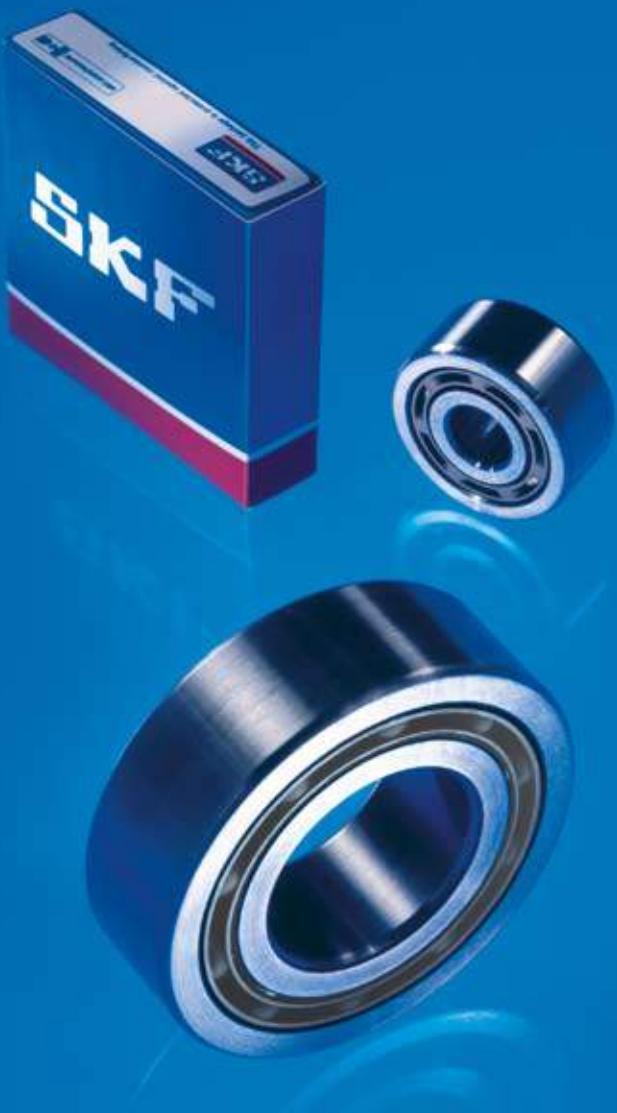
2RS1

2RS1

Основные размеры			Грузоподъемность дин. стат.		Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номинальная	предельная	Масса	Обозначение
d	D	B	C	C_0				кг	–
мм			кН		кН	об/мин			
25	42 47	9 12	5,92 8,52	4,15 5,7	0,193 0,25	– 32 000	10 000 16 000	0,047 0,08	W 61905-2ZS1 W 6005-2Z
	47 52 52	12 15 15	8,52 11,9 11,9	5,7 7,65 7,65	0,25 0,335 0,335	– 28 000 –	9 500 14 000 8 500	0,08 0,13 0,13	W 6005-2RS1 W 6205-2Z W 6205-2RS1
	62 62	17 17	17,2 17,2	10,8 10,8	0,475 0,475	24 000 –	13 000 7 500	0,23 0,23	W 6305-2Z W 6305-2RS1
30	55 55	13 13	11,1 11,1	8 8	0,355 0,355	28 000 –	14 000 8 000	0,12 0,12	W 6006-2Z W 6006-2RS1
	62 62	16 16	16,3 16,3	10,8 10,8	0,475 0,475	24 000 –	12 000 7 500	0,2 0,2	W 6206-2Z W 6206-2RS1
	72 72	19 19	22,5 22,5	14,6 14,6	0,64 0,64	20 000 –	11 000 6 300	0,35 0,35	W 6306-2Z W 6306-2RS1
35	62 62	14 14	13,5 13,5	10 10	0,44 0,44	24 000 –	12 000 7 000	0,16 0,16	W 6007-2Z W 6007-2RS1
	72 72	17 17	21,6 21,6	14,6 14,6	0,655 0,655	20 000 –	10 000 6 300	0,29 0,29	W 6207-2Z W 6207-2RS1
40	68 68	15 15	14 14	10,8 10,8	0,49 0,49	22 000 –	11 000 6 300	0,19 0,19	W 6008-2Z W 6008-2RS1
	80 80	18 18	24,7 24,7	17,3 17,3	0,75 0,75	18 000 –	9 000 5 600	0,37 0,37	W 6208-2Z W 6208-2RS1
45	75 75	16 16	17,8 17,8	14,6 14,6	0,64 0,64	20 000 –	10 000 5 600	0,25 0,25	W 6009-2Z W 6009-2RS1
	85 85	19 19	27,6 27,6	19,6 19,6	0,865 0,865	17 000 –	8 500 5 000	0,41 0,41	W 6209-2Z W 6209-2RS1
50	80 80	16 16	18,2 18,2	16 16	0,71 0,71	18 000 –	9 000 5 000	0,26 0,26	W 6010-2Z W 6010-2RS1
	90 90	20 20	29,6 29,6	22,4 22,4	0,98 0,98	15 000 –	8 000 4 800	0,46 0,46	W 6210-2Z W 6210-2RS1



