

**Подшипник CARB® – лучшее решение для
плавающих опор сушильных цилиндров
бумагоделательных машин**



Содержание

Made by SKF (Сделано в СКФ) – это гарантия наивысшей производительности. Мы всегда стремимся к тому, чтобы все, что мы делаем, было бы высшего качества. Для наших потребителей выражение «Made by SKF» означает три типичных преимущества:

Надежность – как следствие прекрасной работоспособности нашей продукции, наших всемирно известных научных и технологических достижений, оптимизированных материалов, ориентированных на будущее разработок и самой современной технологии.

Экономичность – качество наших изделий в сочетании с многообразным техническим сервисом обеспечивает особенно благоприятное соотношение «цена – производительность».

Превосходство – работоспособность нашей продукции и преимущества, создаваемые нашим техническим сервисом по существу являются практическим средством обеспечения высокого уровня продаж. Длительная долговечность или сокращенные простои, большая часовая производительность, улучшенное качество продукции – вот ключи к эффективному партнерству с потребителями



<u>Почему роликподшипник CARB</u>	стр	3
<u>Тяжелые условия работы</u>		4
<u>Традиционные подшипниковые узлы</u>		6
<u>Роликподшипник CARB – лучшее решение</u>		8
<u>Применение</u>		13
<u>Группа SKF</u>		23
<u>Приложение</u>		25

Почему роликподшипник CARB® ?

“Почему роликподшипник CARB® это лучшее решение для плавающих опор сушильных и Янки цилиндров в бумагоделательных машинах?”

“Потому, что роликподшипник CARB® лучше, чем любой другой подшипник способен удовлетворить высоким требованиям, предъявляемым к данному узлу, таким как способность компенсировать перекося и осевое удлинение вала, несоосность вала и корпуса, высокие нагрузки, скорости и рабочие температуры”

“Означает ли это, что роликподшипник CARB® повышает надёжность и срок службы подшипникового узла?”

“Да, это так, и для Вас это означает: снижение потребности в запасных подшипниках качения, уменьшение плановых и особенно внеплановых простоев оборудования. Кроме того, возникает возможность более высокого нагружения подшипника, либо применения подшипника меньшего размера, что, в свою очередь, позволяет повышать рабочую скорость и снижает уровень вибраций”



Тяжелые условия работы

Сушильный цилиндр

Сушильный цилиндр нагревают паром. Температура пара устанавливается в зависимости от толщины бумаги и может варьироваться от 130⁰С до 200⁰С. Сушильная часть бумагоделательной машины (БДМ) может содержать 35-100 сушильных цилиндров.

Корпуса подшипников со стороны привода в большинстве случаев встроены в станину, из которой смазывающее масло поступает непосредственно в корпуса. В качестве опор сушильных цилиндров с приводной стороны обычно применяют сферические роликоподшипники.

Конструкция подшипникового узла “плавающей” опоры зависит, главным образом, от ширины БДМ. У машин с обрезной шириной до 4,5 метров на лицевой стороне обычно устанавливают унифицированные подшипниковые узлы, которые прочно привинчивают к станине. У более широких машин часто используют специальные корпуса.

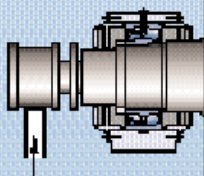
Подшипник на лицевой

стороне БДМ должен обеспечивать свободу осевого смещения вала, для того чтобы компенсировать неизбежное удлинение цилиндра при нагреве. Кроме того, нагрев цилиндра высокотемпературным паром, подаваемым через цапфу, вызывает напряжения во внутреннем кольце подшипника. Помимо того, подшипник должен быть нечувствительным к перекосам, обусловленным недостаточно тщательной выверкой подшипниковых узлов, прогибом вала под нагрузкой или осадкой фундамента. Подшипники сушильных цилиндров работают в следующих условиях:

- изменение длины цилиндра до 10 мм и более;
- высокие напряжения во внутреннем кольце, особенно при пуске БДМ, когда особенно велика разница температур цапфы и внутреннего кольца подшипника;
- неизбежный перекосяк, обусловленный раздельной установкой корпусов подшипников на расстоянии до 10 метров.

Янки-цилиндр

В основном, условия, характерные для работы сушильных цилиндров, относятся и к Янки-цилиндрам. Поэтому подшипниковый узел Янки-цилиндра в целом аналогичен опоре сушильного цилиндра. Основное различие состоит в том, что вектор результирующей нагрузки на Янки-цилиндр может быть направлен, в зависимости от направления действия и величин сил прижима, в различные стороны и даже вверх (рис. 1). В последнем случае может оказаться необходимым применение дополнительных устройств (призм или направляющих) для удержания в нужном положении корпуса плавающего подшипникового узла. Силы, порожденные действием прижимных валков, зачастую являются источником проблем, возникающих при работе узла. Более подробная информация о конструкции опор Янки-цилиндров может быть предоставлена по запросу.



Приводная сторона
БДМ

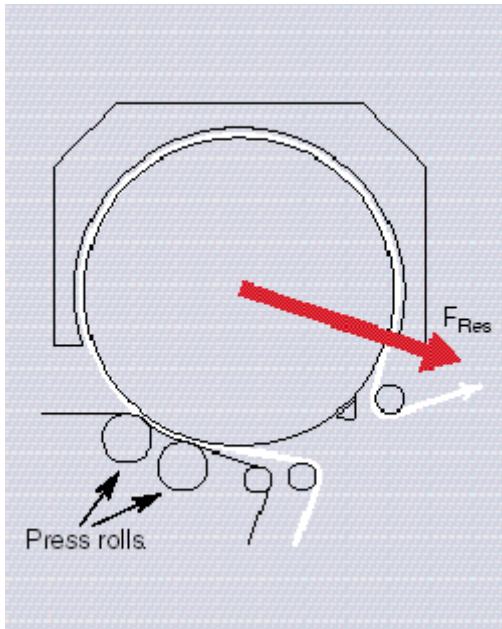


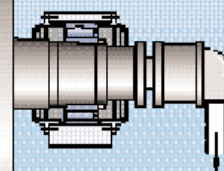
Рис.1 Янки-цилиндр

Существенное различие между подшипниковыми узлами Янки-цилиндров и сушильных цилиндров заключается в направлении вектора действия нагрузки

	Сушильный цилиндр	Янки-цилиндр
Диаметр цапфы, мм	180 - 320	340 - 670
Диаметр цилиндра, мм	1500 - 2200	3000 - 6500
Длина цилиндра, мм	2500 - 11500	2000 - 7000
Вес цилиндра, тонн	5 - 30	50 - 170
Скорость бумаги, м/мин	До 2200	До 2100 (тонкие санитарные бумаги) До 700 (картон)
Температура пара, °С	130 – 200	140 – 190

Таблица 1

Сушильные цилиндры могут быть более 10 метров длиной и до 2,2 метров диаметром



Лицевая сторона БДМ

Традиционные подшипниковые узлы

Сферические двухрядные роликоподшипники со свободной посадкой наружного кольца

У таких подшипниковых узлов (рис.2) возможность свободного осевого смещения подшипника (плавания) обеспечивается свободной посадкой наружного кольца в отверстии корпуса. Следствием движения под нагрузкой может явиться контактная коррозия, увеличение шероховатости, изменение размеров или нарушение формы отверстия вследствие износа, что, в свою очередь, приводит к возрастанию осевых нагрузок. При неблагоприятных условиях трение между наружным кольцом подшипника и корпусом может породить осевую силу, составляющую более 20% величины радиальной нагрузки, действующей на подшипник. Это приводит к значительному снижению долговечности подшипника. Поскольку устройство рамы (несущей конструкции) прежде всего у БДМ большой ширины, предназначено для

восприятия радиальной нагрузки, узлы такого типа обычно не применяются на машинах шириной более 4,5 метров.

В качестве примера: дополнительная осевая нагрузка, составляющая 15% от радиальной нагрузки, сокращает номинальную расчетную долговечность подшипника 23052CC/W33 на 70%.

Однорядный цилиндрический роликоподшипник

Цилиндрические (рис.3) роликоподшипники допускают осевое смещение колец и способны компенсировать температурное удлинение вала. Однако их грузоподъемность существенно меньше, чем у сферических роликоподшипников. Наиболее существенным недостатком рассматриваемого типа подшипников являются кромочные напряжения в роликах, возникающие при перекосах. Поэтому при установке таких подшипников требуется тщательная выверка корпусов – трудоёмкая и дорогая операция. Но и после этого через короткое время могут

снова возникнуть перекосы, например, вследствие осадки фундамента. Поэтому в настоящее время цилиндрические роликоподшипники не рекомендуют для установки в опоры сушильных цилиндров БДМ (см. также диаграмму на рис. 9).

В качестве примера: перекося на 0,15 градуса сокращает расчетную долговечность цилиндрического роликоподшипника на 90%.

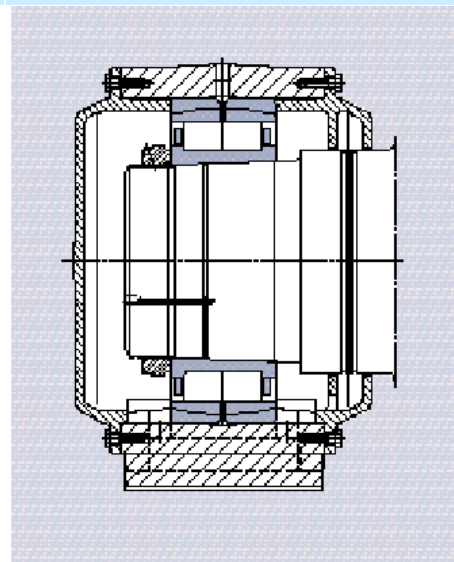
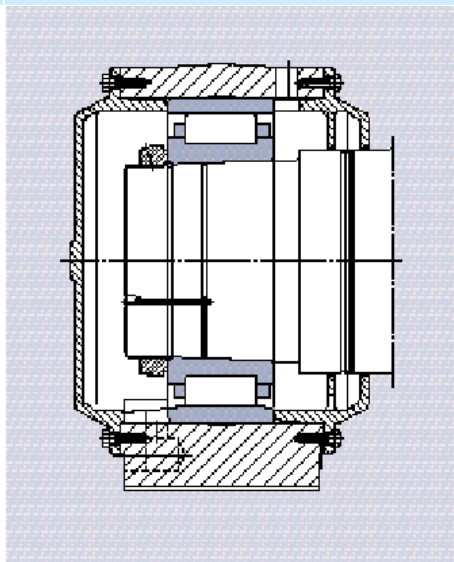
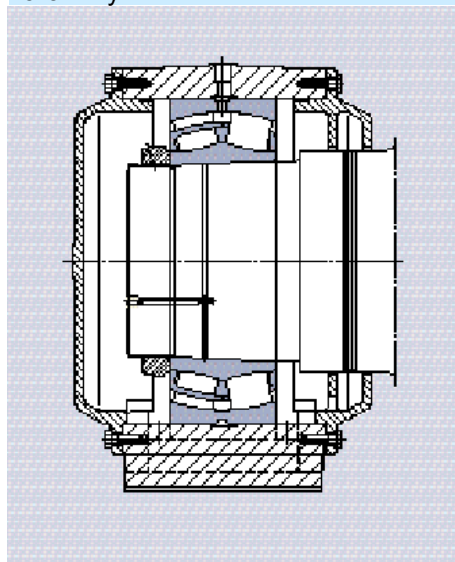
Самоустанавливающиеся двухрядные цилиндрические роликоподшипники

У этих специальных цилиндрических роликоподшипников осевые смещения вала компенсируются относительным осевым смещением колец, а перекося – поворотом наружного кольца, имеющего сферическую наружную поверхность, в опорном кольце, имеющем сферическую полость (рис.4).

Рис. 2 Трение между наружным кольцом подшипника и отверстием в корпусе является причиной осевых нагрузок на подшипник и станину

причиной кромочных напряжений между роликами и дорожками качения.

