

Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

В. С. КАМНЕВ

**ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАШИНАХ**

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 20

621.8
К18

В. С. КАМНЕВ

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
МАШИНАХ

1/218



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1960 ЛЕНИНГРАД

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Демков Е. Д., Долгов А. Н., Ежков В. В., Смирнов А. Д.,
Устинов П. И.

(ЭЭ-3-3)

Рассматриваются силы, действующие на подшипники, особенности их конструкции и система обозначений.

Описываются подшипники, применяющиеся в электрических машинах, техника демонтажа и монтажа на вал ротора, а также применяемые смазки и предохранение от коррозии при кратковременном и длительном хранении.

Рассматриваются причины дефектов подшипников, определяется пригодность их к дальнейшей работе. Рекомендуются меры для исключения повреждений подшипников.

Брошюра рассчитана на электрослесарей и мастеров, работающих по ремонту и обслуживанию электрических машин.

Автор Виктор Сергеевич Камнев

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

Редактор Е. А. Каминский

Техн. редактор Н. И. Борунов

Сдано в набор 1/II 1960 г.

Подписано к печати 18/III 1960 г.

Т-04027. Бумага 84×108¹/₃₂.

3,69 печ. л.

Уч.-изд. л. 4,2

Тираж 22 000 экз.

Цена 1 р. 50 к.

Зак. 2067

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПОДШИПНИКАХ

Назначение подшипников и принцип действия. Подшипники служат опорами валов и вращающихся осей и воспринимают силы, действующие на них.

По принципу действия различают подшипники качения и скольжения. В подшипниках скольжения трущиеся поверхности скользят друг против друга. В подшипниках качения шарики или ролики катятся по поверхности колец.

Одной из основных причин широкого распространения подшипников качения является то, что силы трения при качении значительно меньше сил трения при скольжении. Следовательно, потери энергии на преодоление этих сил меньше. Кроме того, подшипники качения обладают рядом других преимуществ перед подшипниками скольжения: уход за ними проще, массовое изготовление снижает стоимость, конструкции подшипниковых узлов машин упрощаются, возможно достижение высоких чисел оборотов, резко уменьшаются потери при трогании и т. д. В дальнейшем рассматриваются только подшипники качения.

Как показано на рис. 1, подшипники качения обычно состоят из внутреннего 1 и наружного 2 колец, тел качения (шариков или роликов) 3 и сепаратора 4, который служит для равномерного распределения тел качения по окружности.

На наружных и внутренних кольцах имеются дорож-

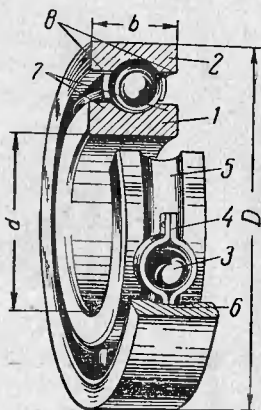


Рис. 1. Пример устройства подшипника. Шариковый радиальный однорядный подшипник.

ки качения (рабочие поверхности) 5 и 6, по которым катятся тела качения при вращении кольца. Выступающие части колец 7 и 8 носят название бортов. Отверстие d внутреннего кольца называется внутренним диаметром подшипника. Наружный диаметр D наружного кольца называется наружным диаметром подшипника. Ширина подшипника обозначается буквой b .

Как видно из приведенного описания, по конструкции подшипники очень просты. Простота их конструкции в большинстве случаев является причиной недооценки подшипников как очень точных механизмов.

Точность изготовления деталей подшипников описана в § 3. Здесь можно коротко сказать, что отдельные части подшипников изготавливаются с точностью в несколько микрон¹ и даже долей микрона (например, шарики подшипников повышенных точностей). Подобные точности применяются в очень немногих механизмах и машинах. В электрических машинах даже ответственного назначения таких точностей не применяют, так как это не вызывается технической необходимостью. Ведь чем выше точность, тем больше необходимо затратить труда на ее получение, тем, следовательно, стоимость будет выше. Кроме того, более точные механизмы всегда требуют более высокой культуры обращения и предъявляют большие требования к знаниям обслуживающего персонала.

Особенности обращения с подшипниками качения и технические требования к сопрягаемым с подшипниками деталям, изложенные ниже, могут на первый взгляд показаться несколько сложными, слишком жесткими и обременительными. Однако невыполнение этих требований приводит к тому, что большой труд, затрачиваемый подшипниковой промышленностью, будет сведен на нет, и подшипники преждевременно выйдут из строя.

Разнообразие условий работы подшипников, а также требований к их монтажу привели к созданию множества разных конструкций. Каждая из них обладает как положительными, так и отрицательными свойствами. Универсального подшипника, в котором сочетались бы только преимущества всех конструкций, не существует. Следовательно, каждая конструкция хороша только для определенных условий работы и монтажа. Исходя из

¹ Микрон ($\mu\text{м}$) — единица длины: тысячная доля миллиметра или миллионная доля метра.

этих условий, подшипники разделяют на группы, типы и серии (см. ниже).

Типичная схема установки подшипников качения в электрической машине общего назначения дана на рис. 2. Внутренние кольца 1 обоих подшипников жестко (с натягом) посажены на вал 4. Наружное кольцо 2 подшипника со стороны, противоположной приводу, закреплено в подшипниковом щите 3. Наружное кольцо 6 второго подшип-

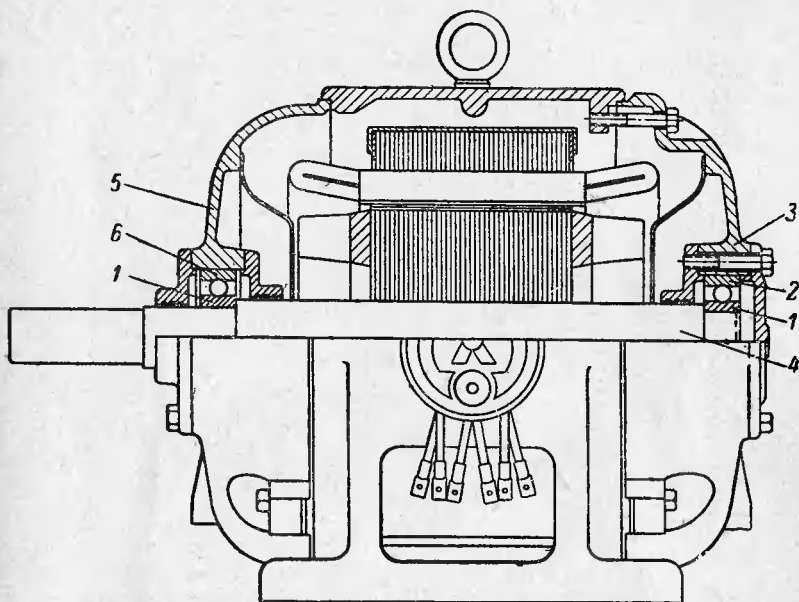


Рис. 2. Типичная схема установки подшипников в электрических машинах.

ника не закрепляется: между отверстием в подшипниковом щите и наружным кольцом имеется зазор. Благодаря зазору второй подшипник может свободно перемещаться вдоль отверстия подшипникового щита 5, поэтому его обычно называют «плавающим».

В качестве плавающей опоры часто применяют подшипник, который допускает достаточно большое перемещение внутреннего кольца относительно наружного. В этом случае наружное кольцо жестко сажается в подшипниковый щит.

Для чего нужна свобода перемещения? Свобода перемещения необходима, так как в процессе работы машины

ее детали (вал, корпус, подшипниковые щиты) имеют неодинаковый нагрев и, следовательно, расширяются в разной степени, из-за чего жесткое закрепление обоих подшипников привело бы в конечном итоге к защемлению тел качения между кольцами.

Для защиты от попадания в подшипники пыли, песка, грязи, продуктов износа щеток электрической машины и других абразивных¹ частиц подшипники иногда снабжаются защитными шайбами, резиновыми и фетровыми уплотнениями (подробнее см. § 4 и рис. 10).

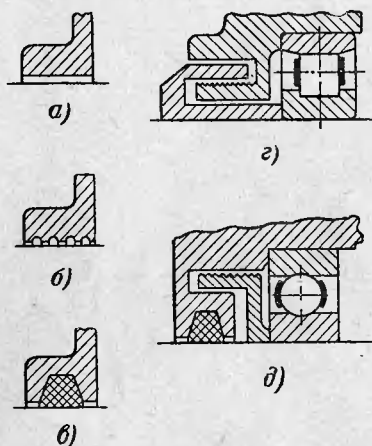


Рис. 3. Уплотняющие устройства в подшипниковых щитах.

а — кольцевой зазор; б — проточки (жировые канавки); в — фетровое; г — лабиринтное; д — комбинированное — фетровое и лабиринтное.

Большое значение для работы подшипников имеет смазка (см. § 10). Для предотвращения ее вытекания, а также для защиты от пыли, грязи и т. п. в подшипниковых щитах электрических машин устанавливают уплотнения, устройство которых иллюстрируется рис. 3.

Одно из них (рис. 3,б) применено в машине, которая показана на рис. 2.

Классификация подшипников. Выше уже упоминалось о том, что, исходя из условий работы, подшипники разделяются на группы, типы и серии.

Группы подшипников объединяют подшипники по следующим признакам: по направлению нагрузки, которую они могут воспринимать, по форме тел качения и по числу рядов тел качения.

Радиальной нагрузкой называется нагрузка, которая действует под прямым углом к оси вращения подшипника, т. е. оси вала (рис. 4,а). Осевая нагрузка действует в направлении оси вращения подшипника (рис. 4,б). Комби-

¹ Абразивы — мелкозернистые и порошкообразные вещества высокой твердости. Из абразивных материалов изготавливаются шлифовальные круги, бруски и т. п. В данном случае — мелкие твердые частицы.

нированная нагрузка — совместное действие как радиальной, так и осевой нагрузок (рис. 4, в).