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f ₀
мм	~	~	мм	мм	мм	мм	—	—
25	30,9 31,7	39,5 42,7	0,3 0,6	27 28,2	40 43,8	0,3 0,6	0,020 0,025	15 15
	31,7 34 34	42,7 45,7 45,7	0,6 1 1	28,2 30,6 30,6	43,8 46,4 46,4	0,6 1 1	0,025 0,025 0,025	15 14 14
	38,1 38,1	53,2 53,2	1,1 1,1	32 32	55 55	1 1	0,030 0,030	13 13
30	38 38	49,9 49,9	1 1	34,6 34,6	50,4 50,4	1 1	0,025 0,025	15 15
	40,7 40,7	55,1 55,1	1 1	35,6 35,6	56,4 56,4	1 1	0,025 0,025	14 14
	44,9 44,9	62,4 62,4	1,1 1,1	37 37	65 65	1 1	0,030 0,030	13 13
35	44 44	57,1 57,1	1 1	39,6 39,6	57,4 57,4	1 1	0,025 0,025	15 15
	47,6 47,6	64,9 64,9	1,1 1,1	42 42	65 65	1 1	0,025 0,025	14 14
40	49,2 49,2	62,5 62,5	1 1	44,6 44,6	63,4 63,4	1 1	0,025 0,025	15 15
	52,9 52,9	70,8 70,8	1,1 1,1	47 47	73 73	1 1	0,025 0,025	14 14
45	54,5 54,5	69 69	1 1	49,6 49,6	70,4 70,4	1 1	0,025 0,025	15 15
	56,6 56,6	74,5 74,5	1,1 1,1	52 52	78 78	1 1	0,025 0,025	14 14
50	60 60	74,6 74,6	1 1	54,6 54,6	75,4 75,4	1 1	0,025 0,025	15 15
	63,5 63,5	81,4 81,4	1,1 1,1	57 57	83 83	1 1	0,025 0,025	14 14



Двухрядные радиальные шарикоподшипники

Конструкции	392
Подшипники – основные сведения	392
Размеры	392
Допуски	392
Внутренний зазор	392
Перекос	392
Сепараторы	392
Минимальная нагрузка	393
Осевая грузоподъемность	393
Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник	393
Эквивалентная статическая нагрузка на подшипник	393
Таблица подшипников	394

Конструкции

Конструкция двухрядных радиальных шарикоподшипников (**→ рис. 1**) аналогична конструкции однорядных радиальных шарикоподшипников. Они имеют глубокие дорожки качения, радиус кривизны которых близок к размеру шариков, и помимо радиальных нагрузок, способны воспринимать осевые нагрузки, действующие в обоих направлениях.