кольца снижает грузоподъемность и долговечность



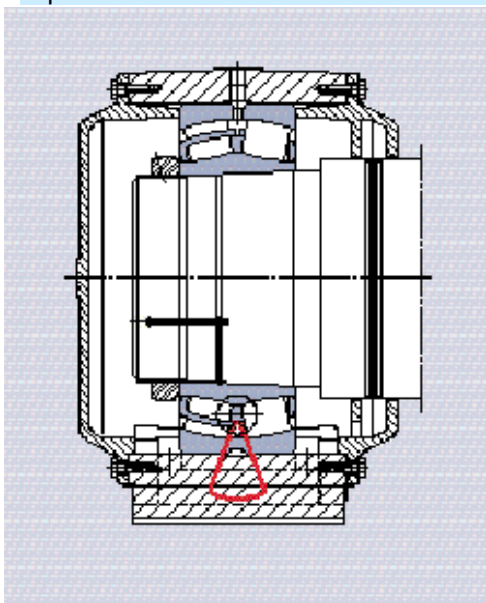
Причиной крайне редкого применения таких подшипников является сложная, дорогостоящая конструкция составного (из двух частей) опорного кольца, весьма ограниченный размерный ряд и сравнительно низкая грузоподъемность, следствием чего является очень низкая долговечность. Кроме того, возникает опасность развития контактной коррозии между сферическими поверхностями наружного и опорного колец. Контактная коррозия на поверхностях скольжения препятствует самоустановке (выравниванию перекоса) и способствует образованию кромочных напряжений и еще большему снижению долговечности. Пример: на 30% меньшей грузоподъемности соответствует снижение расчетной долговечности на 70%.

Сферические роликоподшипники в корпусах на качающихся призмах

Корпуса подшипниковых узлов, опирающиеся на качающиеся призмы (рис.5), компенсируют изменение длины вала посредством незначительного качательного движения. Особое исполнение призм делает возможным осевое смещение без дополнительной вертикальной составляющей движения. До последнего времени такой вид опор представлял собой наилучшее решение для традиционных исполнений плавающей опоры и рекомендовался SKF для БДМ с шириной бумажного полотна до 4,5 метров. Недостатком подшипниковых узлов описываемого вида является недостаточная динамическая устойчивость, обусловленная малым демпфированием, в отличие от корпусов, жестко соединенных с рамой (основанием) БДМ. Это может стать трудноразрешимой проблемой при стремлении к повышению производительности БДМ. Рассматриваемый

подшипниковый узел также чувствителен к воздействию опрокидывающих моментов, которые возникают под действием закрепленных на корпусах канатных роликов или креплений пароподводящих головок. Изнашивание призм может быть причиной роста затрат на ремонт. Погрешности в процессе функционирования призм могут вызвать осевое нагружение подшипника и несущей конструкции. Таким образом, при использовании подшипниковых узлов с качающимися призмами имеется опасность возникновения осевых сил, обусловленных погрешностью функционирования призм, повышаются ремонтные затраты. Кроме того, невозможно существенно повысить скорость бумажного полотна по причине роста вибрации.

Рис.5 Вибрации и опрокидывающие моменты могут быть причиной трудноразрешимых проблем



Однако существует лучшее конструктивное решение...

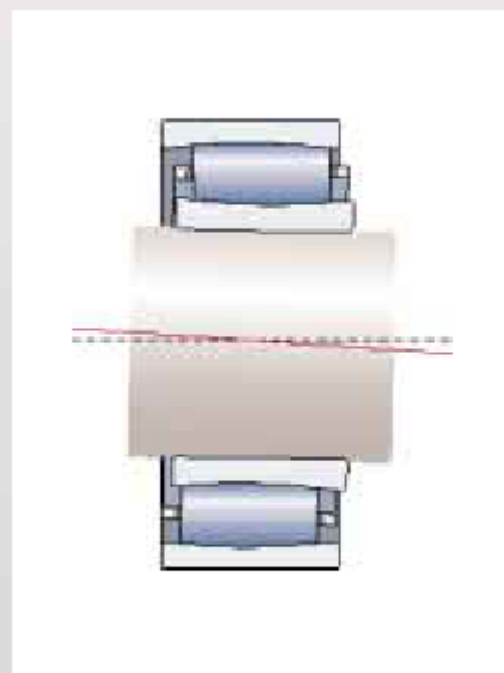
Роликоподшипник CARB® – лучшее решение

В 1996 году концерн SKF начал производство совершенно нового вида подшипников – роликоподшипников CARB®. Это может быть охарактеризовано как существеннейший прорыв в развитии подшипников качения, самый большой за последние 50 лет. (В 1939 году SKF начал производство упорных сферических подшипников)

Новый вид подшипника наилучшим образом соответствует поставленным требованиям: максимально большая грузоподъемность, минимальное трение и жесткая конструкция. Подшипник CARB® (Compact Alignment Radial Bearing) может так же, как сферический роликоподшипник компенсировать перекосы и воспринимать радиальные нагрузки. Но в то же время он способен так же, как цилиндрический роликоподшипник, компенсировать осевое смещение вала. Помимо того, CARB® имеет столь же

компактную конструкцию, как игольчатый подшипник. Таким образом, CARB® объединяет единственным в своем роде способом угловую подвижность сферических роликоподшипников и возможность компенсации осевых смещений вала, характерную для цилиндрических роликоподшипников. В процессе разработки на эти свойства было обращено особое внимание, поскольку конкретной целью было совершенствование плавающих опор сушильных цилиндров БДМ.

Испытания, проведенные на БДМ, представили явное доказательство того, что подшипники CARB® в корпусах, жестко соединенных с несущей конструкцией (основанием) бумагоделательной машины, являются лучшим решением поставленной задачи. Роликоподшипники CARB® могут устанавливаться по посадке с натягом как на вал, так и в корпус. Они обеспечивают компактность конструкции в радиальном направлении. Их другие полезные свойства будут рассмотрены далее.



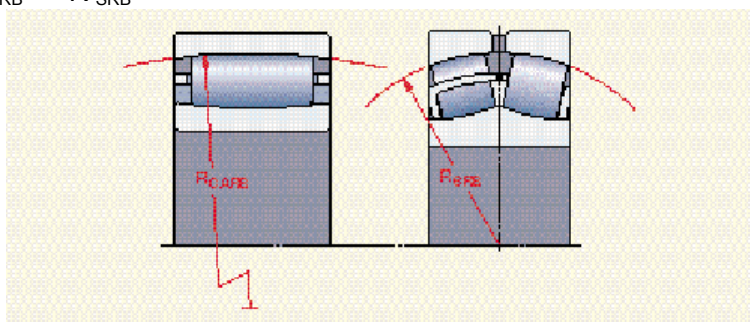
Конструкция

Ролики подшипника CARB® достаточно длинные и имеют бочкообразную форму. Радиус кривизны ролика значительно больше, чем аналогичный показатель у сферического роликоподшипника (рис.6). Дорожки качения имеют профиль, оптимизированный с точки зрения распределения контактных напряжений и минимизации потерь на трение. Самоустановка роликов способствует их минимальной разноразмерности по диаметрам, точная геометрия и нулевой угол контакта.

Грузоподъемность (несущая способность)

Радиальная грузоподъемность роликоподшипников CARB®, благодаря большому числу длинных роликов, очень высока, даже не смотря на малое поперечное сечение подшипника. Динамическая грузоподъемность, как обычно, устанавливается в зависимости от типа и размера подшипника. Однако большинство подшипников качения не обеспечивают предусмотренную в таблицах несущую способность и долговечность, если имеют место перекосы. Перекосы могут возникать относительно обеих осей, вертикальной и горизонтальной (рис.7). При сборке опор положение корпусов тщательно выверяют. Выверка положения относительно вертикальной оси осуществляется путем измерения щупами зазоров в уплотнении между валом и отверстием в крышке корпуса. Подшипники CARB® допускают перекося до 0,5 градусов, однако

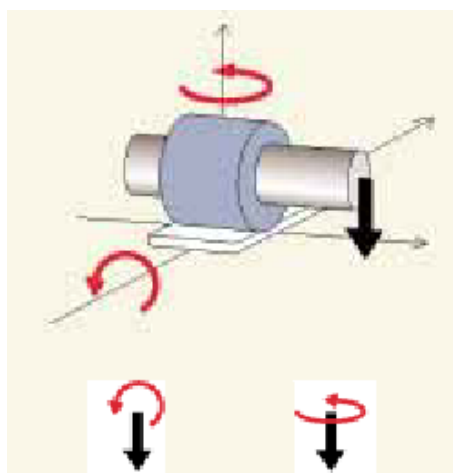
Рис.6 Радиус кривизны дорожек качения подшипников CARB® существенно больше, чем у сферических роликоподшипников, $R_{CARB} \gg R_{SRB}$



в большинстве случаев реальный перекося относительно вертикальной оси не превышает 0,1 градуса и во время работы изменяется незначительно. Поэтому в дальнейшем перекося относительно вертикальной оси оставлен без внимания. Перекося, возникающий относительно горизонтальной оси, напротив может иметь существенное значение, особенно в том случае, когда подшипники устанавливаются в корпуса, разнесенные друг от друга на расстояние до 10 метров. Вследствие изгибной деформации сушильного цилиндра и осадки фундамента во время эксплуатации может возникнуть перекося до

0,3 градуса. На диаграмме 1 показано сопоставление грузоподъемности подшипников CARB®, сферических роликоподшипников и цилиндрических роликоподшипников в зависимости от перекося. Характерным свойством роликоподшипников CARB® является высокая грузоподъемность и способность компенсации перекося и осевых смещений в опорных узлах без возникновения дополнительных осевых нагрузок. Это преимущество в зависимости от конкретной конструкции обеспечивает либо выбор подшипника меньшего размера, либо повышение надежности узла.

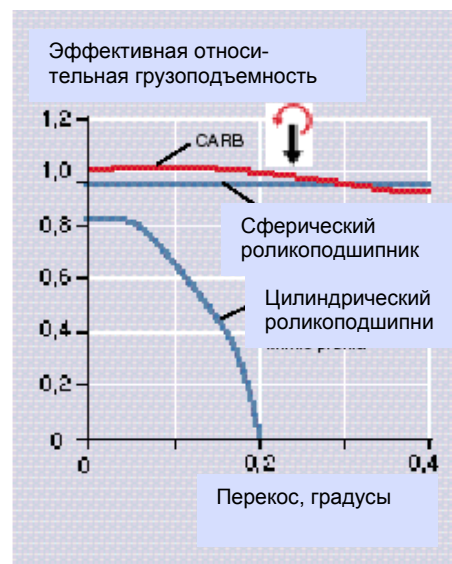
Рис.7 Перекося может возникнуть в двух плоскостях – относительно вертикальной и относительно горизонтальной осей



Перекося относительно горизонтальной оси

Перекося относительно вертикальной оси

Диаграмма 1 Подшипники CARB обладают большей грузоподъемностью, чем сферические роликоподшипники при практически одинаковой нечувствительности к перекосям



Трение

У подшипника CARB® потери на трение примерно такие же, как и у цилиндрического или сферического роликоподшипника. Трение зависит от перекоса, так как при этом ролики изменяют свое положение относительно колец, обеспечивая снижение кромочных напряжений. Подшипники CARB® допускают перекос до 1 градуса относительно горизонтальной оси. При перекосе до 0,5 градуса повышением трения можно пренебречь. Как уже упоминалось, у подшипниковых узлов сушильных цилиндров перекос в дангой плоскости обычно не превышает 0,3 градуса. Измерения в подшипниковых узлах, где сферические роликоподшипники в корпусах на качающихся призмах были

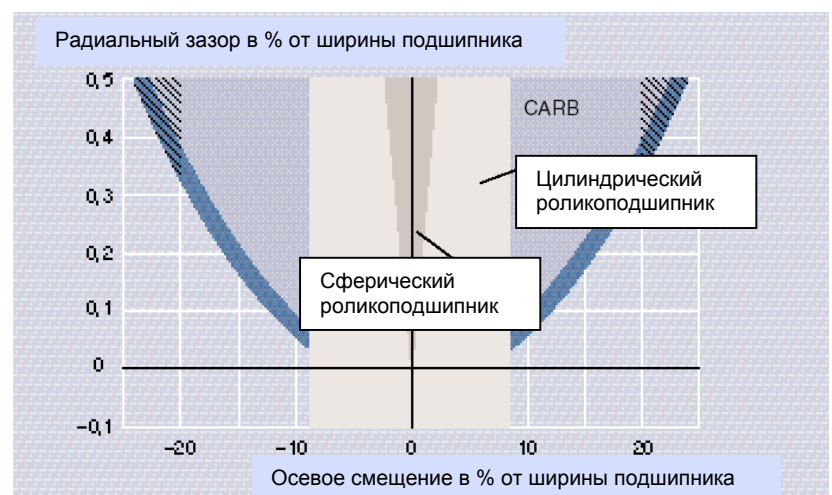
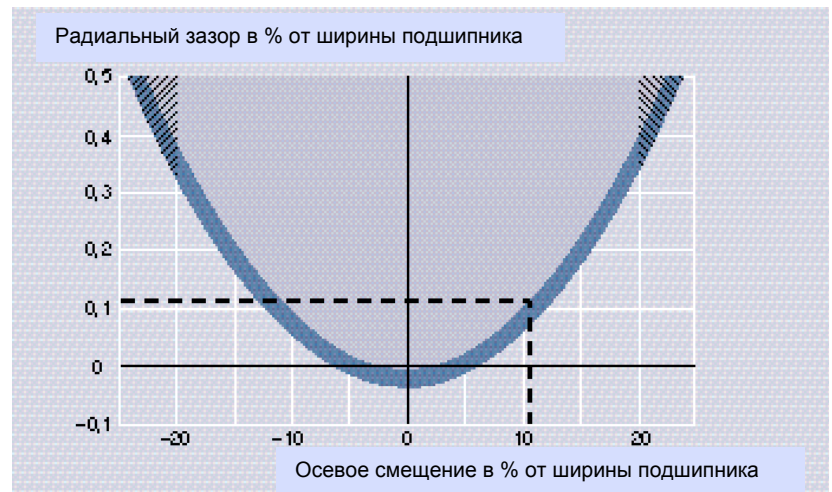
заменены подшипниками CARB® в жестко прикрепленных к основанию БДМ корпусах, показали снижение температуры узла.