По направлению нагрузки. Подшипники, которые могут воспринимать только радиальные нагрузки, носят название *радиальных* подшипников. В эту группу также входят подшипники, которые предназначены для радиальной нагрузки, но могут воспринимать и осевую нагрузку. Подшипники, предназначенные для восприятия только осевых нагрузок, называются *упорными*. Подшип-

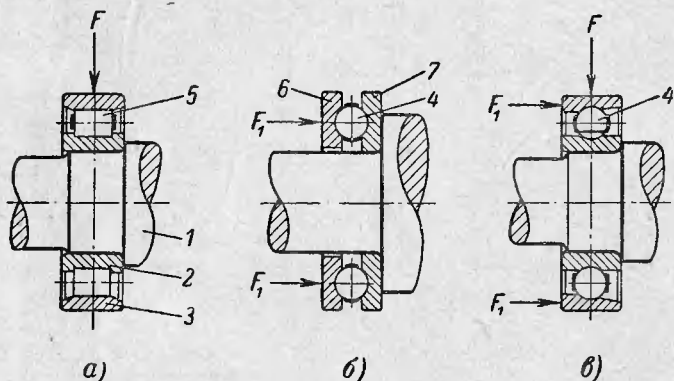


Рис. 4. Направление действия нагрузки.

F — радиальная нагрузка; F_1 — осевая нагрузка; 1 — вал; 2 — внутреннее кольцо подшипника; 3 — наружное кольцо; 4 — шарик; 5 — короткий цилиндрический ролик; 6 — свободное кольцо; 7 — тугое кольцо.

ники, воспринимающие комбинированные нагрузки, называются *радиально-упорными*.

По форме тел качения подшипники делятся на шариковые — тела качения шарики (рис. 4, б и в) и роликовые — тела качения ролики. В свою очередь роликовые подшипники по форме ролика подразделяются на следующие типы: подшипники с короткими цилиндрическими роликами (рис. 4, а), с длинными цилиндрическими роликами, с игольчатыми роликами, с витыми роликами, с коническими роликами, с бочкообразными роликами (рис. 5).

По числу рядов тел качения подшипники делятся на однорядные (рис. 4), двухрядные (рис. 6, а) и четырехрядные (рис. 6, б).

Типы подшипников. Одинаковые по конструкции подшипники объединяются в типы. Подшипники одного типа имеют одинаковую конструкцию, форму и число рядов тел качения и способны воспринимать нагрузку одного характера.

Серии подшипников. Серией называется ряд подшипников одного типа, габаритные размеры которых (наружный и внутренний диаметры и ширина) закономерно изменяются от одного размера подшипника к другому

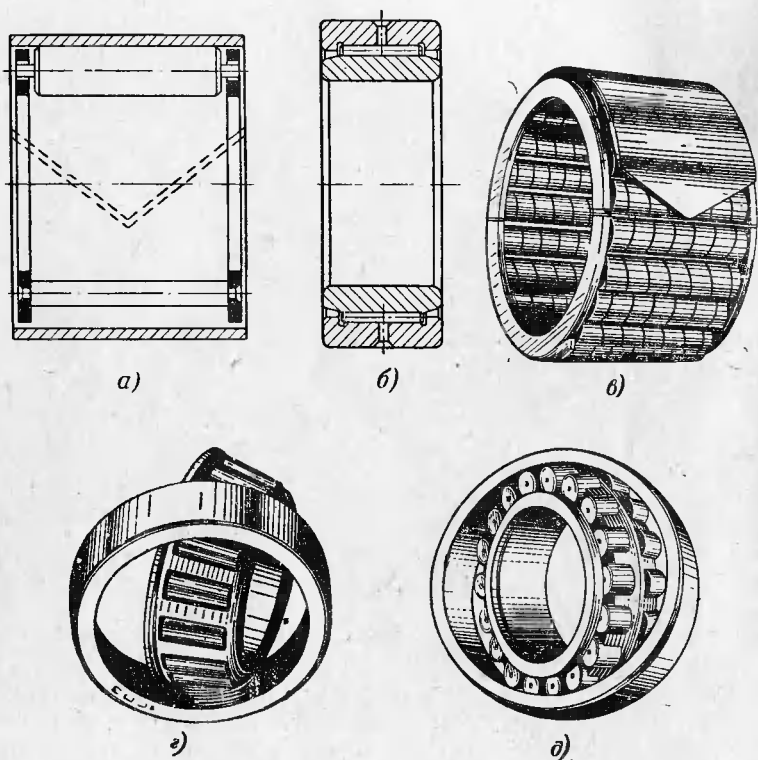


Рис. 55. Разновидности роликовых подшипников.

a — с длинными цилиндрическими роликами; *б* — с иглообразными роликами; *в* — с витыми роликами; *г* — с коническими роликами; *д* — с бочкообразными роликами.

и регламентируются размерными рядами, установленными ГОСТ 3478-54. Например, шарикоподшипники радиальные однорядные, широко применяемые в народном хозяйстве, в том числе и в электрических машинах, имеют пять серий.

В табл. 1 показано отличие этих подшипников с внутренним диаметром 20, 25 и 30 мм разных серий.

Номенклатура основных типов подшипников, выпускаемых подшипниковой промышленностью, их сравнительные

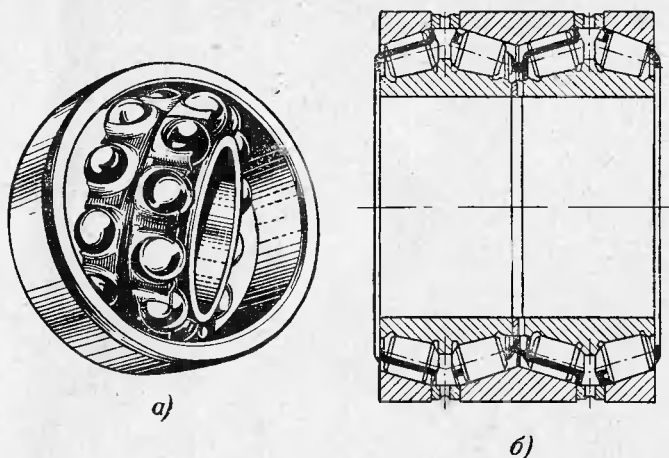


Рис. 6. Двухрядные и четырехрядные подшипники.

данные по допускаемым оборотам и нагрузкам с краткой характеристикой эксплуатационных качеств даны в ГОСТ 3395-46.

Таблица 1

Серия	Условное обозначение серии	Условное обозначение подшипника	Внутренний диаметр, мм	Наружный диаметр, мм	Ширина, мм
Сверхлегкая .	1000900 {	1000904	20	37	9
		1000905	25	42	9
		1000906	30	47	9
Сверхлегкая .	7000100 {	7000104	20	42	8
		7000105	25	47	8
		7000106	30	55	9
Особолегкая .	100 {	104	20	42	12
		105	25	47	12
		106	30	55	13
Легкая	200 {	204	20	47	14
		205	25	52	15
		206	30	62	16
Средняя	300 {	304	20	52	15
		305	25	62	17
		306	30	72	19
Тяжелая	400 {	404	20	72	19
		405	25	80	21
		406	30	90	23

Ниже рассматриваются только типы подшипников, нашедшие наибольшее применение в электрических машинах.

По точности основных размеров и точности вращения подшипники делятся на несколько классов точности. Чем выше класс точности, тем точнее изготавливается подшипник и тем выше его стоимость.

Классы точности выпускаемых подшипников и их оптовая цена по сравнению с подшипниками нормального класса приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Класс точности	Обозначение	Оптовую цену увеличить в раз
Нормальный	Н	1
Повышенный	П	1,3
Особоповышенный	ВП	1,7
Высокий	В	2
Особовысокий	АВ	3
Прецизионный	А	4
Особопрецизионный . . .	СА	7
Сверхпрецизионный . . .	С	10

В электрических машинах как общего, так и во многих машинах специального назначения применяются подшипники нормального класса точности. Применение в них дорогостоящих подшипников более высоких классов точности технически не оправдано и не экономично. Подшипники высоких классов точности применяются только в машинах, где требуется точность вращения валов. В качестве примера применения подшипников высоких классов точности можно привести электрошпиндель (электропривод шлифовального камня) шлифовального станка. При высоких числах оборотов 5000—40 000 об/мин и даже до 100 000 об/мин шлифовальный круг не должен давать биений как в радиальном, так и осевом направлении, иначе точность шлифовки детали нарушается. Поэтому в электрошпинделях применяют подшипники классов точности А, СА и даже С.

Зазоры в подшипниках. Для правильной работы подшипника между его деталями должны выдерживаться нормируемые зазоры. Величина зазоров сильно сказывается на долговечности подшипника и точности работы машины. При малых зазорах происходит нагрев деталей и как следствие этого заклинивание подшипника. При больших зазо-

рах уменьшается его долговечность и появляются вибрации машины.

Под зазором в подшипнике подразумевают зазоры между телами качения и кольцами, которые дают возможность некоторого перемещения одного кольца относительно другого в радиальном и осевом направлениях.

Радиальный зазор — это величина максимально возможного перемещения одного кольца относительно другого в радиальном направлении (рис. 7,а).

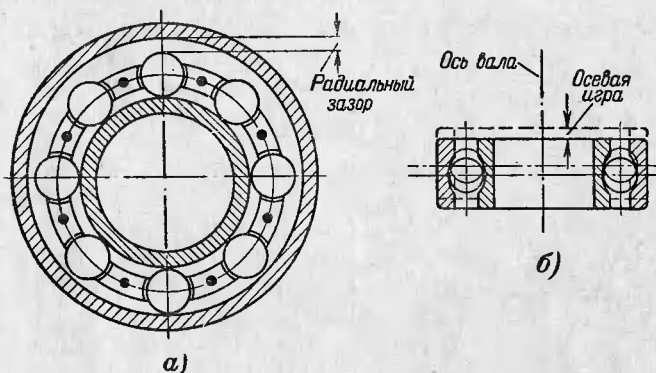


Рис. 7. Нормируемые зазоры. При определении величины осевой игры подшипник кладут на горизонтальную опору, в связи с чем ось вала на рис. 7,б расположена по вертикали.