Двухрядные радиальные шарикоподшипники идеально подходят для тех случаев, когда грузоподъемность однорядного радиального шарикоподшипника оказывается недостаточной. При одинаковых наружном диаметре и диаметре отверстия двухрядные радиальные шарикоподшипники лишь немногого шире

однорядных подшипников, но обладают значительно большей грузоподъемностью, чем однорядные подшипники серий 62 и 63.

Подшипники – основные сведения

Размеры

Основные размеры двухрядных радиальных шарикоподшипников соответствуют стандарту ISO 15:1998.

Допуски

Двухрядные радиальные шарикоподшипники изготавливаются по нормальному классу точности, величины допусков соответствуют ISO 492:2002 и приведены в **табл. 3** на стр. 125.

Внутренний зазор

Стандартные двухрядные радиальные шарикоподшипники выпускаются с нормальным радиальным внутренним зазором. Величины внутренних зазоров соответствуют ISO 5753:1991 и представлены в **табл. 4** на стр. 297.

Перекос

Перекос внутреннего кольца по отношению к наружному кольцу может быть компенсирован только за счет приложения излишней силы, что приводит к увеличению нагрузки на шарики и сепаратор и сокращает срок службы подшипника. По этой причине максимально допустимый угловой перекос не должен превышать двух угловых минут. Следует отметить, что любой перекос вызывает заметное увеличение вибрации и шума подшипника в процессе эксплуатации.

Сепараторы

Двухрядные радиальные шарикоподшипники снабжены двумя сепараторами из стеклонаполненного полиамида 6,6, центрируемыми по шарикам (**→ рис. 2**), суффикс TN9.

Рис. 1

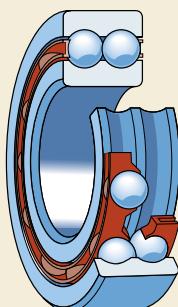
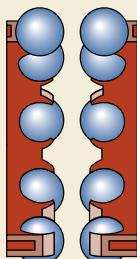


Рис. 2



Примечание

Двухрядные радиальные шарикоподшипники с сепараторами из полиамида 6,6 рассчитаны на работу при температуре до +120 °C. Смазочные материалы, обычно используемые для смазки подшипников качения, не ухудшают свойств сепараторов, за исключением некоторых сортов синтетических масел, пластичных смазок на синтетической основе и смазочных материалов, имеющих высокое содержание антиизадирных присадок и используемых в условиях высоких температур.

Более подробная информация о температурной устойчивости сепараторов и их применении представлена в разделе «Материалы сепараторов» на стр. 140.

Минимальная нагрузка

С целью обеспечения удовлетворительной работы двухрядных радиальных шарикоподшипников, равно как и всех прочих подшипников качения, на них постоянно должна воздействовать минимальная нагрузка. Это особенно важно в тех случаях, когда они работают на высоких скоростях, подвергаются воздействию высоких ускорений или быстрых изменений направления нагрузки. В таких условиях силы инерции шариков и сепаратора, а также трение в смазочном материале могут вызывать проскальзывание шариков, повреждающее дорожки качения.

Величина необходимой минимальной нагрузки, которая должна быть приложена к двухрядным радиальным шарикоподшипникам, может быть рассчитана по формуле

$$F_{rm} = k_r \left(\frac{v n}{1000} \right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100} \right)^2$$

где

F_{rm} = минимальная радиальная нагрузка, кН

k_r = коэффициент минимальной нагрузки (\rightarrow таблицы подшипников)

v = вязкость масла при рабочей температуре, $\text{мм}^2/\text{с}$

n = частота вращения, об/мин

d_m = средний диаметр подшипника = 0,5 (d + D), мм

При запуске подшипника в работу в условиях низких температур или использования высоковязких смазочных материалов могут потребо-

боваться еще большие минимальные нагрузки. Масса деталей, опирающихся на подшипник, вместе с наружными силами, как правило, превосходит необходимую минимальную нагрузку. В противном случае двухрядному радиальному шарикоподшипнику требуется дополнительная радиальная нагрузка.