Осевая подвижность

На диаграмме 2 показана зависимость между радиальным зазором в подшипнике и допустимым осевым перемещением относительно среднего положения. Кольца подшипника могут даже смещаться друг относительно друга еще дальше, до голубой области, не оказывая влияния на долговечность подшипника, однако в этом случае трение увеличивается на 50%. Осевое смещение и радиальный зазор в подшипнике представлены как функция ширины подшипника. Благодаря этому, диаграмма 2 охватывает любые CARB®.

Пример: подшипник С3044/НАЗС4 имеет ширину 90 мм. Пусть радиальный зазор в рабочих условиях составляет 0,1 мм, что соответствует 0,11% ширины подшипника. Следовательно (штриховая линия на диаграмме 2), подшипник допускает осевое смещение от среднего положения на 11% ширины, т.е. на 9,9 мм ($0,11 \times 90 = 9,9$). При запуске БДМ радиальный рабочий зазор в подшипнике на неизолированной цапфе при средней температуре пара составляет около 0,1% ширины подшипника. Этому соответствует осевое смещение от среднего положения на 10% ширины кольца подшипника.

Диаграмма 2. Возможное осевое смещение зависит от величины радиального зазора. При осевом смещении более 20% ширины подшипника, ролики выступают за дорожку качения



На диаграмме 3 сопоставлены возможные осевые смещения в подшипнике CARB[®], цилиндрическом роликоподшипнике и сферическом роликоподшипнике. Так же, как и о подшипника CARB[®], осевое смещение сферического роликоподшипника зависит от радиального рабочего зазора. У цилиндрических роликоподшипников осевое смещение не связано с радиальным зазором, но в большей степени ограничено шириной дорожек качения внутреннего и наружного колец. Так как подшипники CARB[®] могут допускать и перекосы, и осевое смещение, как это показано на диаграмме 4, их «рабочий диапазон» существенно больше, чем аналогичный показатель сферических и цилиндрических

роликоподшипников. В показанной на диаграмме 4 темно-голубой области допустимое осевое смещение соответствует 8% от ширины подшипника. При этом опасность возникновения внутреннего радиального натяга меньше или равна тому, что происходит в сферическом роликоподшипнике с начальным зазором С4. В каких пределах подшипники CARB[®] способны обеспечить осевое смещение, превышающее 8% ширины подшипника, зависит от рабочего зазора и перекоса.

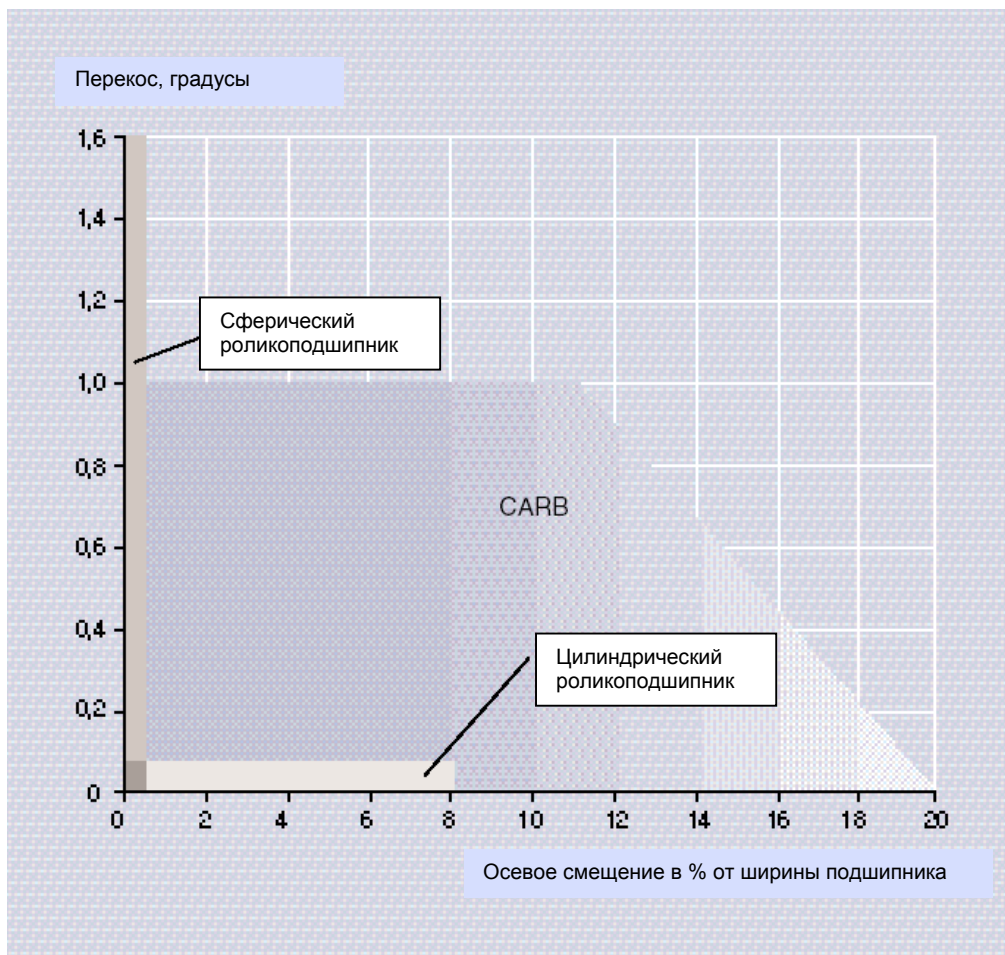


Диаграмма 4
Подшипник CARB имеет существенно больший «Рабочий диапазон» чем сферический и цилиндрический роликоподшипники. Диаграмма относится к перекося относительно горизонтальной оси.

Сопоставление и оценка

Повышенная надёжность
Увеличенная долговечность

Высокая производительность
Возможность увеличения скорости БДМ
Улучшенное качество бумаги
Оптимизированные подшипниковые узлы

Каждый внеплановый останов БДМ стоит
от 5000 до 10 000 долларов в час.
Более надёжные подшипниковые узлы
экономят вам много, много денег.

Подшипниковый узел обеспечивает:	Цилиндрический роликподшипник	Самоустанавливающийся двухрядный цилиндрический роликподшипник	Сферический роликподшипник со свободной посадкой наружного кольца	Сферический роликподшипник в корпусе на качающихся призмах	Роликподшипник CARB®
Компенсация осевого смещения вала	ДА	ДА	ограничено	ДА	ДА
Компенсация перекоса	НЕТ	ограничено	ДА	ДА	ДА
Демпфирование вибраций	ДА	ДА	ДА	НЕТ	ДА
Высокая радиальная грузоподъемность	ограничено	НЕТ	ДА	ДА	ДА
Неподверженность контактной коррозии	ДА	НЕТ	НЕТ	ДА	ДА
Сопротивление опрокидывающим моментам	ДА	ДА	ДА	ограничено	ДА

Применение

Долговечность и надежность подшипников

Типичный пример подшипникового узла с роликоподшипником CARB® показан на рис.8. Требования к точности цапф и корпусов, равно как и требования к долговечности L_{10h} и L_{10ah} такие же, как и к обычным подшипниковым узлам. Грузоподъемность роликоподшипников CARB® несколько более высокая, чем у сферических роликоподшипников, и существенно более высокая, чем у других сопоставляемых здесь видов подшипниковых узлов, которые могут быть применены в БДМ (см. рис.3 и 4). В сравнении с самоустанавливающимся цилиндрическим роликоподшипником, расчетная долговечность подшипника CARB® может быть втрое больше. Из сопоставления с подшипниковыми узлами, где установлены сферические роликоподшипники (рис. 2, 5, 6, 7) следует, что номинальная долговечность в случае применения подшипника CARB® возрастает благодаря тому, что

не возникают осевые нагрузки, порождаемые пароподводящей головкой, погрешностями работы призм или трением наружного кольца подшипника о посадочную поверхность корпуса.

Условия работы опоры изменяются со временем. Так, например, осадка фундамента может увеличить перекося в подшипниках. В узлах, где установлены подшипники CARB® это не влечет за собой снижение срока службы опор, в то время как при других подшипниках перекося существенно снижают долговечность.

Еще более важной задачей является повышение надежности подшипников, поскольку это напрямую связано с сокращением аварий и внеплановых простоев БДМ. Для повышения надежности подшипники CARB® могут поставляться с цементированными внутренними кольцами. Такая обработка колец существенно уменьшает риск образования трещин, особенно во время пуска машины.

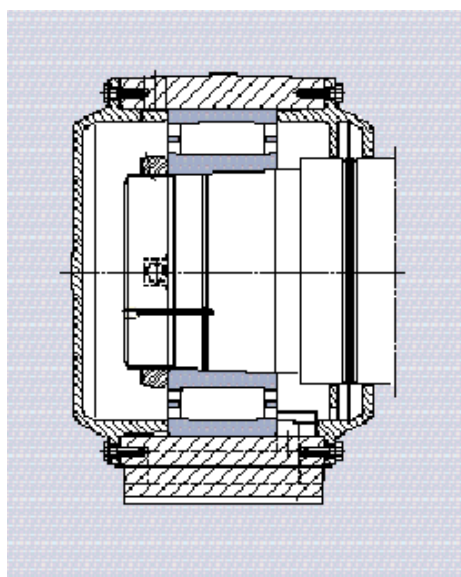
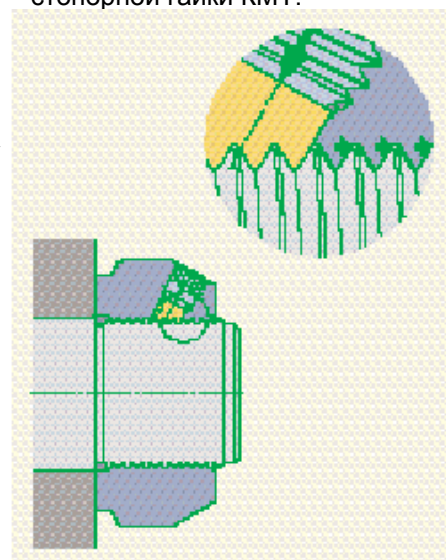
Стопорные гайки

Для точной установки и фиксации подшипника на валу требуются стопорящие (фиксирующие) элементы. Разработанные SKF стопорные гайки КМТ позволяют просто, надёжно и точно фиксировать подшипники качения и другие детали машин. Стопорные гайки этой конструкции

проявили себя как очень подходящий элемент для установки подшипников БДМ, особенно в сушильной секции.

Особым конструктивным признаком гаек КМТ являются три фиксирующих штифта из латуни, поджатых винтами с внутренними шестигранниками под ключ, равномерно расположенные по окружности гайки (рис.9). Винты надёжно стопорят гайку, дополнительные стопорящие шайбы или пазы не требуются. Кроме того, такая конструкция делает возможным строго перпендикулярную выверку гайки и других установленных на валу деталей относительно его оси. Для Янки цилиндров БДМ используются обычные метрические стопорные гайки НМ или дюймовые гайки N. Более подробная информация содержится в каталоге «Принадлежности подшипников».

Рис.9 Принцип действия стопорной гайки КМТ.



Корпуса подшипников

Изготовители бумагоделательных машин в большинстве случаев разрабатывали новый специальный корпус подшипникового узла для каждой новой БДМ. Это влекло за собой большой расход времени на конструирование и средств на изготовление индивидуальных литейных форм. Кроме того, возникали проблемы с поставкой корпусов для ремонта БДМ.

В начале 90-х годов SKF занял ведущие позиции в этой сфере производства, разработав базовый ассортимент корпусов подшипников для сукноведущих валиков, для сушильных и Янки цилиндров БДМ.