Осевая игра (осевой зазор) — величина максимально возможного перемещения одного кольца относительно другого в осевом направлении (рис. 7,б).

Долговечность подшипников. Продолжительность работы подшипников — срок их службы — является одной из важнейших характеристик подшипников и ограничивается усталостью металла от многократных нагружений телами качения: шарики или ролики, катясь по рабочим поверхностям колец, под действием нагрузки на подшипник то нагружают, то разгружают каждое место дорожки качения. В результате этого через определенный промежуток времени работы в поверхностном слое дорожек качения появляются трещины усталости. При дальнейшей работе подшипника в этом месте начинают выкрашиваться отдельные кусочки поверхностного слоя дорожки качения кольца, т. е. появляется усталостное выкрашивание (рис. 8). Усталостное выкрашивание быстро прогрессирует,

температура подшипника повышается, появляются вибрации и происходит заклинивание подшипника.

Продолжительность работы подшипника в часах до появления следов усталости металла называется долговечностью подшипника. Долговечность подшипника, подсчитанная по расчетным формулам, называется *расчетной долговечностью*. Согласно ГОСТ 520-55 расчетную долговечность должны отрабатывать не менее 90% подшипников

испытываемой партии. Расчетная долговечность подшипников, установленных в машинах малой и средней мощности общего назначения, обычно составляет 10 000—20 000 ч и выше.

Долговечность отремонтированных подшипников может быть на 15% ниже, чем новых подшипников нормального класса точности.

Если подшипник правильно смонтирован в узле машины, при эксплуатации хорошо защищен от попадания посторонних частиц (пыли, грязи и т. д.), не перегревается выше допустимой температуры, то подшипник обычно выходит из строя из-за появления усталостного выкрашивания на дорожках качения колец. Это подтверждают мно-

Рис. 8. Усталостное выкрашивание металла на дорожке качения шарикового подшипника.

гочисленные стендовые испытания, массовая эксплуатация ряда специальных электрических машин, где культура обращения с подшипниками высокая и соблюдаются правила ухода в процессе эксплуатации. При этом подшипники отрабатывают расчетную долговечность. Многие подшипники выдерживают по 5—12 расчетных долговечностей.

Однако в процессе эксплуатации электрических машин общего назначения и частично специального назначения многие подшипники заменяются до отработки расчетной долговечности и появления усталости металла на рабочих поверхностях колец из-за износов и задиров рабочих поверхностей подшипника, плохого вращения и заклинива-

ния. Эти дефекты являются следствием плохого монтажа, неудовлетворительной защиты подшипника в процессе эксплуатации от попадания пыли, грязи, песка и др., применения загрязненных посторонними частицами смазок и т. д., а не следствием неверности расчетных формул и плохого качества подшипников, как это иногда считают по неопытности.

2. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ

На каждом подшипнике имеется условное обозначение, нанесенное ударным клеймом на одно из колец, а у разъемных подшипников на оба кольца. Реже условное обозначение вытрачивается кислотой или пишется электрографом. Иногда одна часть условного обозначения клеймится, другая наносится кислотой или электрографом. На подшипниках с шириной торцевой площадки колец менее 1 мм (подшипники малых размеров) условное обозначение наносится на упаковочную коробку.

Условное обозначение подшипника состоит из цифр и букв, расположенных по определенной системе и характеризующих подшипник по размеру внутреннего диаметра внутреннего кольца, серии, типу и конструктивным особенностям. В связи с этим количество цифр и букв в условном обозначении иногда доходит до 15.

Буквы в условном обозначении подшипника характеризуют конструктивные особенности подшипника и класс точности.

Значения цифр определяются занимаемыми ими местами в обозначении, считая справа налево, а именно: 1-я и 2-я цифры — диаметр вала (внутренний диаметр подшипника), 3-я и 7-я цифры — серия, 4-я цифра — тип, 5-я и 6-я цифры — конструктивные особенности.

Поясним применение системы обозначений двумя примерами:

Пример 1. Подшипник имеет обозначение 2210. Цифры 10, будучи умножены на 5, дают внутренний диаметр подшипника, в нашем примере 50 мм. Цифра 2 (3-я справа) обозначает серию. Она присвоена легким сериям. Цифра 2 (4-я справа) обозначает тип подшипника. Она присвоена роликовым подшипникам с короткими цилиндрическими роликами. Так как впереди условного обозначения буква отсутствует, — подшипник нормального класса точности.

Пример 2. Подшипник П204Б. Буква Б присвоена подшипникам с массивным сепаратором из бронзы. Цифры

0,4 умноженные на 5, дают внутренний диаметр подшипника — 20 мм. Цифра 2 обозначает серию — легкую. Впереди цифровой части условного обозначения стоит буква П, указывающая на то, что подшипник повышенного класса точности.

Для машин и механизмов, не требующих точного вращения (лебедки, ролики рольгангов и транспортеров, вагоетки и т. д.), выпускаются подшипники с пониженными требованиями к точности изготовления. Подшипники этих классов обозначаются буквами НО и О и в электрические машины не устанавливаются.

Выпускаемые ремонтными подшипниковыми заводами отремонтированные подшипники трех классов точности обозначаются буквами НР, ОР и УР. Эти подшипники предназначены для замены подшипников при ремонте машин и механизмов.

3. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

В связи с тем, что продолжительность работы подшипника ограничивается усталостью металла, применяемые материалы, конструкция деталей подшипника, технология изготовления направлены на обеспечение наибольшей усталостной стойкости рабочих частей подшипника.

Материалы для изготовления подшипников. Для изготовления подшипников применяется износостойкая электросталь с высоким содержанием хрома марок ШХ (шарикоподшипниковая хромистая) с высокими требованиями к чистоте стали.

Твердость колец и роликов 61—65, а шариков 62—66 единиц Роквелла¹ по шкале С, т. е. соответствует твердости напильников и надфилей. Поэтому, если подшипник на валу ротора плохо вращается, имеет местные притормаживания или вращается с большим шумом, нельзя рассчитывать на то, что он приработается, как это имеет место для подшипников скольжения, залитых баббитом и в меньшей степени залитых антифрикционными бронзами. Указанные выше ненормальности в подшипнике могут вызвать повышение температуры сверх допустимой и как следствие этого подшипник выйдет из строя.

¹ Метод Роквелла заключается во вдавливании алмазного конуса определенных размеров в испытуемый образец под определенной нагрузкой. Число твердости определяется по глубине вдавливания при помощи индикатора.

Допустимая рабочая температура для подшипников общего назначения 120°C . При более высокой температуре происходит отпуск металла, твердость деталей подшипников уменьшается и срок службы резко сокращается. Появление цветов побежалости на рабочих поверхностях подшипника указывает, что подшипник работал при температурах выше 120°C . Подшипники с цветами побежалости к дальнейшей работе не допускаются.

Следует отметить, что при продолжительной работе подшипника при температурах, близких к предельно допустимой (120°C), происходит пригар масла, который можно ошибочно принять за цвета побежалости.

Ударная вязкость¹ стали марок ШХ незначительная — $0,3 \div 1 \text{ кГ} \cdot \text{м/см}^2$. Сталь напильников и надфилей имеет аналогичную вязкость. О том, что напильники ломаются даже от сравнительно небольших ударов по ним, известно многим. Поэтому непосредственные удары по кольцам подшипника при монтаже и демонтаже недопустимы, так как могут образоваться трещины и даже разрушиться кольцо.

Чистота и точность обработки. Чистота обработки рабочих дорожек и тел качений в шариковых подшипниках выдерживается в пределах 10—12-го классов чистоты по ГОСТ 2789-51. Чистота обработки дорожек и тел качения в роликовых подшипниках находится в пределах 8—10-го классов.

Меньшая чистота обработки в роликовых подшипниках объясняется следующим.

В подшипниках без нагрузки шары соприкасаются с дорожкой качения кольца в точке, а ролики — по линии. При приложении нагрузки к подшипнику за счет упругих деформаций поверхность соприкосновения несколько увеличивается и в первом случае будет иметь форму эллипса, во втором — прямоугольника. Однако в шариковом подшипнике поверхность соприкосновения шариков с кольцами во много раз меньше, чем роликов с кольцами в роликовом подшипнике. Поэтому при прочих равных условиях долговечность роликовых подшипников значительно выше шариковых, они менее требовательны к качеству металла, чистоте обработки дорожек качения и тел качения, точности геометрических форм и к эксплуатации.

¹ Ударная вязкость характеризует сопротивляемость металлов ударам и определяется при испытаниях стандартных надрезанных образцов на изгиб при ударе. Измеряется работой, затрачиваемой на разрушение образца.

Чтобы яснее себе представить, насколько высока чистота обработки деталей подшипников, необходимо дать небольшие пояснения. ГОСТ 2789-51 предусматривает 14 классов чистоты обработки. 1-й класс соответствует грубым поверхностям, получаемым при первой токарной обработке (обдирке), 14-й класс — после очень тонких отделочных операций. С чистотой обработки по 12—14-му классам выполняются в основном рабочие поверхности ответственных измерительных приборов, калибров, измерительных плиток. По 9—11-му классам чистоты обрабатываются рабочие шейки коленчатых валов, наружные поверхности поршневых колец, зеркала гильз цилиндров поршневых моторов.

Чистота обработки колец и тел качения определяется классом точности подшипника и его размером. Чем выше класс точности подшипника, тем его рабочие поверхности обрабатываются с большей чистотой. Чем больше размер подшипника, тем чистота обработки ниже.

Окончательная обработка дорожек качения колец шариковых подшипников на подшипниковых заводах производится тремя методами: полировка, суперфиниш и доводка. Последние два метода менее распространены, чем полировка.

Внешний вид поверхностей дорожек качения, обработанных этими методами, различен, что необходимо учитывать при осмотре рабочих поверхностей. Так, дорожки качения, обработанные полировкой, имеют зеркальный блеск. При суперфинише (сверхдоводке) на дорожках качения заметны характерные для этого метода риски и поверхность имеет меньший блеск, чем полированная. Поверхность, обработанная доводкой, имеет характерный матовый оттенок.