Осевая грузоподъемность

При нагружении двухрядных радиальных шарикоподшипников только осевой нагрузкой величина таковой, как правило, не должна превышать величину 0,25 C_0 . Чрезмерные осевые нагрузки приводят к значительному сокращению ресурса подшипников.

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

$$\begin{aligned} P &= F_r && \text{когда } F_a/F_r \leq e \\ P &= 0,56 F_r + Y F_a && \text{когда } F_a/F_r > e \end{aligned}$$

Коэффициенты e и Y зависят от отношения $f_0 F_a/C_0$ – расчетный коэффициент (\rightarrow таблицы подшипников), F_a – осевая составляющая и C_0 – статическая грузоподъемность.

Они также зависят от величины радиального внутреннего зазора. Для подшипников с нормальным внутренним зазором и обычными посадками (табл. 2, 4 и 5 на стр. 169–171), величины e и Y приведены в табл. 1.

Эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

$$\begin{aligned} P_0 &= 0,6 F_r + 0,5 F_a \\ \text{If } P_0 < F_r, \text{ следуют принять } P_0 &= F_r. \end{aligned}$$

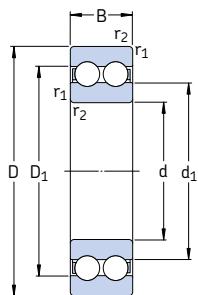
Таблица 1

Расчетные коэффициенты для двухрядных радиальных шарикоподшипников

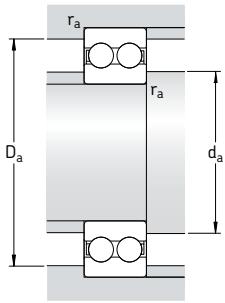
$f_0 F_a/C_0$	e	Y
0,172	0,19	2,30
0,345	0,22	1,99
0,689	0,26	1,71
1,03	0,28	1,55
1,38	0,30	1,45
2,07	0,34	1,31
3,45	0,38	1,15
5,17	0,42	1,04
6,89	0,44	1,00

Расчет промежуточных величин производится методом линейной интерполяции

Двухрядные радиальные шарикоподшипники
d 10 – 65 мм

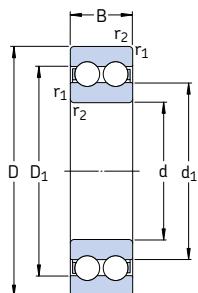


Основные размеры			Грузоподъемность дин. C	Границчная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предель- ная	Масса	Обозначение	
d	D	B	кН	кН	об/мин	об/мин	кг	–	
10	30	14	9,23	5,2	0,224	40 000	22 000	0,049	4202 ATN9
12	32	14	10,6	6,2	0,26	36 000	20 000	0,053	4201 ATN9
	37	13	7,8	0,325		34 000	18 000	0,092	4301 ATN9
15	35	14	11,9	7,5	0,32	32 000	17 000	0,059	4202 ATN9
	42	17	14,8	9,5	0,405	28 000	15 000	0,120	4302 ATN9
17	40	16	14,8	9,5	0,405	28 000	15 000	0,090	4203 ATN9
	47	19	19,5	13,2	0,56	24 000	13 000	0,16	4303 ATN9
20	47	18	17,8	12,5	0,53	24 000	13 000	0,14	4204 ATN9
	52	21	23,4	16	0,68	22 000	12 000	0,21	4304 ATN9
25	52	18	19	14,6	0,62	20 000	11 000	0,16	4205 ATN9
	62	24	31,9	22,4	0,95	18 000	10 000	0,34	4305 ATN9
30	62	20	26	20,8	0,88	17 000	9 500	0,26	4206 ATN9
	72	27	41	30	1,27	16 000	8 500	0,50	4306 ATN9
35	72	23	35,1	28,5	1,2	15 000	8 000	0,40	4207 ATN9
	80	31	50,7	38	1,63	14 000	7 500	0,69	4307 ATN9
40	80	23	37,1	32,5	1,37	13 000	7 000	0,50	4208 ATN9
	90	33	55,9	45	1,9	12 000	6 700	0,95	4308 ATN9
45	85	23	39	36	1,53	12 000	6 700	0,54	4209 ATN9
	100	36	68,9	56	2,4	11 000	6 000	1,25	4309 ATN9
50	90	23	41	40	1,7	11 000	6 000	0,58	4210 ATN9
	110	40	81,9	69,5	2,9	10 000	5 300	1,70	4310 ATN9
55	100	25	44,9	44	1,9	10 000	5 600	0,80	4211 ATN9
	120	43	97,5	83	3,45	9 000	5 000	2,15	4311 ATN9
60	110	28	57,2	55	2,36	9 500	5 300	1,10	4212 ATN9
	130	46	112	98	4,15	8 500	4 500	2,65	4312 ATN9
65	120	31	67,6	67	2,8	8 500	4 800	1,45	4213 ATN9
	140	48	121	106	4,5	8 000	4 300	3,25	4313 ATN9