Корпуса SKF (рис.10) имеют компактную конструкцию и оптимально соответствуют требованиям, предъявляемым потребителями к корпусам подшипниковых узлов БДМ. Унифицированные корпуса удобны и изготовителям, и потребителям бумагоделательных машин.

В настоящее время владельцы БДМ стремятся повысить их производительность, в частности, посредством увеличения скорости движения бумажного полотна. Это во многих случаях требует увеличения расхода масла для обеспечения надежного смазывания подшипников. Конструкции корпусов подшипниковых узлов SKF предусматривают возможность увеличения расхода масла. Новые подшипники CARB® делают также ненужным применение корпусов на качающихся призмах, поскольку температурное удлинение вала компенсируется собственно подшипником. Это дает возможность устанавливать подшипники жестко прикрепленные к раме (основанию) БДМ корпуса, что позволяет создать более жесткую и виброустойчивую конструкцию подшипникового узла в целом. Это также способствует повыше-

нию конструктивной скорости БДМ, и кроме того, уменьшение вибраций снижает износ деталей. Унифицированные корпуса производятся в двух исполнениях: стандартное и тип А.

Стандартное исполнение имеет основание большого размера и большое расстояние между отверстиями фундаментных болтов. Тип А отличается меньшими значениями указанных параметров и рекомендуется к применению лишь в тех случаях, когда в конструкции БДМ недостаточно места для размещения корпуса стандартного исполнения. Номенклатура унифицированных корпусов приведена в публикации «Подшипники и корпуса SKF для бумагоделательных машин. Рекомендованные типоразмеры».

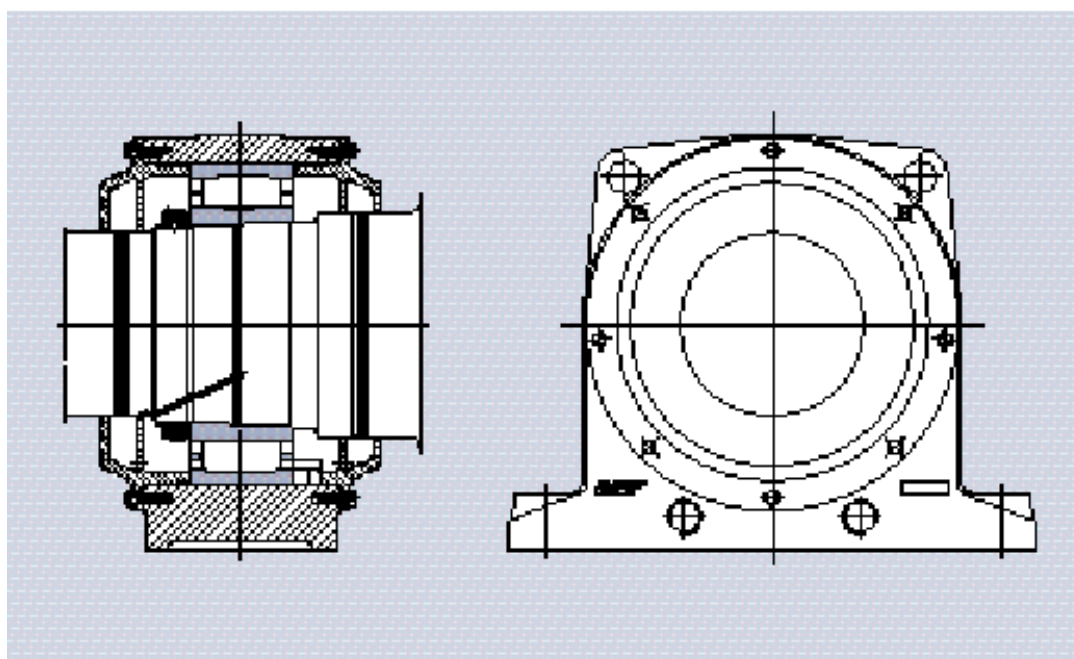


Рис.10
Роликоподшипник CARB может быть установлен в неразъемный корпус, жестко прикрепленный к основанию БДМ.

Пароподводящая головка на лицевой стороне БДМ

В некоторых случаях, сушильные цилиндры могут быть оснащены паровыми или конденсатоотводящими головками, установленными с лицевой стороны БДМ. При этом опора лицевого подшипника может иметь как корпус на призмах, так и жестко закрепленный на основании корпус.

Так как подшипники CARB® устанавливаются в корпуса, жестко прикрепляемые к станине машины, температурное удлинение вала компенсируется подшипником, и расстояние между торцом вала и крышкой подшипникового узла изменяется во время работы машины. Поэтому в том случае, когда паровая (см. рис. 11) (конденсатоотводящая) головка прифланцовывается непосредственно к крышке корпуса, необходимо, чтобы в конструкции головки были предусмотрены элементы, компенсирующие осевое смещение вала. В большинстве

случаев это не представляет проблемы, но иногда требуется доработка устаревших головок или замена их новыми. Головки обычно оснащают изнашиваемым диском, имеющим сферическую наружную поверхность. Подпружиненное сферическое седло, работая в паре с диском, предотвращает выход пара (конденсата) и компенсирует возможный перекос оси вала. Износ диска обычно не превышает 5 мм, во время регламентных работ изношенные диски заменяются новыми. Различные изготовители головок обладают собственными решениями данной задачи. Поскольку подшипниковые узлы с подшипниками CARB® отличаются большой жесткостью и виброустойчивостью, на них оказывается в целом проще и удобнее размещать крепление головок и паропроводов, чем на опорах с подшипниками других типов.

Мониторинг состояния БДМ

Мониторинг состояния имеет целью поддержание БДМ в рабочем состоянии и предотвращение снижения качества бумаги. Для этой цели разработаны специальные методы, т.н. мультипараметрические измерения, т.е. измерение различных параметров работы. Наряду с такими виброхарактеристиками, как скорость колебаний, огибающая спектра ускорений, спектральная плотность энергии колебаний (SEE – Spectral Emitted Energy) используются также измерения и других физических величин, для того, чтобы получить данные, характеризующие состояние либо отдельных деталей, либо машины в целом.

Существенными областями наблюдения за состоянием БДМ являются следующие:

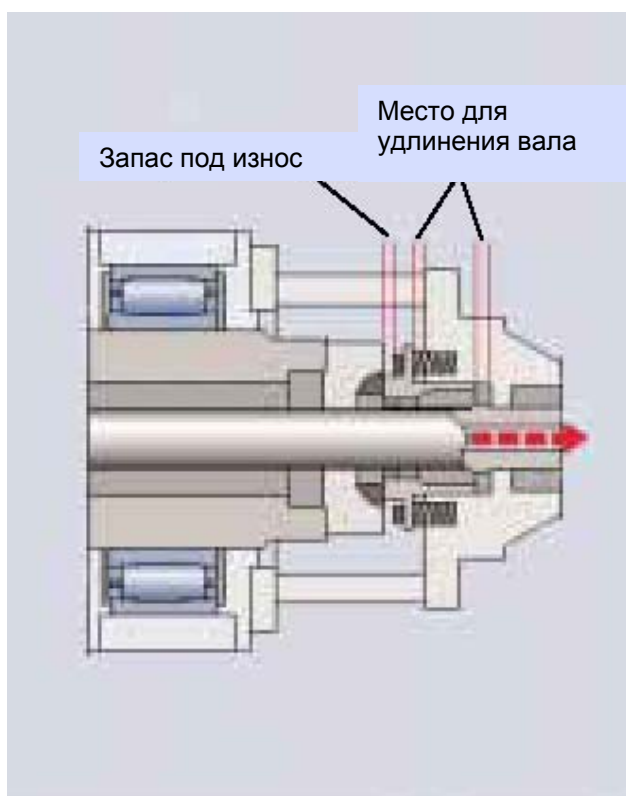


Рис.11 Типовая конструкция головки, установленной с лицевой стороны БДМ. Конструкцией головки обязательно должно быть предусмотрено место для теплового удлинения сушильного цилиндра.

- наблюдение за состоянием подшипников качения, имеющее целью возможно более раннее обнаружение дефектов подшипника;
- наблюдение за общим состоянием машины, имеющее целью обнаружение проблем, которые позже могут привести к выходу подшипников из строя. К таким явлениям относятся дисбаланс, перекосы, вибрация, ослабление посадок деталей и прохождение электрического тока;
- наблюдение за состоянием поверхности бумагоделательных цилиндров (валов) с целью повышения их срока службы и качества бумаги.

В таблице 3 указаны опасные частоты колебаний для некоторых подшипников CARB. Модернизация подшипниковых узлов на качающихся призмах, заключающаяся в замене сферических роликоподшипников на подшипники CARB в

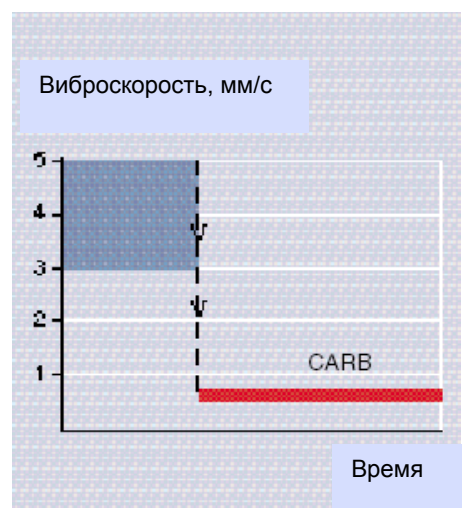
Таблица 3. Опасные частоты колебаний при частоте вращения внутренних колец 1 Гц (60 оборотов в минуту)

Подшипник	Frequencies				
	BPFI	BPFO	BSF	FTF	
	Hz				
С 3036	13,80	11,20	4,75	0,45	BPFI – частота, соответствующая дефекту на внутреннем кольце BPFO – аналогично для наружного кольца BSF – аналогично для ролика FTF – аналогично для сепаратора
С 3038	14,82	12,18	5,07	0,45	
С 3040	13,29	10,71	4,59	0,45	
С 3044	13,29	10,71	4,60	0,45	
С 3048	13,76	11,24	4,91	0,45	
С 3052	13,80	11,20	4,75	0,45	
С 3140	11,84	9,16	3,86	0,44	
С 3144	11,81	9,19	3,95	0,44	
С 3152	11,30	8,70	3,78	0,44	
С 3156	12,35	9,65	4,03	0,44	
С 3160	11,81	9,19	3,95	0,44	

неподвижно закрепленных корпусах, позволяет существенно снизить уровень вибраций. Измерения показали, что осевые вибрации сократились на 85% (диаграмма 5). SKF располагает полным ассортиментом измерительных приборов для наблюдения за состоянием узлов: от простых сборщиков данных, предназначенных для использования операторами машин (система MARLIN®), до встроенных систем непрерывного мониторинга, работающих в режиме реального времени (на основе блоков LMU), способных не только собирать и обрабатывать информацию, но и участвовать в управлении машиной. Для анализа информации и принятия решений используется соответствующее программное обеспечение (на основе программы Prism4). Специалисты SKF могут оказать помощь в обучении персонала предприятий, установке и наладке систем мониторинга, а также полностью обеспечить

безаварийную работу подшипниковых узлов машины. По заказам потребителей, SKF может поставлять корпуса подшипниковых узлов, специально подготовленные для установки датчиков систем встроенной диагностики. Соответственно требованиям заказчика может быть поставлен корпус с одним местом для датчика и быстроразъемным соединением, или с произвольно большим количеством измерительных точек. Для сбора мультипараметрической информации с нескольких точек измерения используются блоки-коллекторы; далее сигнал передается в компьютер по проводным или беспроводным каналам. В настоящее время большое количество БДМ оснащены системами диагностики SKF. Более подробная информация может быть предоставлена по запросу.

Диаграмма 5. Осевые колебания, измеренные до модернизации (корпус на качающихся призмах) и после нее (неподвижно закрепленный корпус с подшипником CARB)



Смазывание

В отношении смазывания подшипников CARB® в целом верны рекомендации для сферических роликоподшипников, изложенные в публикации 6490 Rolling Bearings for Paper Machines. Отличие состоит лишь в том, что CARB®, будучи однорядным роликоподшипником, не имеет канавки для подвода смазки на наружном кольце и требует смазывания с боковой стороны. У большинства сушильных цилиндров с цилиндрическими роликоподшипниками подвод масла осуществляется со стороны цилиндра (рис 3).