У роликподшипников рабочие дорожки качения шлифованные. Дополнительная обработка суперфинишем делается редко. Ролики после шлифовальных операций дополнительным операциям обработки не подвергаются. Шарикоподшипники окончательно обрабатываются полировкой.

Детали подшипников изготавливаются с большой точностью. Разность диаметров (разноразмерность) шариков в шариковом подшипнике не выше 3 мк, а в роликовом 5 мк. В подшипники высоких классов точности ставятся шарики с разноразмерностью 0,5—1 мк.

Биения одного кольца относительно другого как в радиальном, так и в осевом направлениях измеряются микро-

нами и также зависят от размера и классности подшипника.

Зазоры и их измерения. Как уже указывалось в § 1, в подшипниках различают два вида зазоров: радиальный зазор и осевую игру (рис. 7).

Между радиальным зазором и осевой игрой существует определенная зависимость. Для шарикового радиального однорядного подшипника (рис. 1) можно считать, что величина осевой игры приблизительно в 10 раз больше радиального зазора. Однако это соотношение может сильно изменяться, так как зависит от многих факторов.

Шариковые радиальные однорядные подшипники выпускаются либо с определенными величинами радиальных зазоров, либо осевой игры. Это значит, что при выпуске с заводов контролируется либо радиальный зазор, либо осевая игра. Одновременно радиальный зазор и осевую игру не контролируют. Для обеспечения надежной работы подшипника большее значение имеет строгое соблюдение радиального зазора. Подшипники с зазорами осевой игры необходимы для узлов, где осевое перемещение валов должно находиться в строгих пределах.

Величины радиальных зазоров подшипников регламентируются отраслевыми нормами¹ подшипниковой промышленности. В нормах имеется основной ряд величин радиальных зазоров и дополнительные ряды с величинами зазоров, большими и меньшими основного ряда. Дополнительные ряды предназначены для подшипников специального назначения. Величины зазоров по дополнительным рядам выбираются в зависимости от условий работы подшипника и требований к узлу машины. Подшипники общего применения выпускаются с зазорами по основному ряду (приложения 1, 2, 3).

Радиальные зазоры и осевая игра шариковых радиальных однорядных подшипников при выпуске с подшипниковых заводов контролируются на специальных приборах под нагрузкой 2—15 кг в зависимости от размера подшипника. Меньшим размерам соответствуют меньшие нагрузки.

Замер радиальных зазоров под нагрузкой более точен

¹ Нормаль — технический документ, в котором устанавливаются единые нормы и требования по маркам, размерам, качеству изделий отдельных деталей, узлов и т. п. Нормали имеют ведомственное, заводское, отраслевое значение в отличие от стандартов (ГОСТ), которые имеют общегосударственное значение.

и стабилен, чем при контроле без нагрузки. Приборы для контроля зазоров под нагрузкой сравнительно сложные и их мало в ремонтных цехах и мастерских. Радиальный зазор и осевую игру подшипников для машин общего назначения и многих машин специального назначения можно измерить на простых приспособлениях. Получающаяся при этом точность для практики достаточна.

Для замера радиального зазора подшипник устанавливается на приспособление (рис. 9, а), которое представляет собой горизонтальную плиту 1, в центре которой укреплен

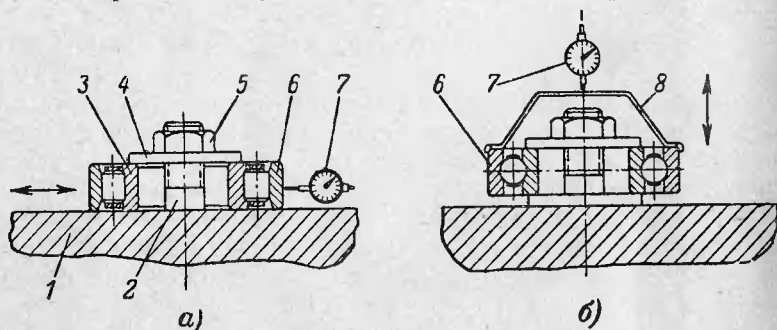


Рис. 9. Замеры радиального зазора и осевой игры в подшипнике.

стержень 2 с резьбой. Внутреннее кольцо 3 подшипника закрепляется с помощью шайбы 4 и гайки 5. Перемещая рукой наружное кольцо 6 в направлении стрелки из одного крайнего положения в другое, измеряют величину радиального зазора с помощью миниметра или индикатора¹ часового типа.

Для определения величины радиального зазора необходимо выполнить три измерения в трех положениях наружного кольца. После первого измерения наружное кольцо поворачивается на 120° и производится второе измерение. В третий раз измеряют после поворота наружного кольца еще на 120° . Среднее арифметическое результатов

¹ Миниметром называется прибор для контроля наружных размеров точных деталей сравнительным методом. Цена деления миниметров 0,001; 0,002; 0,05 и 0,1 мм.

Индикатор — измерительный инструмент, стрелка которого показывает на круглом циферблате перемещения мерного штифта с точностью 0,01—0,002 мм.

Эти мерительные инструменты подробно описаны, например, в книге Лесохина А. Ф. «Допуски, посадки и технические измерения», Машгиз, 1959.

трех измерений принимается за величину радиального зазора. Например, при измерениях получились следующие величины: 20; 33 и 37 мк. Среднее арифметическое составляет $\frac{20+33+37}{3} = 30$ мк и есть величина радиального зазора подшипника.

Для замера осевой игры (рис. 9,б) на наружное кольцо 6 подшипника устанавливается специальная скоба 8, в которую упирается ножка миниметра или индикатора 7. Перемещая рукой наружное кольцо из одного крайнего положения в другое в направлении стрелки, определяют величину осевой игры.

Для замера зазора в подшипниках для ответственных машин, а также при проверке качества подшипников, полученных с подшипниковых заводов, необходимо применять приборы с замером зазоров под нагрузкой. У шариковых радиальных однорядных подшипников разница в величинах замеров зазоров под нагрузкой и без нагрузки будет составлять несколько микрон. Это объясняется тем, что при приложении нагрузки происходит упругая деформация металла колец и шариков в месте их соприкосновения. У роликовых радиальных однорядных подшипников заметной разницы в величинах замеров нет, так как упругие деформации у них малы.

Для подшипников ответственных электрических машин специального назначения установлены предельные значения радиальных зазоров. Это означает, что получающиеся при замерах значения зазоров не должны выходить за эти пределы. В этом случае величины радиальных зазоров устанавливаются специальными техническими условиями.

Как отмечалось выше, подшипники, прошедшие ремонт на ремонтных подшипниковых заводах, выпускаются трех классов точности: НР, ОР, УР. При монтаже в электрические машины этих подшипников необходимо учитывать следующие их особенности. Подшипники класса НР по допускаемым отклонениям посадочных размеров наружного и внутреннего диаметров соответствуют допускаемым отклонениям посадочных размеров подшипников класса точности Н (см. § 9 и приложение 4). Подшипники класса точности ОР имеют допускаемые отклонения в 2 раза больше. Подшипники класса УР имеют допускаемые отклонения в 3 раза больше, чем у класса точности Н новых подшипников.

Увеличение допускаемых отклонений у отремонтированных подшипников объясняется тем, что при ремонте производится удаление дефектов с посадочных поверхностей методом шлифовки. Чем глубже был дефект, тем больше металла снимают шлифовкой.

4. ПОДШИПНИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИНАХ

В электрической машине подшипники качения воспринимают нагрузки от веса ротора, одностороннего магнитного притяжения вала ротора к обмоткам статора, а также привода.

Вибрации машины сильно влияют на долговечность подшипников. При расчете подшипников на долговечность величина вибрации учитывается специальным коэффициентом.

Наибольшую нагрузку воспринимает подшипник со стороны привода. Поэтому в электрических машинах средней мощности и частично в машинах малой мощности со стороны привода устанавливается шариковый радиальный однорядный подшипник больших размеров, чем со стороны, противоположной приводу, с тем чтобы долговечность обоих подшипников была примерно одинакова. Вместо шарикового подшипника со стороны привода с этой же целью часто устанавливается роликовый подшипник, который одновременно выполняет роль «плавающей опоры» (см. § 1).

Рассмотрим подшипники, применяющиеся в электрических машинах.

Шариковые радиальные однорядные подшипники наряду с радиальной нагрузкой способны воспринимать и осевые нагрузки в обоих направлениях, широко применяются в электрических машинах. В машинах малой и средней мощности (от 0,6 до 100 кВт) общего назначения применяются подшипники серий 200, 300 и 400, а в миниатюрных машинах (мощностью до 0,6 кВт) подшипники малых размеров от 3 до 20 мм серий 200, 1000900, 7000100 (рис. 10,а).

Подшипники общего назначения имеют штампованные сепараторы, изготовленные методом холодной штамповки из стальной ленты или латуни. Они центрируются на шариках, т. е. шарики, а не борта колец ограничивают перемещение сепаратора в радиальном направлении.

При работе сепаратор не должен касаться бортов наружного и внутреннего колец, за исключением подшипников малых размеров (с внутренним диаметром менее 10 мм). У подшипников малых размеров ввиду ограниченного пространства между кольцами сепаратор может касаться бортов одного из колец, но в этом случае борта ко-

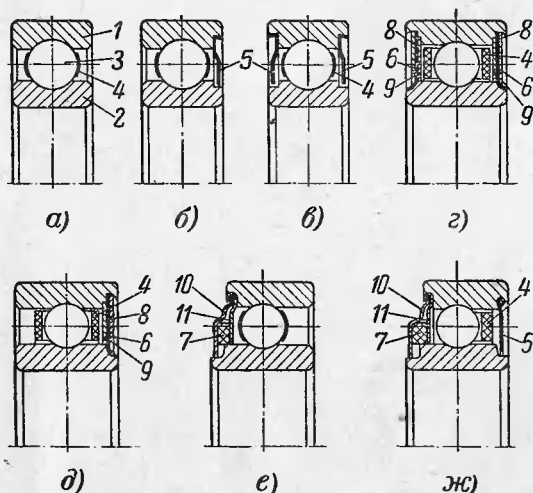


Рис. 10. Шариковые радиальные однорядные подшипники.