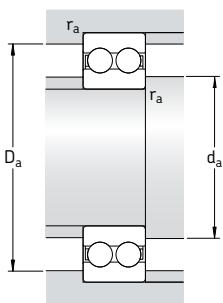


Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a макс.	r _a макс.	k _r	f _o
мм	~	~		мм			~	~
10	16,7	23,3	0,6	14,2	25,8	0,6	0,05	12
12	18,3 20,5	25,7 28,5	0,6 1	16,2 17,6	27,8 31,4	0,6 1	0,05 0,06	12
15	21,5 24,5	29 32,5	0,6 1	19,2 20,6	30,8 36,4	0,6 1	0,05 0,06	13
17	24,3 28,7	32,7 38,3	0,6 1	21,2 22,6	35,8 41,4	0,6 1	0,05 0,06	13
20	29,7 31,8	38,3 42,2	1 1,1	25,6 27	41,4 45	1 1	0,05 0,06	14
25	34,2 37,3	42,8 49,7	1 1,1	30,6 32	46,4 55	1 1	0,05 0,06	14
30	40,9 43,9	51,1 58,1	1 1,1	35,6 37	56,4 65	1 1	0,05 0,06	14
35	47,5 49,5	59,5 65,4	1,1 1,5	42 44	65 71	1 1,5	0,05 0,06	14
40	54 56,9	66 73,1	1,1 1,5	47 49	73 81	1 1,5	0,05 0,06	15
45	59,5 63,5	71,5 81,5	1,1 1,5	52 54	78 91	1 1,5	0,05 0,06	15
50	65,5 70	77,5 90	1,1 2	57 61	83 99	1 2	0,05 0,06	15
55	71,2 76,5	83,8 98,5	1,5 2	64 66	91 109	1,5 2	0,05 0,06	16
60	75,6 83,1	90,4 107	1,5 2,1	69 72	101 118	1,5 2	0,05 0,06	15
65	82,9 89,6	99,1 115	1,5 2,1	74 77	111 128	1,5 2	0,05 0,06	15

Двухрядные радиальные шарикоподшипники
d = 70 – 100 мм



Основные размеры			Грузоподъемность дин. C	Грузоподъемность стат. C_0	Граничная нагрузка по усталости P_u	Частота вращения номиналь- ная	Частота вращения предель- ная	Масса	Обозначение
d	D	B	кН	кН	об/мин			кг	–
70	125	31	70,2	73,5	3,1	8 000	4 300	1,50	4214 ATN9
	150	51	138	125	5	7 000	3 800	3,95	4314 ATN9
75	130	31	72,8	80	3,35	7 500	4 000	1,60	4215 ATN9
	160	55	156	143	5,5	6 700	3 600	4,80	4315 ATN9
80	140	33	80,6	90	3,6	7 000	3 800	2,00	4216 ATN9
85	150	36	93,6	102	4	7 000	3 600	2,55	4217 ATN9
90	160	40	112	122	4,65	6 300	3 400	3,20	4218 ATN9
100	180	46	140	156	5,6	5 600	3 000	4,70	4220 ATN9