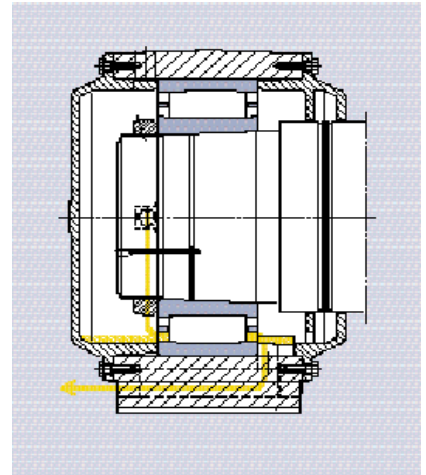
Монтаж

Для монтажа подшипников CARB®, имеющих коническое отверстие, не подходит традиционный способ, предусматривающий измерение внутреннего радиального зазора в подшипнике до, во время и после монтажа щупами. Поскольку сепаратор не вращающегося подшипника CARB® может перемещаться между кольцами в достаточно широких пределах, и занимает оптимальное положение только при начале вращения, правильное измерение внутреннего радиального зазора щупами невозможно. Поэтому SKF разработал новый Точный Метод Монтажа (Drive-Up Method),

Благодаря большему диаметру вала с этой стороны подшипника, удается несколько снизить расход масла по сравнению с другой схемой (рис.12). Обе эти схемы подходят для смазывания подшипников CARB®. Кроме того, стальной сепаратор подшипника CARB® является более «прозрачным» и обеспечивает лучшее смазывание и более легкое протекание масла сквозь подшипник, чем латунные сепараторы цилиндрических роликоподшипников.

не требующий применения щупов для измерения радиального зазора в подшипнике, достаточно простой в использовании, обеспечивающий высокую точность и оптимальную посадку подшипника на вал. Метод пригоден для подшипников CARB®, а также сферических ролико- и шарикоподшипников с коническим отверстием. Монтаж может осуществляться на коническую шейку вала, стяжную или закрепительную втулку. Для реализации данного метода SKF разработал специальные гидрогайки (серия E), предусматривающие возможность

Рис.12 Смазывание подшипника CARB с задней стороны. Желтым цветом показано распределение потоков масла



установки индикатора для контроля за величиной осевого перемещения плунжера, а также расчетную программу, позволяющую рассчитать необходимые для монтажа значения давления и осевого смещения индивидуально для каждого случая с учетом таких параметров, как схема монтажа, типоразмер подшипника, материал вала, наличие отверстия (полый вал), количество предшествующих монтажей и некоторые другие. Ниже изложена последовательность действий при монтаже подшипников Точным методом SKF.

Рис.13 Схема перемещения подшипника по валу, при реализации Drive-Up Method

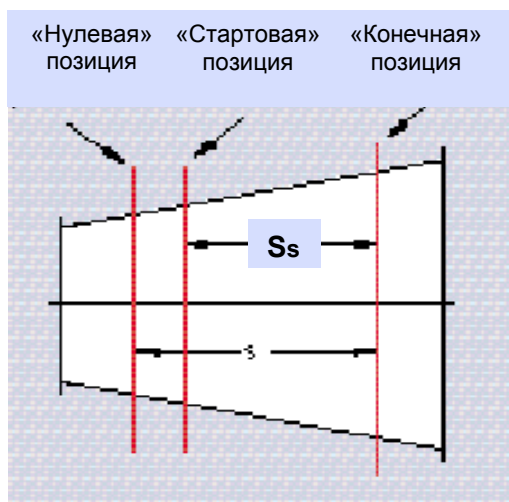
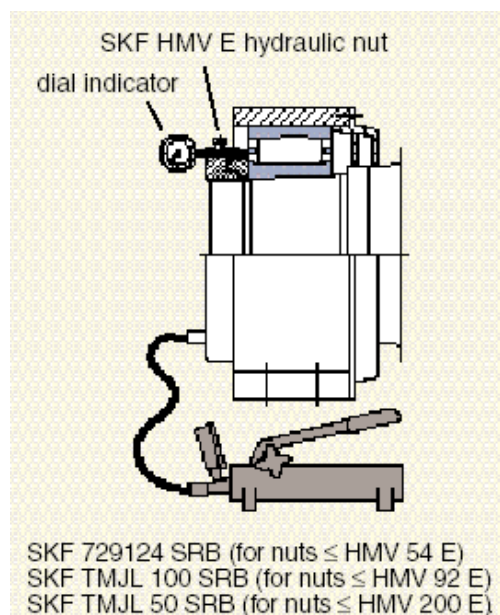


Рис.14 Типовой инструмент, применяемый при реализации Drive-Up Method.



Монтаж роликоподшипников CARB® с коническим отверстием при помощи Drive-Up Method

1. Слегка смазать монтажные поверхности вала, втулки и подшипника минеральным маслом (например, SKF LHMФ 300)
2. Аккуратно установить подшипник в корпус и корпус с подшипником – на вал. При этом подшипник оказывается на валу в «нулевой» позиции.
3. Для корпусов, уже закрепленных на основании БДМ: убедиться, что ролики подшипника разгружены и подшипник может перемещаться вдоль вала. Для незакрепленных корпусов: вывесить их над основанием на высоту 5 мм и убедиться, что корпус вместе с подшипником может перемещаться вдоль вала. Установить соответствующую гидрогайку, подсоединить насос и создать давление, заранее рассчитанное с помощью программы. При этом подшипник перемещается по валу (по втулке) в «стартовую» позицию
4. Установить, закрепить и обнулить индикатор перемещения в соответствующем отверстии гидрогайки.
5. Посредством дальнейшего нагнетания масла в гидрогайку сместить подшипник в «конечную» позицию, отслеживая перемещение S_s по индикатору и закончив его при достижении величины, заранее рассчитанной при помощи упомянутой программы. Допустимая точность $\pm 5\%$.
6. Выждать несколько минут, снять давление, отсоединить насос, отвинтить гидрогайку и установить крепежную гайку.
7. Убедиться, что корпус находится в правильном положении относительно основания, проверить величину предварительного осевого смещения колец подшипника друг относительно друга и закрепить корпус подшипникового узла на основании.

Точное значение величины давления P , необходимого для достижения подшипником «стартовой позиции», а также перемещения S_s из «стартовой» в «конечную» позицию, рассчитываются, как уже было сказано ранее, при помощи специальной программы. Однако, для простых случаев, приближенные значения данных параметров могут быть взяты из публикации SKF № MP200 «Инструменты и приборы для Безотказной работы», либо из Таблицы 4.

Таблица 4

Рекомендации по монтажу подшипников CARB® на конические шейки валов с применением Drive-Up Method

Условное обозначение подшипника	Уменьшение радиального зазора	Давление P в «стартовой» позиции	Диаметр отверстия полого вала	Осевое смещение вала Ss		
				стальной вал 1)	чугунный вал 2)	вал 3)
–	µm	MPa	mm	mm		
C 2238 K/HA3C4	90 – 110	1,75	80	1,25	1,30	1,40
			100	1,30	1,35	1,45
			120	1,35	1,45	1,55
C 2244 K/HA3C4	100 – 120	1,95	90	1,35	1,40	1,50
			110	1,40	1,45	1,55
			130	1,45	1,50	1,65
C 3036 K/HA3C4	80 – 95	1,45	70	1,10	1,10	1,20
			90	1,10	1,15	1,25
			110	1,15	1,20	1,30
C 3038 K/HA3C4	90 – 110	1,60	80	1,30	1,35	1,40
			100	1,35	1,40	1,50
			120	1,40	1,45	1,60
C 3040 K/HA3C4	90 – 110	1,60	80	1,25	1,25	1,35
			100	1,25	1,30	1,40
			120	1,35	1,40	1,50
C 3044 K/HA3C4	100 – 120	1,60	90	1,35	1,40	1,45
			110	1,35	1,40	1,50
			130	1,40	1,50	1,60
C 3048 K/HA3C4	110 – 130	1,35	100	1,45	1,50	1,60
			120	1,50	1,55	1,65
			140	1,55	1,60	1,70
C 3052 K/HA3C4	120 – 145	1,70	110	1,10	1,70	1,80
			130	1,10	1,75	1,85
			150	1,15	1,80	1,95
C 3130 K/HA3C4	75 – 88	2,40	60	1,65	1,10	1,20
			75	1,70	1,15	1,25
			90	1,75	1,25	1,35
C 3140 K/HA3C4	90 – 110	2,70	80	1,25	1,30	1,40
			100	1,30	1,35	1,45
			120	1,35	1,45	1,60
C 3144 K/HA3C4	100 – 120	2,75	90	1,40	1,45	1,55
			110	1,45	1,50	1,60
			130	1,50	1,60	1,75
C 3152 K/HA3C4	120 – 145	2,75	110	1,70	1,75	1,85
			130	1,75	1,80	1,95
			150	1,80	1,85	2,05
C 3156 K/HA3C4	120 – 145	2,65	110	1,65	1,70	1,80
			140	1,70	1,75	1,90
			170	1,80	1,85	2,05
C 3160 K/HA3C4	130 – 160	2,80	120	1,85	1,90	2,00
			150	1,90	1,95	2,10
			180	2,00	2,05	2,25

Осевая установка подшипника

На диаграмме 2 (стр.10) показано возможное осевое перемещение в зависимости от радиального зазора в подшипнике. Поскольку способность подшипника CARB® компенсировать осевое смещение и несоосность напрямую связана с величиной внутреннего радиального зазора, очень важно, чтобы он всегда был достаточно велик. Однако рабочий зазор в подшипнике зависит также и от температурных соотношений в подшипниковом узле, определяемых температурой пара и конструкцией узла. Учет этих факторов требует устанавливать подшипник при монтаже с определенным предварительным смещением колец друг относительно друга, что позволяет при работе избежать ситуаций недопустимого уменьшения радиального зазора и возникновения натяга в подшипнике.

Диаграмма 6

А. Подшипник установлен без предварительного смещения колец. В момент пуска машины (точка А) возможность осевого смещения вала наружу составляет всего 3 мм, что опасно мало.

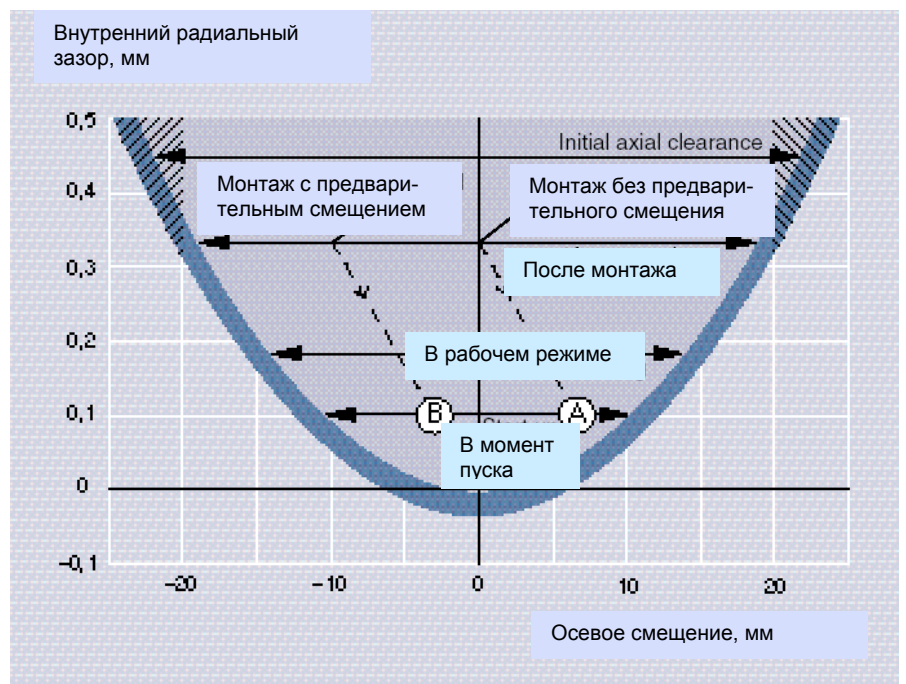
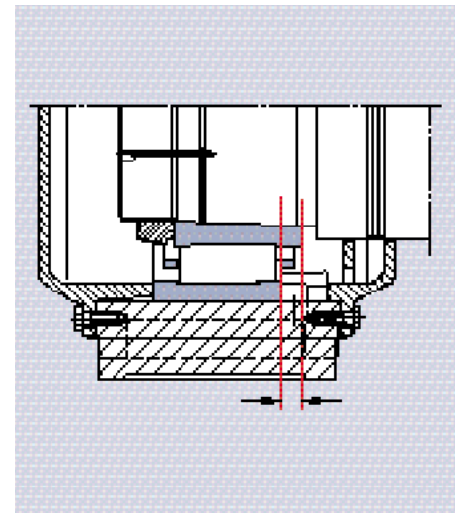
В. Подшипник установлен с 10 мм предварительным смещением внешнего кольца относительно внутреннего в наружную сторону (от цилиндра). В момент пуска возможность осевого смещения вала наружу составляет 13 мм, что вполне достаточно.