а — основной тип (серии 200, 300, 400, 1000900, 7000100); б — с одной защитной шайбой, тип 60000; в — с двумя защитными шайбами, тип 80000; г — с двумя резиновыми уплотнениями, тип 180000; д — с одним резиновым уплотнением, тип 160000; е — с односторонним фетровым уплотнением, тип 520000; жс — с односторонним фетровым уплотнением и одной защитной шайбой, тип 140000.

1 — наружное кольцо; 2 — внутреннее кольцо; 3 — шарик; 4 — сепаратор; 5 — стальная защитная шайба; 6 — резиновое уплотнение; 7 — фетровое уплотнение; 8 — пружинное кольцо; 9 — шайба; 10 — шайба наружная; 11 — шайба внутренняя.

лец выполняются с большей чистотой обработки для уменьшения трения. В случае касания и трения сепаратора о борт кольца в подшипниках с внутренним диаметром свыше 10 мм может произойти разрыв сепаратора из-за дополнительной нагрузки на него от трения о борт.

Подшипники, показанные на рис. 10, б—жс, применяются в электрических машинах специального назначения.

Для машин специального назначения и имеющих высокие числа оборотов применяют подшипники с массивными сепараторами. Они изготавливаются из заготовки путем ме-

ханической обработки резанием. Эти сепараторы при высоких числах оборотов и значительных нагрузках работают более надежно, чем штампованные.

Из массивных сепараторов в электрических машинах хорошо зарекомендовали себя сепараторы, выполненные из текстолита. Применяются также массивные сепараторы из латуни и бронзы; в последнее время начинают применяться сепараторы из пластических масс.

В настоящее время массивные сепараторы большей частью центрируются по своему наружному диаметру и реже — по внутреннему. Это означает, что при работе сепаратор касается в первом случае бортов наружного кольца; во втором — внутреннего. Тот или иной метод центрирования достигается соответствующим соотношением размеров наружного и внутреннего диаметров сепаратора. При центрировании сепаратора по своему наружному диаметру обеспечивается большая надежность в работе из-за самобалансировки сепаратора.

Центрирование массивных сепараторов на шарах не делается из-за сложности изготовления и ненадежности в работе.

У подшипников с массивными сепараторами борта колец, о которые при работе подшипника будет касаться сепаратор, выполняются с большей чистотой обработки. Чистота обработки борта и его состояние сильно влияют на износ массивных сепараторов.

Для предохранения подшипников от попадания в них пыли, песка, грязи, продуктов износа щеток и других абразивных частиц, которые сильно снижают долговечность, служат стальные защитные шайбы, резиновые уплотнения и уплотнения из органических пластиков и фетра у подшипников типов 60000, 80000, 180000, 160000, 520000 и 140000 (рис. 10).

Резиновые и фетровые уплотнения более надежно защищают подшипники от попадания в них посторонних частиц, чем защитные шайбы. Однако последние менее трудоемки в производстве и, следовательно, более дешевы и поэтому имеют широкое применение.

Преимущества подшипников с встроенными уплотнениями перед обычными заключаются в том, что они не нуждаются в уплотнениях в подшипниковых щитах, упрощая и удешевляя их конструкцию. Подшипники с встроенными уплотнениями начинают все более применяться в электрических машинах специального назначения, осо-

бенно подшипники типа 180000 и 160000 с резиновыми уплотнениями, которые надежно предохраняют подшипники от попадания в них посторонних частиц. Уплотнения легко демонтируются для осмотра рабочих частей подшипника и смены смазки. Подшипники этих типов являются перспективными как для электрических машин, так и для других отраслей промышленности.

Защитные шайбы и кожухи с фетровыми уплотнениями закрепляются запрессовкой или завальцовкой на наружном кольце и составляют неразъемную конструкцию с кольцом. Это затрудняет смену смазки и осмотр рабочих частей подшипника, а у подшипников типа 140000 (рис. 10, ж) смену смазки делает практически почти невозможной. Смазка в подшипники закрытого типа 80000, 180000 и 140000 закладывается на заводе-изготовителе перед установкой уплотнений.

Роликовые радиальные однорядные подшипники с короткими цилиндрическими роликами показаны на рис. 11. Они получили наибольшее применение в электрических машинах средней мощности и пока мало применяются в машинах более 100 квт. В электрических машинах специального назначения большой мощности роликовые подшипники применяются в тяговых двигателях тепловозов, электровозов, трамвая, троллейбуса и т. д.

Подшипники с безбортовыми кольцами типов 2000 и 32000 (рис. 11, а, б) воспринимают только радиальную нагрузку. Они широко применяются в качестве «плавающей опоры» ротора машины (см. § 1), так как допускают некоторое перемещение одного кольца относительно другого.

Сепараторы подшипников выполняются массивными из латуни и реже из бронзы. Сепараторы, штампованные из стальной ленты, применяются мало ввиду некоторой сложности изготовления.

Центрирование сепаратора производится по кольцу, которое имеет два борта. У подшипников типа 2000 центрирование сепаратора производится по внутреннему кольцу; у подшипников остальных типов, показанных на рис. 11, — по наружному кольцу. Борта колец, по которым центрируется сепаратор, шлифуются, а рабочая поверхность сепаратора имеет более чистую обработку, чем та сторона, по которой центрирование не производится. Состояние рабочих поверхностей влияет на износ сепаратора.

Шариковые радиально-упорные подшипники (рис. 12) наряду с радиальными нагрузками способны также воспринимать значительные осевые нагрузки в одном направлении. В электрические машины общего назначения эти подшипники не устанавливаются и обычно применяются

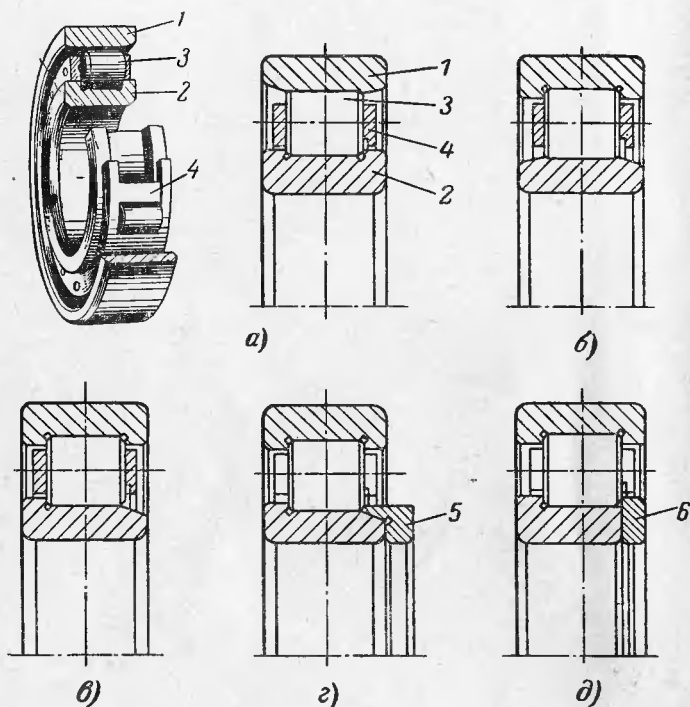


Рис. 11. Роликовые радиальные однорядные подшипники с короткими цилиндрическими роликами.

a — без бортов на наружном кольце, тип 2000; *б* — без бортов на внутреннем кольце, тип 32000; *в* — с одним бортом на внутреннем кольце, тип 42000; *г* — с одним бортом на внутреннем фасонным кольцом, тип 62000; *д* — с одним бортом на внутреннем кольце и с плоским упорным кольцом, тип 92000.

1 — наружное кольцо; 2 — внутреннее кольцо; 3 — ролик; 4 — сепаратор; 5 — фасонное упорное кольцо; 6 — плоское упорное кольцо.

в электрических машинах специального назначения. Подшипники типа 36000, например, устанавливаются в электрошпиндели шлифовальных станков (электропривод шлифовального камня). Подшипники типов 46000 и 66000 устанавливаются, например, в электродвигатели ДАМВШ 114-4 и 115-4 подвесных шахтных насосов, где три подшип-

ника 66322, помимо веса ротора, воспринимают осевые нагрузки 4,5—6,0 т.

Радиально-упорные подшипники в основном предназначены для высоких чисел оборотов и поэтому имеют массивный сепаратор из текстолита или латуни.

Центрирование сепаратора производится по шарикам.

Количество шариков в этих подшипниках на 30—40% больше, чем у радиальных однорядных. Это объясняется следующими особенностями конструкции и сборки.

Дело в том, что при сборке шариковых радиальных однорядных подшипников внутреннее кольцо сдвигается к одной стороне наружного, а освободившееся при этом пространство заполняется шариками. Затем шарики равномерно распределяют по всей окружности. При этом внутреннее кольцо становится на свое место по центру подшипника. Величина пространства между наружным и сдвинутым внутренним кольцом ограничивает количество шариков, которое можно ввести в подшипник.

Радиально-упорные подшипники собирают иначе. У них наружное кольцо имеет один борт. Вместо второго борта на кольце выполнен конус (замок), через который при сборке шарики вводятся в подшипник. Подшипники собирают с подогревом наружного кольца. При таком способе сборки через замок можно заполнить все пространство между кольцами, т. е. расположить шарики по всей окружности. Количество шариков выбирается исходя из прочности перемычек сепаратора между ними.

Большое количество шариков увеличивает точность вращения, долговечность и грузоподъемность подшипника. Однако отсутствие второго борта у наружного кольца препятствует восприятию осевой нагрузки в обоих направлениях.

Радиально-упорные подшипники требуют при монтаже осевой регулировки, т. е. установления определенной величины осевой игры. Этим они отличаются от описанных

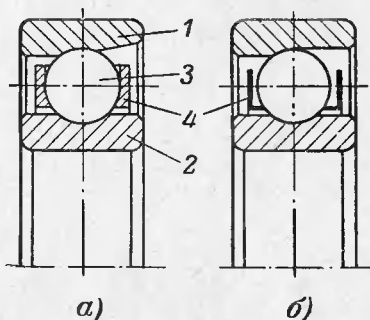


Рис. 12. Шариковые радиально-упорные подшипники.

a — типы 36000, 46000, 66000;

б — тип 6000 (магнетные).