Размеры				Размеры сопряженных деталей			Расчетные коэффициенты	
d	d ₁	D ₁	r _{1,2} МИН.	d _a МИН.	D _a МАКС.	r _a МАКС.	k _r	f _o
ММ				ММ			—	
70	89,4 96,7	106 124	1,5 2,1	79 82	116 138	1,5 2	0,05 0,06	15 14
75	96,9 103	114 132	1,5 2,1	84 87	121 148	1,5 2	0,05 0,06	16 14
80	102	120	2	91	129	2	0,05	16
85	105	125	2	96	139	2	0,05	15
90	114	136	2	101	149	2	0,05	15
100	130	154	2,1	112	168	2	0,05	15



Однорядные подшипники-опорные ролики

Конструкции	400
Подшипники – основные сведения	400
Размеры	400
Допуски	400
Внутренний зазор	400
Сепараторы	400
Грузоподъемность	400
Осевая грузоподъемность	401
Конструкция сопряженных деталей	401
Оси	401
Направляющие борта	401
Смазывание	401
Таблица подшипников	402

Конструкции

В основе однорядных подшипников – опорных роликов (→ **рис. 1**) узкой серии 3612(00) R лежит конструкция радиальных шарикоподшипников серии 62. Они имеют выпуклый профиль качения наружного кольца, армированные контактные уплотнения из бутадиен-акрилнитрильного каучука (NBR) с обеих сторон и представляют собой готовые к монтажу смазанные узлы, используемые в различных типах кулачковых приводов, конвейерных системах и т.д. Благодаря выпуклому профилю качения наружного кольца они могут использоваться даже в тех случаях, когда предполагается наличие некоторого перекоса по отношению к опорной поверхности и требуется уменьшить кромочное напряжение.

Помимо однорядных подшипников – опорных роликов, стандартный ассортимент SKF включает и другие типы подобных опорных узлов. Среди них, например:

- двухрядные подшипники – опорные ролики широкой серии 3057(00) и 3058(00), **стр. 463**
- подшипники-опорные ролики на основе игольчатых подшипников и подшипников с цилиндрическими роликами
- опорные ролики с цапфой на основе игольчатых подшипников или подшипников с цилиндрическими роликами.

Дополнительную информацию об опорных роликах и узлах можно найти в интерактивном

инженерном каталоге компании SKF на интернет-сайте www.skf.com.

Подшипники – опорные ролики: общие сведения

Размеры

За исключением наружного диаметра, основные размеры однорядных шарикоподшипников-опорных роликов соответствуют стандарту ISO 15:1998 для подшипников серии размеров 02.

Допуски

Допуски стандартных однорядных шарикоподшипников – опорных роликов SKF соответствуют нормальному классу точности, за исключением допусков на поверхности наружного кольца с выпуклым профилем качения, допуски которой соответствуют удвоенному допуску нормального класса.

Величины допусков соответствуют стандарту ISO 492:2002 и приведены в **табл. 3** на **стр. 125**.

Внутренний зазор

Стандартные однорядные подшипники – опорные ролики имеют радиальный внутренний зазор группы C3. Величины зазоров соответствуют стандарту ISO 5753:1991 и указаны в **табл. 4** на **стр. 297**.

Сепараторы

Однорядные подшипники – опорные ролики имеют штампованные стальные сепараторы, центрируемые по шарикам, без суффикса.

Грузоподъемность

В отличие от обычных шарикоподшипников, в которых вся внешняя поверхность наружного кольца опирается на поверхность в отверстии корпуса, наружное кольцо подшипника – опорного ролика имеет лишь небольшую зону контакта с поверхностью качения, например, рельсом или кулачком. Фактическая зона контакта зависит от нагрузки и состояния выпуклой поверхности наружного кольца.

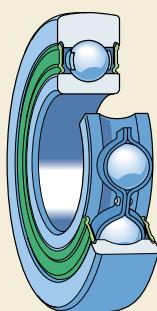


Рис. 1