На диаграмме 6 показана зависимость между внутренним радиальным зазором и возможным осевым смещением (осевым зазором) для подшипника CARB® С3052 К/НАЗС4, установленного на шейке вала без термоизоляции при рабочей температуре пара 150 °С -160 °С.

Пунктирные линии на диаграмме 6 показывают, что происходит с величиной внутреннего радиального зазора в подшипниках, установленных с предварительным смещением и без него во время пуска машины и последующего выхода на расчетные режимы работы. Следует помнить, что при пуске машины зазор в подшипнике имеет минимальную величину вследствие наибольшей разницы между температурой внутреннего (горячего) и внешнего (холодного) колец. По мере выхода на рабочий режим машина прогревается, температурная разница уменьшается, и зазор в.

подшипнике увеличивается. Поэтому, с точки зрения внутреннего радиального зазора в подшипнике, пуск холодной машины является наиболее опасным моментом.

Рис. 15. Посредством предварительного осевого смещения наружного кольца подшипника относительно внутреннего может быть увеличена возможность опоры компенсировать осевое смещение вала во время работы БДМ



Опыт SKF показал, что обусловленное температурным расширением изменение длины сушильного цилиндра составляет 1 мм на 1 метр длины цилиндра при температуре пара 150 °С. Для компенсации линейного удлинения можно при установке корпуса на раму машины сместить его наружу (относительно тела цилиндра). Рекомендуемая величина смещения приведена в Таблице 5.

Однако при наличие термоизоляции и малом риске выхода пара наружу, указанные в Таблице 5 величины могут быть уменьшены. В таких случаях рекомендуем обращаться за консультацией в SKF.

Демонтаж

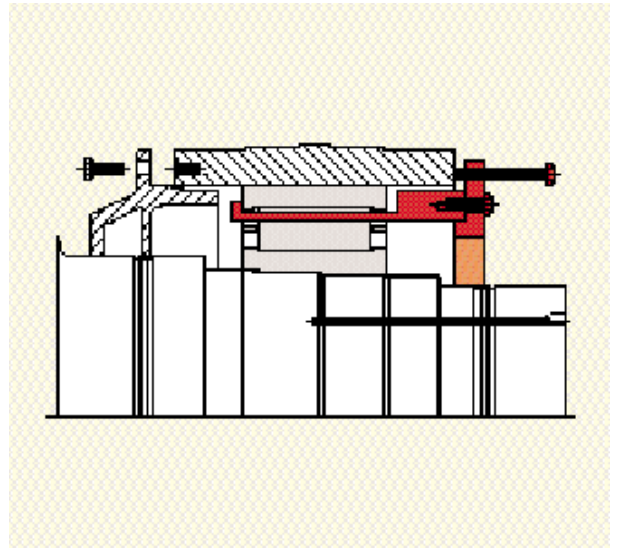
Простейший способ демонтажа внутреннего кольца подшипника с конической цапфы – применение гидрораспора. При этом следует отпустить стопорную гайку, так чтобы зазор между ней и торцом подшипника составлял двойную величину S_s (см. Таблицу 4). При большем зазоре увеличивается вероятность повреждения дорожек качения вследствие скачкообразного смещения внутреннего кольца при подаче масла под давлением. Во избежание травм никогда не следует полностью откручивать и снимать стопорную гайку! Извлечение наружного кольца из неразборного корпуса зачастую затруднено, поскольку ограниченное пространство не позволяет применить нужный инструмент. Кроме того, у сферических роликоподшипников после

продолжительной эксплуатации возможно защемление наружного кольца в корпусе вследствие контактной коррозии. В таких случаях приходится рассверливать отверстия в сепараторе подшипника для установки демонтажных приспособлений. Поскольку при демонтаже наружного кольца подшипника CARB® усилие демонтажа должно быть приложено именно к нему, SKF разработал специ-альные съемники серии ТММС (рис.16) . Захваты съемника располагаются в пространстве между сепаратором и наружным кольцом подшипника, что позволяет демонтировать CARB® без повреждений. Более подробная информация о съемниках ТММС изложена в «Инструкции по применению» данных съемников, а также может быть предоставлена по запросу.

Таблица 5

Длина сушильного цилиндра свыше до		Температура пара	Предварительное осевое смещение
m		°C	mm
0	4	<160	0±1
0	4	160 – 200	2 – 4
4	7	<160	2 – 4
4	7	160 – 200	4 – 6
7	11	<160	4 – 6
7	11	160 – 200	6 – 8

Рис. 16 Съемник серии ТММС



Модернизация подшипниковых узлов посредством установки подшипников CARB®

Для того, чтобы полностью использовать преимущества роликоподшипников CARB, мы рекомендуем проводить модернизацию подшипниковых узлов в целом, используя корпуса соответствующей конструкции. Номенклатура корпусов SBP приведена в публикации «Подшипники и корпуса для бумагоделательных машин. Рекомендованные типоразмеры». Однако в отдельных случаях можно получить хороший результат, модернизовав имеющиеся корпуса (рис. 17).

После многолетней эксплуатации посадочные поверхности корпусов могут приобрести овальность или могут быть повреждены фреттинг-коррозией. Кроме того, корпуса на призмах не такие жесткие, как новые корпуса, разработанные для подшипников CARB®.

Размеры роликоподшипников CARB соответствуют нормам ISO 15-1985 и DIN 616-1984.

Это значит, что основные размеры, а именно диаметр отверстия, наружный диаметр и ширина, у подшипника CARB® C3152 такие же, как у сферического

роликоподшипника 23152 или радиального роликоподшипника N3152.

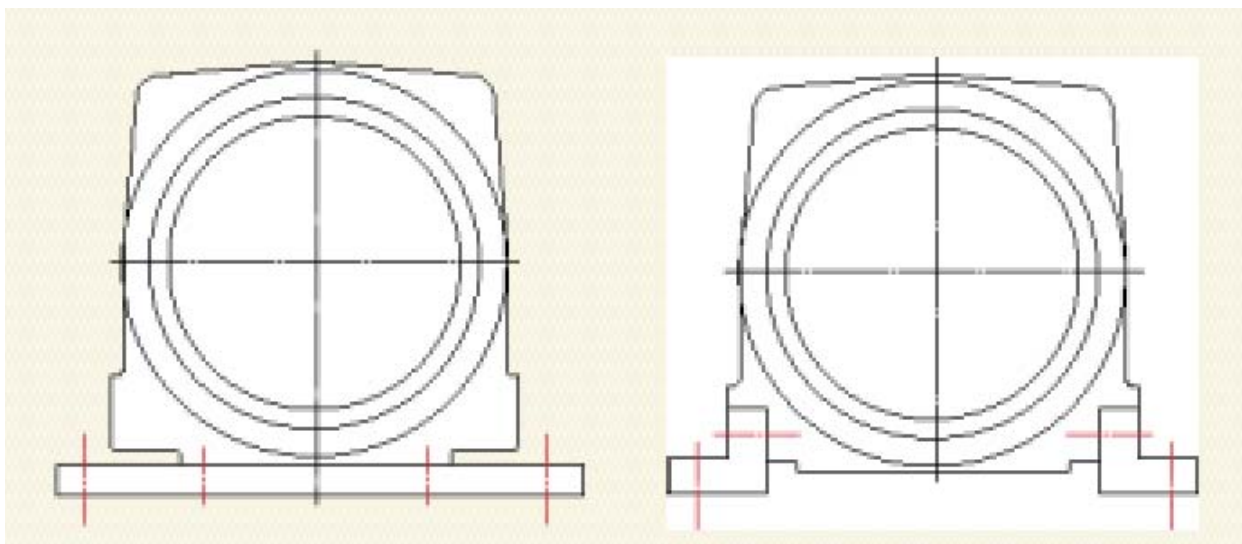
Поэтому, в том случае, если при модернизации у старых корпусов обнаруживается хорошее состояние посадочных поверхностей под подшипники, посредством незначительных изменений можно переоборудовать старые корпуса под подшипники CARB®.

При модернизации **корпусов на качающихся призмах**, призмы демонтируются и заменяются неподвижными башмаками для обеспечения сохранения высоты центра отверстия. Корпус жестко фиксируется на основании. При модернизации корпусов с **«плавающим» по наружному кольцу сферическим роликоподшипником**,

следует установить распорные кольца между крышками корпуса и торцами наружного кольца подшипника CARB® для его фиксации в осевом направлении.

При модернизации следует обратить внимание на систему подвода смазки. Если заменяемый подшипник смазывался с торца, изменения в смазочной системе не требуются, иногда лишь нужно несколько увеличить расход. Если прежний подшипник смазывался через канавку и отверстия на наружном кольце, требуется перенести точку подвода масла ближе или дальше от цилиндра и соответствующим образом изменить систему дренажа, обеспечив протекание масла сквозь роликоподшипник CARB®. SKF может предложить свою помощь в модернизации подшипниковых опор. За более полной информацией, пожалуйста, обращайтесь в Представительство SKF.

Рис. 17. Модернизация корпусов на призмах



Группа SKF – всемирная организация

SKF – это международная промышленная группа, представленная в 130 странах мира; общепризнанный лидер в производстве подшипников качения.

Компания SKF была основана в 1907 г. в Швеции после изобретения Свенсом Вингквистом самоустанавливающегося шарикоподшипника; уже через несколько лет началось расширение SKF по всему миру. Сегодня SKF имеет более 70 заводов, расположенных более чем в 20 странах, и около 43 тысяч сотрудников.

Международная сеть продаж SKF состоит из значительного числа дочерних компаний и свыше 20 тысяч дистрибьютеров и дилеров. Возможность приобретения продукции SKF в любой стране мира дополняется

всеобъемлющим техническим сервисом.

Ключом к успехам компании являлась постоянная работа, направленная на поддержание наивысшего качества продукции и сервиса.

Результатом постоянных инвестиций в научно-исследовательские работы стали многие эпохальные открытия и изобретения. Группа SKF производит подшипники, корпуса подшипниковых узлов, уплотнения, пластичные смазки, специальные стали и некоторые другие индустриальные компоненты.

Опыт, накопленный SKF в этих областях, позволяет

Обеспечить потребителей всеобъемлющими знаниями, наиболее совершенными техническими изделиями и эффективным сервисом. Фирменные цвета SKF – голубой и красный, однако мы понимаем это и как зеленый. SKF первым из крупнейших производителей подшипников получил “экологический” сертификат ИСО 14001. Один из примеров – новое предприятие SKF в Малайзии, где чистота компонентов соответствует





строжайшим экологическим требованиям. Для промывки используются средства на водной основе, заключенные в замкнутом контуре, возвращающиеся в оборот после очистки непосредственно на предприятии.

Инженерно-исследовательский центр SKF находится в Голландии, вблизи Утрехта. На площади около 17 тысяч квадратных метров 150 ученых, инженеров и вспомогательных сотрудников заняты постоянным совершенствованием конструкции подшипников. Они разрабатывают новые материалы и технологии, совершенствуют конструкцию подшипников, ищут наиболее эффективные смазочные материалы и уплотнения, т.е. все, что ведет к более глубокому пониманию процесса функционирования подшипников качения в различных условиях применения. В этом центре была разработана Новая теория SKF долговечности подшипников качения, на основе которой выпускают

более надежные, компактные и долговечные подшипники качения. На своих предприятиях во всем мире SKF вводит Channel-принцип производства, который позволяет предельно сокращать производственный цикл от поступления исходных материалов до получения готовых изделий. Члены команды Channel обладают знаниями и облечены доверием, позволяющим под общую ответственность решать весь круг вопросов, связанных с качеством, сроком поставок, технологией и всем необходимым для достижения конечной цели.

Знания и опыт SKF в области сервиса позволили разработать и внедрить Систему надежности – комплекс технических средств, организационных мероприятий и программных продуктов, обеспечивающих нашим клиентам надежную и экономичную работу промышленного оборудования.



SKF – Ваш надежный партнер!



Приложение. Модернизация опор сукноведущих валиков, сушильных и Янки-цилиндров бумагоделательных машин

“Вчерашние” решения

В подавляющем большинстве конструкций подшипниковых узлов бумагоделательных машин до сегодняшнего дня применялись двухрядные сферические роликоподшипники в отдельных корпусах, см. рис. П1.

Такое решение подходит для весьма разнообразных рабочих условий. Кроме того, оно реализует самоустановку вала в опорах, необходимую вследствие наличия допусков изготовления, неточностей сборки, прогибов вала под нагрузкой и т.д.

Однако имеется проблема: удлинение вала, происходящее вследствие его нагрева, требует, чтобы наружное кольцо одного (“свободного” или “плавающего”) подшипника имело возможность скользить внутри корпуса.