1 — наружное кольцо; 2 — внутреннее кольцо; 3 — шарик; 4 — сепаратор.

выше шариковых радиальных однорядных подшипников, где нормированная осевая игра обеспечивается при сборке подшипников.

Разновидностью радиально-упорных подшипников являются подшипники типа 6000 (рис. 12,б). Свое название — магнетные — они получили из-за их первоначального применения в магнето. Наружное кольцо не имеет замка, как у радиально-упорных шариковых подшипников, что делает подшипник разборным. При монтаже требуется регулировка осевой игры. Подшипники типа 6000 широко приме-

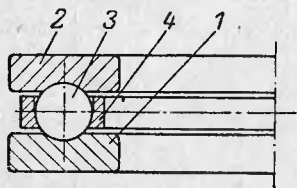


Рис. 13. Шариковый упорный однорядный подшипник, тип 8000.

1 — кольцо свободное; 2 — кольцо тугое; 3 — шарик; 4 — сепаратор.

няются в миниатюрных электрических машинах из-за удобства монтажа и демонтажа подшипника и ротора. Подшипники имеют штампованные сепараторы.

Шариковые упорные подшипники. (рис. 13).

Упорные шариковые подшипники способны воспринимать только осевые нагрузки в одном направлении. Они применяются, например, в электродвигателе типа ДАМВТ для торфонасосов, где подшипник

8320 воспринимает осевые нагрузки от веса ротора двигателя из-за его вертикального расположения.

В электрических машинах упорные подшипники применяются только в случае значительных осевых нагрузок. Для восприятия радиальных нагрузок рядом с упорным подшипником устанавливается еще шариковый или роликовый подшипник.

Упорные подшипники без осевой нагрузки работать не могут даже непродолжительное время. Почему? Потому что при вращении подшипника на шарики действует центробежная сила, стремящаяся вывести их с дорожек качения на кольца. Пока нагрузка есть, кольца сжаты и удерживают шарики на своих местах. При отсутствии нагрузки кольца перестают их удерживать, кинематика подшипника нарушается. Гнезда сепаратора испытывают дополнительную нагрузку от шариков, изнашиваются, а на дорожках качения образуются надиры, которые условно называют «елочкой».

Сепараторы в подшипнике выполняются как штампованными из стальной ленты, так и массивными из латуни. Если в машине возможны отдельные кратковременные слу-

чаи разгрузки подшипника, то сепаратор должен быть массивным из бронзы, обладающей значительно большей износостойкостью. Сепараторы центрируются на шарах. Между кольцами и сепаратором должен быть зазор. При касании сепаратора о кольцо происходит интенсивный износ сепаратора.

В некоторых электрических машинах специального назначения, а также в машинах не отечественного производства иногда устанавливаются подшипники других типов, здесь не рассмотренные.

5. УХОД ЗА ПОДШИПНИКАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Инструкциями электротехнической промышленности по обслуживанию машин общего назначения предусмотрены следующие виды работ: общее наблюдение за машиной при эксплуатации, систематическое проведение технических осмотров машины, проведение профилактических ремонтов. С этими работами совмещается и уход за подшипниками.

Уход за подшипниками машин специального назначения осуществляется по инструкциям, прилагаемым к машинам.

Особенности обслуживания подшипников качения при проведении работ по электрическим машинам состоят в следующем.

Уход за подшипниками при общем наблюдении за машиной. Необходимо следить за температурой подшипниковых щитов, появлением посторонних шумов и вибраций, а также за состоянием уплотнений в подшипниковых щитах.

Температура подшипников. Подшипники качения допускают рабочую температуру до плюс 120°С*, хотя в машинах общего назначения она обычно не выше 60—70°С. В электрических машинах специального назначения, работающих при высоких температурах окружающей среды и имеющих более высокую рабочую температуру, применяются специальные подшипники.

Рабочую температуру подшипников часто ограничивает применяемая смазка из-за того, что многие широко распространенные смазки имеют рабочие температуры ниже

* Здесь и ниже указывается рабочая температура, а не перепад относительно температуры окружающей среды или корпуса.

120°С. Так, например, при применении основной смазки марки УТВ (1-13), имеющей рабочую температуру 90°С, повышение температуры подшипника выше 90°С недопустимо. То же можно сказать и о применении широко распространенных смазок-солидолов. В этом случае температура подшипников не должна быть выше 40—50°С. Допустимые рабочие температуры для смазок приведены в табл. 6 (см. § 10).

О температуре подшипников электрической машины можно судить с достаточной для практики точностью по температуре подшипникового щита. Для ее замера можно воспользоваться термометром, обертывая его конец фольгой и прикладывая к щиту.

На практике часто о степени нагрева судят на ощупь, прикасаясь рукой к корпусу и подшипниковому щиту. Если руку можно держать на подшипниковом щите продолжительное время (более 30 сек), то температура обычно не выше 50—60°С. Если же руку не удержишь более 2—3 сек, то температура порядка 90°С и выше.

Температура подшипникового щита может повыситься сверх допустимой из-за следующих недостатков подшипника: нет смазки, появилось усталостное выкрашивание на рабочих поверхностях подшипника (см. § 1 и рис. 8), образовались сильные задиры рабочих частей подшипника после ремонта из-за неправильного монтажа подшипника.

Для определения неисправности подшипника обычно бывает достаточно снять подшипниковый щит, убедиться в наличии смазки, в легкости вращения подшипника, проверить наличие осевого зазора и после промывки бензином осмотреть подшипник.

Повышенный шум и вибрации машины происходят из-за следующих дефектов в подшипнике: отсутствия смазки, увеличенных зазоров, усталостного выкрашивания на рабочих поверхностях (рис. 8) и разрушения деталей подшипника.

Дефект подшипника сказывается на работе машины различно в зависимости от числа оборотов и нагрузки. Так, при появлении небольшого очага выкрашивания металла на рабочих дорожках колец при 8 000—10 000 об/мин (число оборотов некоторых двигателей специального назначения) появляется сильный шум, напоминающий свист; температура резко растет. При 750—1 500 об/мин (характерно для машин общего назначения) шум увеличивается незначительно и напоминает стук. При значительных нагрузках

на подшипник эти признаки проявляются сильнее. Вибрации резко увеличиваются и растет температура только тогда, когда выкрашивание металла распространится на значительную часть дорожки качения.

Состояние уплотнений. Надежная работа подшипников в электрических машинах в очень сильной степени зависит от состояния уплотнений, которые должны надежно защищать подшипник от попадания в него грязи, пыли, песка и других абразивных частиц. В электрических машинах общего назначения применяются простейшие уплотнения: в виде кольцевых зазоров или проточек. В машинах специального назначения также применяются уплотнения (см. § 1 и рис. 3) лабиринтные, фетровые и комбинированные.

Уплотнения в виде кольцевых зазоров надежно работают только в чистой и сухой среде. Следовательно, при эксплуатации машин, имеющих этот вид уплотнений, нельзя, обдувая сжатым воздухом машину, направлять пыль в сторону подшипниковых щитов. При запыленной окружающей среде необходимо чаще менять смазку.

При появлении течи смазки через уплотнения в подшипниковых щитах машину необходимо остановить для установления причины и устранения недостатков.

Уход за подшипниками при технических осмотрах. Инструкциями¹ по монтажу и эксплуатации электрических машин общего применения периодичность их осмотров устанавливается в зависимости от производственных условий и типа машины. При установлении периодичности осмотров необходимо, помимо особенностей самой машины, также учитывать конструкцию уплотнений в подшипниковых щитах, а также марку смазки, применяемую для смазки подшипников.

При уплотнениях в виде кольцевых зазоров и работе в среде с повышенной влажностью осмотры необходимо производить чаще, так как этот тип уплотнений не рассчитан для работы в таких средах. Фетровые уплотнения более надежно защищают полость подшипника.

После небольшого практического опыта по эксплуатации определенного типа машин в конкретных условиях и

¹ Например, инструкциями электротехнической промышленности по монтажу и эксплуатации асинхронных электродвигателей единой серии мощностью от 0,6 до 100 квт и трехфазных асинхронных электродвигателей мощностью от 0,6 до 100 квт, ЦБТИ, 1954.

по наблюдениям за состоянием подшипников можно точно установить периодичность осмотров подшипников и соответственно скорректировать периодичность осмотров всей машины.

Периодичность осмотров, добавок и смены смазок для машин специального назначения обычно указывается в инструкциях для каждого типа машины.

При осмотрах машины необходимо снять подшипниковые щиты, проверить от руки величину осевой игры и легкость вращения подшипника. При значительном увеличении осевой игры подшипник заменяется. Вращение подшипника с заеданием, притормаживанием или плохое вращение указывают на загрязненность подшипника или его неисправность. В этом случае его необходимо демонтировать (см. § 6), тщательно промыть (см. § 7), осмотреть и проверить легкость вращения. Осуществить хорошую промывку, не снимая подшипник с вала, практически невозможно, а чистота подшипника — одно из основных условий надежной и продолжительной работы.

Свежая смазка добавляется в подшипник при каждом осмотре, после предварительного удаления части старой смазки. Способы смазки подшипников описаны в § 10.

При осмотрах необходимо особое внимание уделять состоянию уплотнений в подшипниковых щитах. При уплотнениях в виде кольцевых зазоров, старую смазку удаляют, а свежую смазку закладывают в количествах, необходимых для полного заполнения кольцевых зазоров: эффективность этого типа уплотнений без смазки резко снижается. При фетровых уплотнениях у машины их состояние также тщательно проверяется. Указания по уходу за фетровыми и другими типами уплотнений должны даваться в соответствующих руководствах по электрическим машинам.

Уход за подшипниками при проведении профилактических ремонтов. Периодичность профилактических ремонтов электрических машин, так же как и профилактических осмотров, устанавливается в зависимости от производственных условий и типа машины с учетом марки применяемой смазки и конструкции уплотнений в подшипниковых щитах.