Для осуществления этого

перемещения подшипник устанавливается в корпус по посадке с зазором. Но это не гарантирует свободного “плавания” наружного кольца. Из-за наличия трения между наружным кольцом и посадочной поверхностью корпуса, в системе возникает большие осевые силы. Они в свою очередь вызывают появление вибрации, рост температуры и в конечном итоге снижают долговечность узла. Это имеет место даже при равномерных внешних нагрузках, в нормальных условиях работы.

В случае появления таких внешних факторов, как коррозия, износ или деформация корпуса, создается препятствие свободному скольжению кольца подшипника, и тогда силы трения многократно увеличиваются, а нагружение подшипников становится

гораздо более тяжелым, см. рис. П2

В качестве опор сушильных и Янки-цилиндров часто используются корпуса на призмах. В них осевое перемещение компенсируется небольшим качением призм. В прошлом это решение являлось наилучшим и рекомендовалось SKF для такого рода применений. Однако такие опоры являются нежесткими и не могут демпфировать вибрации так же, как закрепленные неподвижно корпуса. При увеличении рабочей скорости машин вибрации в опорах на призмах недопустимо возрастают. Кроме того, корпуса на призмах дороже, больше и стоимость их обслуживания, необходимого вследствие износа призм.

Рис. П1. Вчерашнее решение

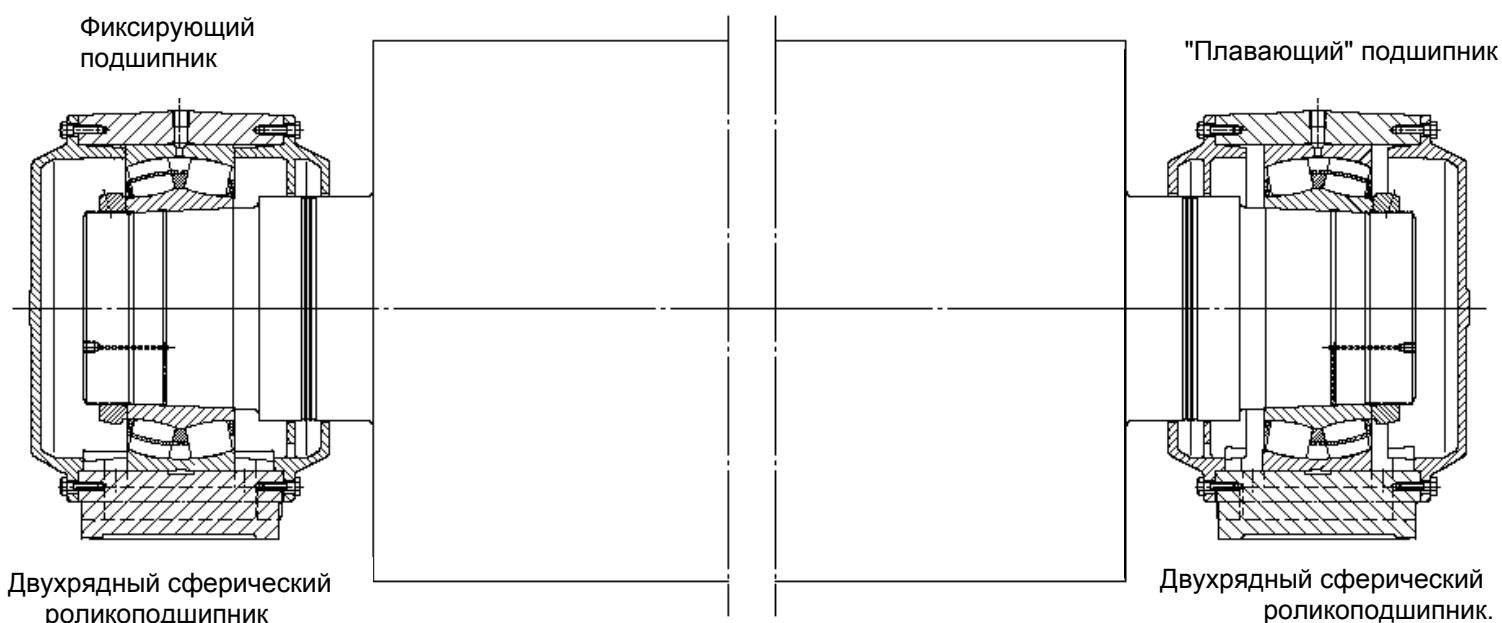
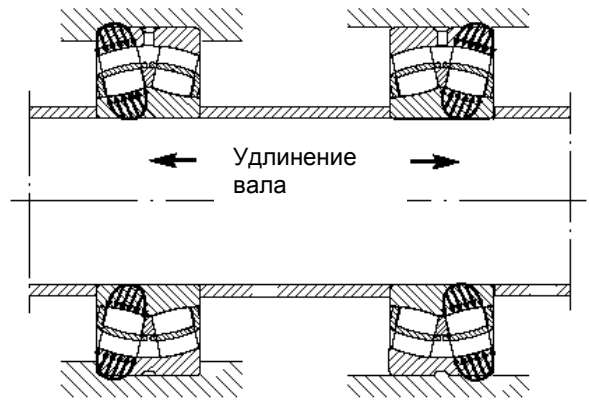


Рис. П2. Если наружное кольцо "плавающего" подшипника лишено возможности свободно перемещаться внутри корпуса, возникает осевая сила, нагружающая оба подшипника, что приводит к росту температуры, усилению вибрации и уменьшению долговечности. Работают только наружные ряды роликов обоих подшипников.



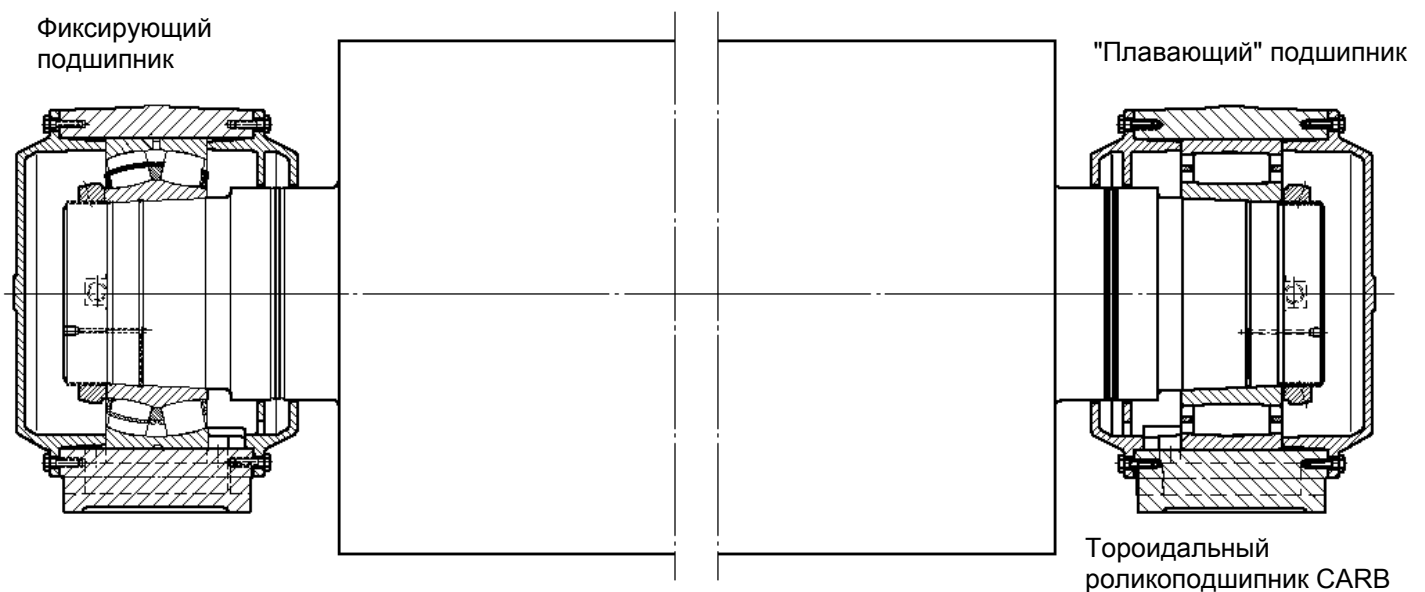
Современное решение

Прежнее решение, являющееся компромиссным и не слишком удачным, может быть исправлено заменой сферического подшипника "плавающей" опоры на CARB® - тороидальный роликоподшипник фирмы SKF. При этом в фиксированной опоре по-прежнему используется сферический двухрядный роликоподшипник (рис.П3). Подшипник CARB® является сугубо радиальным, т.е. не воспринимает радиальной нагрузки. Этот подшипник является идеальным для применения в "плавающих" опорах, поскольку

компенсирует температурное удлинение путем взаимного "внутреннего" смещения колец, происходящего с очень незначительным трением, и, в то же время, способен к самоустановке, компенсируя перекос. Таким образом, применяя CARB®, можно забыть о проблемах вибрации, высокой температуры и низкой долговечности, см. рис.П4. Подшипник CARB® может быть применен с теми же самыми корпусами, втулками и крепежными гайками, что и другие самоустанавливающиеся подшипники. Однако, следует иметь в виду, что подвод

смазки для подшипника CARB® должен быть организован со стороны торца, поскольку он имеет один ряд роликов. Наружное кольцо должно быть зафиксировано в корпусе, что позволяет применять корпуса одинаковой конструкции на обоих концах вала. Тип и количество смазки, а также периодичность повторного смазывания могут быть теми же, что и для сферического двухрядного подшипника аналогичного размера.

Рис. П3. Современное решение



На рис.5 показана относительная расчетная долговечность (L_{10}) современной оптимальной конструкции, где применены один сферический роликоподшипник и один тороидальный роликоподшипник CARB®, в сравнении с традиционной конструкцией, использующей два сферических роликоподшипника.

Диаграмма построена для случая, при котором отсутствует внешняя нагрузка, а коэффициент трения между "плавающим" сферическим роликоподшипником и корпусом остается постоянным. Реальный действующий коэффициент трения определить весьма трудно; обычно для "идеального" корпуса он находится в диапазоне от 0,08 до 0,15. В действительности почти всегда он значительно больше, иногда вплоть до заклинивания подшипника.

Следует иметь в виду, что конструкция с одним сферическим и одним роликоподшипником CARB® всегда имеет большую долговечность по сравнению с конструкцией, в которой применяются два сферических роликоподшипника, потому что в первой не возникают осевые силы, порождаемые трением.

Пример: конструкция, где применяются тороидальный подшипник CARB типа C2220K и сферический роликоподшипник 22220ЕК в сравнении с конструкцией из двух сферических роликоподшипников 22220ЕК имеет долговечность в 2,4 раза больше (при коэффициенте трения 0,12).

Рис. П5. Диаграмма показывает, что система из одного тороидального и одного сферического роликоподшипников всегда имеет большую долговечность, чем система из двух сферических роликоподшипников. Причина - отсутствие осевых нагрузок, порождаемых силой трения.