При профилактических ремонтах машины подшипники демонтируются с вала ротора и по ним проводятся работы, описанные ниже.

6. ДЕМОНТАЖ ПОДШИПНИКОВ

Для снятия подшипников с вала ротора применяют винтовые съемники. Конструкции съемников весьма разнообразны. Однако общее требование к их конструкции должно быть выполнено: снятие подшипников должно производиться без передачи усилия через тела качения. Это означает, что для снятия подшипников с вала ротора усилие снятия необходимо прикладывать к внутреннему кольцу. При невыполнении этого требования и передаче усилия через наружное кольцо и далее через шары на внутреннее

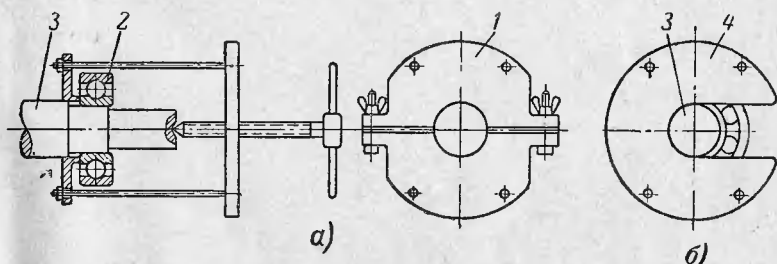


Рис. 14. Винтовые съемники для демонтажа подшипника с вала.

кольцо на дорожках качения получают вмятины от шаров. При постановке подшипника для дальнейшей работы в местах вмятин быстро образуются трещины усталости и выкрашивание металла.

На рис. 14,а показан съемник с разрезным кольцом. Разрезанное кольцо 1 при снятии подшипника равномерно давит на всю торцовую поверхность внутреннего кольца, чем обеспечивается снятие подшипника с вала 3 без перекосов. Чаще вместо разрезного кольца применяют кольцо 4 с вырезом под вал (рис. 14,б). Описанные способы демонтажа применимы, если между подшипником и задней крышкой подшипникового щита имеется свободное место.

Часто свободного места для кольца съемника нет. В одном случае мешают шпильки, посаженные в заднюю крышку подшипникового щита для крепления обоих фланцев к щиту; в другом — мешает лабиринтное кольцо сзади подшипника; в третьем — подшипник находится в специальном капсule (корпусе) и т. д. Значит, в каждом отдельном случае необходимо применять разные приспособления, обеспечивающие упор во внутреннее кольцо.

Если сзади подшипника стоит лабиринтное кольцо 1, упирающееся только во внутреннее кольцо 2 подшипника, то демонтаж несколько облегчается. В этом случае могут быть применены винтовые съемники, сходные с применяемыми для снятия шкивов с вала. Наиболее удобен в работе съемник с тремя тягами 3. Усилие снятия прикладывается к лабиринтному кольцу 1, как показано на рис. 15,а.

При наличии шпилек в задней крышке, не дающих возможности использовать обычное приспособление для де-

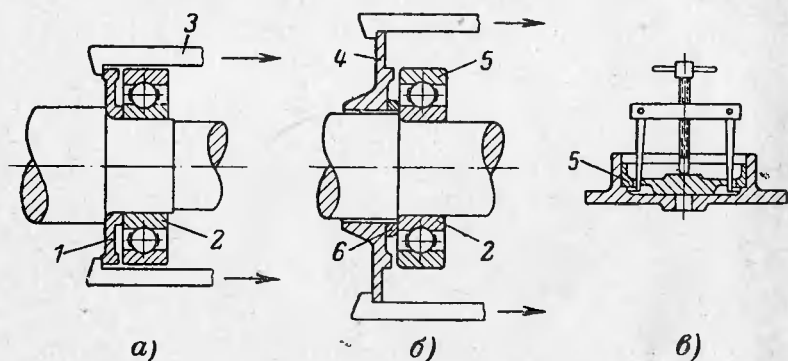


Рис. 15. Снятие подшипника с вала.

а — за лабиринтное кольцо; б — с передачей усилия через разрезное кольцо; в — демонтаж наружного кольца магнетного и других разборных подшипников.

монтажа, можно использовать как съемник крышку 4. В этом случае, чтобы не было упора в наружное кольцо 5, между крышкой 4 и подшипником вводят специальное разрезное кольцо 6 (рис. 15,б), которое должно упираться во внутреннее кольцо 2 подшипника и крышку. При этом способе съема подшипника крышка должна обладать достаточной жесткостью и прочностью.

В отдельных случаях из-за конструктивных недоработок машины снять подшипник с вала за внутреннее кольцо невозможно. Съем за наружное кольцо уменьшает долговечность подшипника, несмотря на принятие всех мер предосторожности при съеме. В результате точность, достигнутая на заводе-изготовителе (см. § 3), сводится на нет.

Демонтаж разборных подшипников, таких как роликовые с короткими цилиндрическими роликами без бортов на одном из колец, радиально-упорные шариковые (магнетные) и др., прост, так как отдельно снимаются наруж-

ные и внутренние кольца. Снятие осуществляется одним из описанных выше способов. Демонтаж наружного кольца 5 магнетного подшипника показан на рис. 15,в.

Демонтаж подшипников нанесением ударов непосредственно по кольцам недопустим по причинам, изложенным в § 3.

Демонтаж подшипников должен производиться чистым и исправным инструментом. Грязь на рабочем месте, грязный инструмент, приспособления, верстак и т. п. неминуемо загрязняют подшипник.

Необходимо всегда помнить, что проще сохранить подшипник в чистоте, чем чисто промыть грязный подшипник. Чистота для подшипника — это основа его работоспособности. Поэтому должны соблюдаться все меры предосторожности для предотвращения попадания в подшипник грязи, пыли, абразивных частиц и т. п. После демонтажа подшипник подвергается промывке.

7. ПРОМЫВКА ПОДШИПНИКОВ

Для того чтобы чисто промыть подшипник, необходимо иметь ванну с горячим минеральным маслом, так как промывкой только в бензине практически невозможно полностью удалить старую смазку, содержащую грязь и абразивные частицы.

На рис. 16 показана ванна 1 для промывки. Подогрев масла 2 осуществляется электричеством или паром. На расстоянии 50—70 мм от дна ванны устанавливается решетка 3 для предохранения подшипников 4 от соприкосновения с дном, нагретым сильнее, и осевшей грязью. Ванна заливается чистым

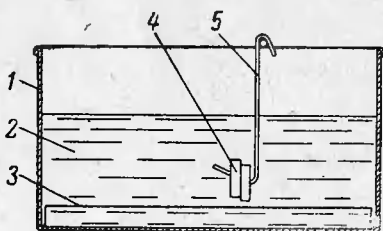


Рис. 16. Ванна с минеральным маслом для промывки подшипников.

минеральным маслом, например индустриальным 12 или 20 (веретенное 2 или 3). Может быть применено также трансформаторное масло. Температура масла доводится до 90—95° С. При применении трансформаторного масла необходимо особо тщательно контролировать температуру масла, так как температура его вспышки 135° С.

Подшипники опускаются в ванну на металлических крю-

ках 5 на 5—20 мин. В конце нагрева подшипники несколько раз встряхивают.

При промывке в масле мелких подшипников можно пользоваться корзинами из проволоочной сетки. После окончания промывки подшипники вынимают из ванны и в течение нескольких минут дают возможность маслу стечь.

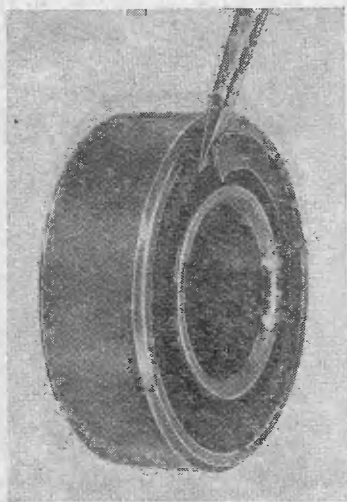


Рис. 17. Разборка резинового уплотнения подшипников типов 180000 и 160000. Снятие пружинной шайбы.

Дальнейшую промывку производят в одной-двух ваннах с бензином с добавкой 6—8% (по объему) минерального масла. Минеральное масло добавляется для того, чтобы избежать царапин (ухудшения чистоты поверхности) на телах качения и дорожках колец от сухого трения при проверках на легкость вращения подшипников (бензин быстро испаряется). Кроме того, при проверке на легкость вращения улучшается ход, что дает возможность более правильно оценить состояние подшипника.

При окончательной промывке, удерживая подшипник за внутреннее кольцо, вращают наружное кольцо до полной промывки. Легкость вращения и чистоту промывки определяют вращением наружного кольца относительно внутреннего в горизонтальной плоскости. При медленном вращении не должно быть местных притормаживаний и заеданий (если нет дефектов в подшипнике).

После промывки подшипников в керосине практически не удастся избежать коррозии¹, поэтому керосин для промывки не рекомендуется.

Закрытые подшипники типа 80000 не промывают. В них только добавляется смазка. Подшипники с фетровым уплотнением также не промываются, так как фетр пропи-

¹ Коррозия — разрушение металлов вследствие химического или электрохимического взаимодействия с окружающей средой.

тывается минеральным маслом. У закрытых подшипников типов 180000 и 160000 перед промывкой уплотнения демонтируются. Конец отвертки осторожно вводится под срез на пружинной шайбе и легким усилием выводится из канавки (рис. 17). Дальнейшая разборка не представляет сложности.

8. ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ПОДШИПНИКОВ И ИХ ПРИЧИНЫ

Установить причину выхода из строя подшипника и определить пригодность его к дальнейшей работе в большинстве случаев можно на основании внешнего осмотра деталей и замеров зазоров подшипника.

Износ рабочих поверхностей — наиболее частый дефект подшипников электрических машин как общего, так и многих машин специального назначения. Пыль, мелкий песок, продукты износа щеток и т. п., смешиваясь со смазкой, вызывают абразивное истирание рабочих поверхностей. Радиальный зазор и осевая игра подшипника увеличиваются, а при сильном износе достигают значительных величин. Рабочие поверхности принимают характерный матовый оттенок.