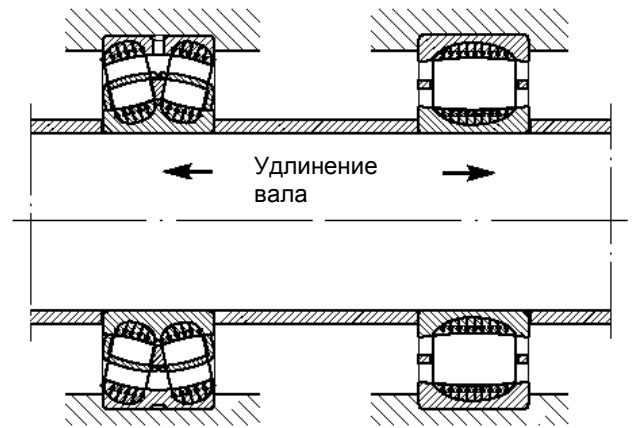
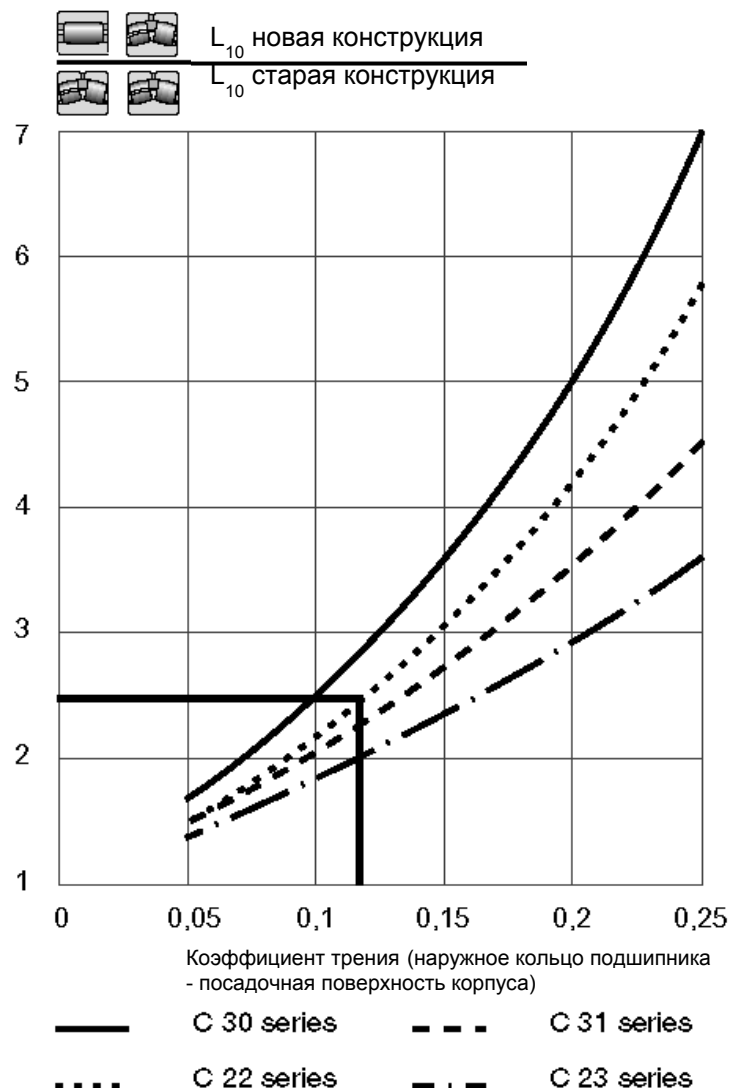


Рис.П4. При использовании сферического двухрядного роликоподшипника и тороидального подшипника CARB осевые силы не возникают. Работают оба ряда роликов сферического роликоподшипника - сравните с рис.П2.



Для чего нужна цементация внутреннего кольца подшипника (суффикс НАЗ) ?

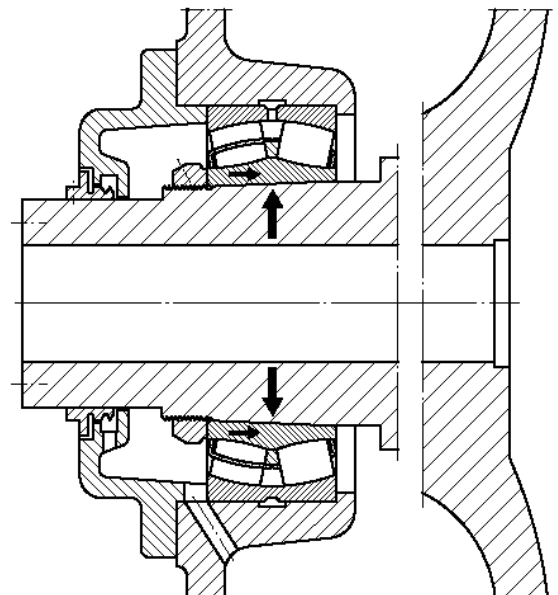
Обыкновенно первичные повреждения подшипников становятся причиной растрескивания внутреннего кольца подшипника. Примерами первичных повреждения являются выкрашивание поверхности вследствие усталости материала, забои и глубокие царапины, коррозия, повреждения при монтаже и обслуживании.

В свою очередь, растрескивание внутреннего кольца может являться причиной внепланового останова машины, поскольку подшипник может заклинить. В том же случае, когда подшипник с треснувшим кольцом продолжает находиться в работе, интенсивно изнашивается шейка вала вследствие нарушения плотности посадки; часто это приводит к серьезным повреждениям вала.

Характер и скорость развития трещин определяется внутренними напряжениями в металле под поверхностью подшипника и методом термообработки.

При установке подшипника на вал внутреннее кольцо растягивается. Это увеличивает растягивающие напряжения в металле кольца под беговыми дорожками. При работе эти напряжения дополнительно увеличиваются, поскольку температура и, следовательно, расширение вала больше, чем температура внутреннего кольца. Особенно велика разница температур при пуске машины. Отсутствие термоизоляции усугубляет ситуацию, см. рис.П6. Большинство производителей подшипников применяют закалку на мартенсит как стандартный вариант термообработки. Концерн SKF для сферических двухрядных роликоподшипников и подшипников CARB® применяет закалку на бейнит или цементацию. Цементация внутреннего кольца подшипника позволяет исключить опасность растрескивания. Поэтому SKF рекомендует применять подшипники с цементированными внутренними кольцами в опорах сушильных и Янки-цилиндров. На рис. 2 показано распределения напряжений и трещинообразование в кольцах подшипников, подвергнутых разным типам термообработки.

Рис.П6
Расширение внутреннего кольца



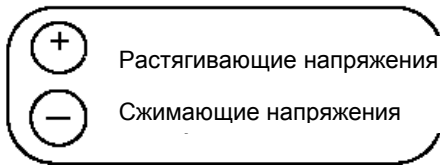
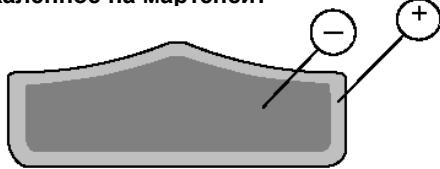
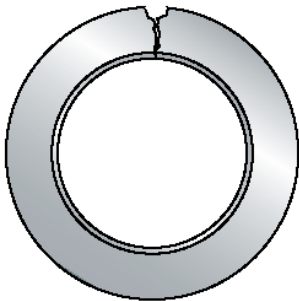


Рис. П7. Распределения напряжений и трещинообразование в кольцах подшипников, подвергнутых разным типам термообработки.

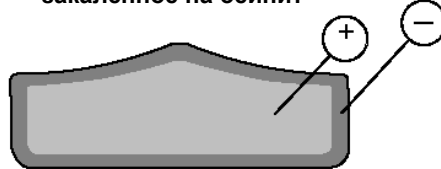
Внутреннее кольцо, закаленное на мартенсит



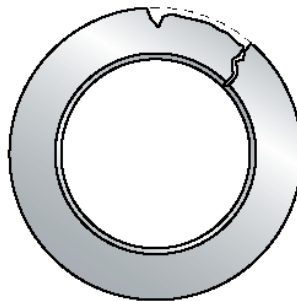
Поверхностные растягивающие напряжения (+) 50 - 100 МПа



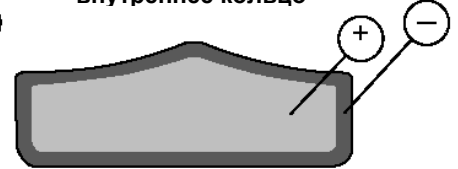
Внутреннее кольцо, закаленное на бейнит



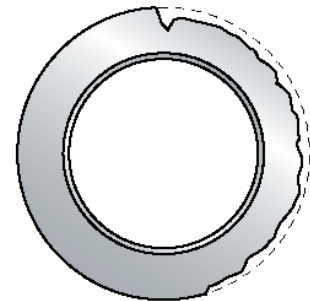
Поверхностные сжимающие напряжения (-) 50 - 100 МПа



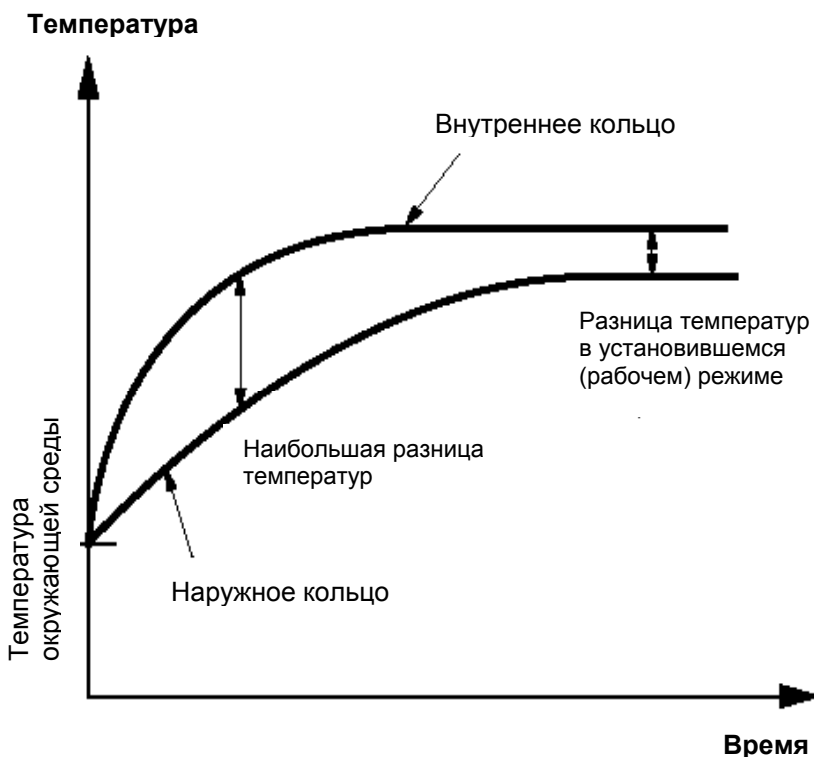
Цементированное внутреннее кольцо



Поверхностные сжимающие напряжения (-) 200 - 400 МПа



Для чего нужен увеличенный внутренний радиальный зазор С4 ?



Разница температур между наружным и внутренним кольцами уменьшает внутренний зазор в подшипнике. Для подшипников опор сушильных и Янки-цилиндров температура внутреннего кольца всегда больше, чем наружного, вследствие нагрева цилиндра паром во время работы. Это особенно актуально для цилиндров без термоизоляции паропровода. Наибольшая разница температур возникает после пуска машины, см. рис.П8., особенно при быстром запуске. Поэтому, во избежание возникновения избыточного радиального натяга (преднагружения), подшипник должен иметь увеличенный радиальный внутренний зазор. Натяг в посадке подшипника на вал тоже уменьшает внутренний зазор. Таким образом, требуемый начальный внутренний зазор подшипника определяется посадкой на вал и разницей температур колец. **Увеличенный зазор С4 исключает риск перегрузки подшипника.**

Для чего нужна температурная стабилизация S1 ?

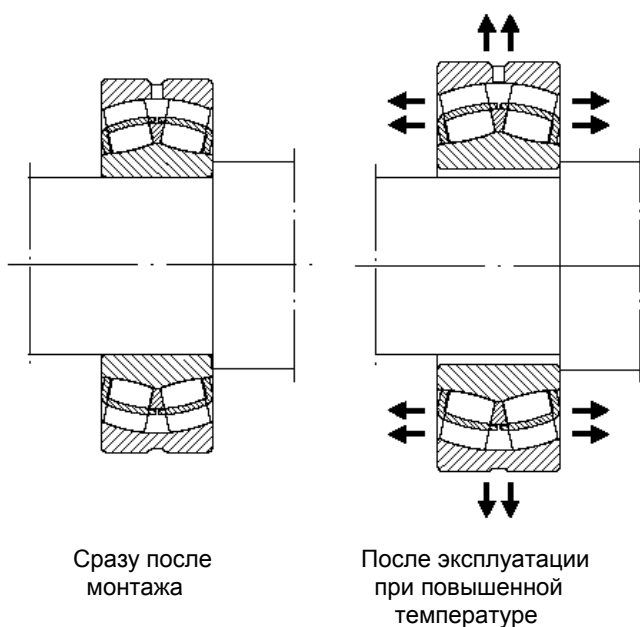


Рис.П9. Поведение нетермостабилизированного материала

В процессе эксплуатации размеры подшипника меняются вследствие структурных изменений в металле. Наиболее распространенная термообработка, практикуемая большинством производителей подшипников, - закалка на мартенсит - приводит к тому, что размеры подшипника увеличиваются с течением времени при работе в среде с повышенной температурой. При этом возникает риск ослабления посадки по валу и увеличения натяга посадки в корпусе, вплоть до заклинивания, см. рис.П9.

Все подшипники CARB® и сферические двухрядные роликоподшипники, производимые SKF, подвергнуты специальной стабилизирующей термообработке (S1). Такие подшипники могут постоянно работать при температуре до 200 °С в опорах сушильных и Янки-цилиндров без каких-либо проблем, связанных с изменением размеров колец.

Преимущества современного решения:

- повышенная надёжность
- увеличенная долговечность
- оптимальная конструкция
- минимальные расходы на эксплуатацию
- возможности для увеличения скорости бумагоделательной машины
- возможности для повышения качества бумаги вследствие уменьшения вибрации