Если в подшипник абразивные частицы не попадают, то, как показывают многочисленные замеры подшипников, отработавших в эксплуатации и на стендах по несколько расчетных долговечностей, величины зазоров не выходят за пределы, установленные для новых подшипников. Следовательно, увеличение зазоров более чем на 2—3 мк, т. е. на величину возможной погрешности в замерах, указывает на абразивный износ рабочих поверхностей. Попадание абразивных частиц в подшипник может происходить как при монтаже, так и в процессе эксплуатации электрической машины.

Грязь на рабочем месте, хранение смазки в открытых банках, низкое качество самой смазки, плохая промывка или промывка в грязном бензине, открытое хранение как промытого подшипника, так и смонтированного на валу ротора — основные причины загрязнения подшипника при монтаже.

Большие зазоры в лабиринтовых и кольцевых уплотнениях, применение фетра низкого качества для уплотнения этого типа, незаполнение смазкой кольцевых и лабиринтных уплотнений и полости подшипника, примыкающей к ним, эксплуатация машин в условиях, для которых

уплотнения не рассчитаны, — основные причины попадания абразивных частиц в подшипник при эксплуатации электрической машины. У роликовых подшипников от попадания абразивных частиц происходит также износ борта и на торце ролика появляется уступ.

Абразивный износ рабочих поверхностей может происходить также при их значительной коррозии. Продукты коррозии, смешиваясь со смазкой, портят рабочие поверхности, так же как и загрязнение подшипника. Поэтому подшипники с глубокой коррозией даже на нерабочих поверхностях отбраковывают.

Следует отметить, что в большинстве машин общего назначения и во многих машинах специального назначения можно допустить повышенные по сравнению с данными в приложениях 1, 2 и 3 величины радиальных зазоров и осевой игры. Эти вопросы решаются в каждом конкретном случае с учетом размера подшипника, конструкции машины, требований к величине допустимых вибраций и определяется практикой эксплуатации в каждом отдельном случае.

Усталостное выкрашивание металла на дорожках качения колец (рис. 8 и рис. 18) происходит вследствие усталости металла от действия многократных нагружений телами качения. Величина очага выкрашивания металла зависит от времени работы подшипника после образования трещин усталости, от которых начинается выкрашивание. Чем больше удельные (т. е. приходящиеся на каждый квадратный сантиметр) нагрузки, чем выше обороты и сильнее вибрации, тем быстрее распространяется выкрашивание металла по длине дорожки качения. Подшипники, имеющие выкрашивание металла на рабочих поверхностях, независимо от величины очага выкрашивания к дальнейшей работе непригодны.

Появление усталостного выкрашивания может произойти по трем основным причинам: усталости металла после обработки расчетной долговечности; как результат неправильного монтажа и увеличенных нагрузок; из-за плохого качества подшипника.

Усталостное выкрашивание после обработки расчетной долговечности — явление нормальное. Для электрических машин общего назначения малой и средней мощности расчетная долговечность обычно равна 10 000—20 000 ч и выше.

Увеличенная нагрузка влияет на подшипники

следующим образом. Расчетом и испытаниями установлено, что при увеличении нагрузок на подшипник в 2 раза его долговечность сокращается в 10 раз. Отсюда видно, что даже при незначительном увеличении нагрузки на подшипник долговечность подшипника резко сокращается.

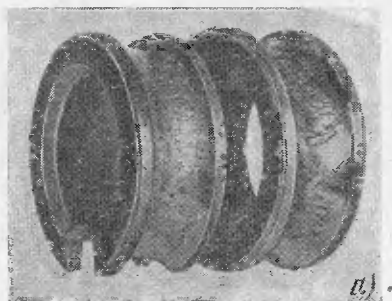


Рис. 18. Усталостное выкрашивание металла на рабочих поверхностях подшипников.

а — на внутреннем кольце шарикового радиального однорядного подшипника после продолжительной работы от момента начала выкрашивания; *б* — на шарике шарикового радиального однорядного подшипника.

Причиной увеличенных нагрузок может явиться неправильный монтаж. Поэтому при появлении выкрашивания до отработки расчетной долговечности необходимо проверить: статическую и динамическую балансировку ротора, соосность посадочных мест в подшипниковых щитах, отсутствие на посадочных местах вала и корпуса дефектов, изменяющих геометрию колец, соблюдение

натягов колец при посадке и др., что может вызвать увеличение нагрузки.

Повреждения рабочих поверхностей при монтаже и эксплуатации также резко уменьшают работоспособность подшипника. Как показали испытания, ухудшение чистоты обработки дорожек качения шариковых однорядных подшипников с 10-го класса чистоты на 9-й класс уменьшает долговечность подшипника в 2 раза. Еще более резко сокращается долговечность при дальнейшем уменьшении чистоты обработки. Отсюда ясно, что попадание в подшипник твердых частиц, которые ухудшают чистоту рабочих поверхностей подшипника, приводит к резкому уменьшению его долговечности.

Появление выкрашивания у роликового подшипника на краю дорожки качения может явиться следствием перекоса наружного кольца относительно внутреннего из-за плохого монтажа, несоосности вала и посадочного места в корпусе, неперпендикулярности (больших биений) опорных заплечиков вала и корпуса.

Усталостное выкрашивание металла как следствие недостатков изготовления подшипника происходит по следующим причинам:

понижения или повышения твердости колец и тел качения из-за нарушения режима термообработки; устанавливается замерами твердости и проверкой в лаборатории структуры металла;

шлифовочный ожог — местный отпуск (понижение твердости) в результате кратковременного резкого повышения температуры при шлифовке; выявляется в лаборатории травлением в 3—6%-ном водном растворе азотной кислоты (рис. 19,а);

несоблюдение геометрических размеров, зазоров и биений колец; неточное изготовление тел качения. Замеры проводятся в лаборатории;

плохое качество металла — крупные неметаллические включения, шлаковины, рыхлоты и др., выходящие на рабочую поверхность деталей подшипника или расположенные вблизи нее; выявляются металлографическим исследованием в лаборатории;

заштамповка металла на телах качения и рабочих дорожках колец; получается при штамповке в результате вдавливания в металл заусенцев заготовки. Устанавливается металлографическим исследованием (рис. 19,б).

Трещины на кольцах и телах качения могут образоваться по следующим причинам:

удары непосредственно по кольцу при монтаже и демонтаже;

неправильная термообработка (рис. 19,в);

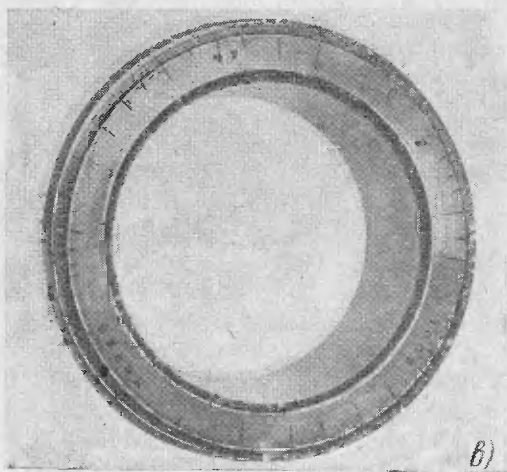
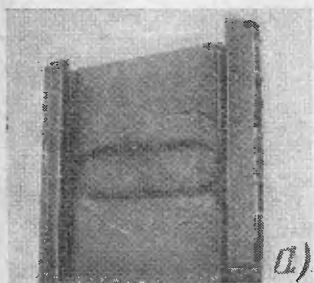


Рис. 19. Недостатки изготовления подшипников.

а — шлифовочный ожог после травления кольца в 3—6%-ном растворе азотной кислоты; *б* — разрез по заштамповке металла. Увеличено в 100 раз; *в* — трещины на кольце роликового подшипника из-за неправильной термообработки.

дефекты металла — пористость, крупные включения и т. д.;

усталостные трещины на кольце из-за монтажа на дефектный вал.

Трещины усталости на кольце появляются при неполном прилегании кольца к валу или корпусу. При этом под действием набегающих тел качения кольцо в месте неполного прилегания будет прогибаться и в результате быстро образуется трещина усталости, так как на изгибающие усилия кольца подшипников не рассчитываются.

Подшипники, имеющие трещины на деталях, отбраковываются.

Цвета побежалости на деталях подшипника появляются в основном от отсутствия смазки или при применении смазки, не рекомендуемой для данных условий работы (см. § 10).

Цвета побежалости могут появиться в результате неправильной посадки подшипников на вал или в корпус, так как чрезмерные натяги приводят к выборке зазоров подшипника и как следствие к нагреву.

При значительных нагрузках и высоких оборотах цвета побежалости сильный перегрев и заклинивание подшипника могут явиться следствием выкрашивания металла на рабочих поверхностях.

Следует отметить, что характер разрушения подшипника при работе без смазки и от усталостного выкрашивания поверхности деталей различен.

Подшипники с цветами побежалости на рабочих поверхностях деталей к дальнейшей работе непригодны.

Разрушение штампованных сепараторов происходит по следующим причинам:

от касания о кольцо из-за износа гнезд сепаратора или некачественного его изготовления; у подшипников малых размеров с диаметром отверстия менее 10 мм касание о кольцо допускается, но в этом случае чистота бортов и допуска на геометрию ужесточены;

от появления выкрашивания металла на рабочих дорожках колец; при появлении выкрашивания металла на дорожках качения колец нагрузки на сепаратор возрастают; поэтому, если на кольцах имеется выкрашивание металла, то разрыв сепаратора является его следствием;

в результате масляного голодания; при масляном голодании или отсутствии смазки из-за нагрева колец происходит выборка зазоров в подшипнике и тела качения начинают защемляться: правильность работы подшипника нарушается; это приводит к резкому увеличению нагрузок на сепаратор и его разрушению; масляное голодание уста-

навливается по наличию цветов побежалости на кольцах и телах качения;

разрушение сепаратора от некачественного изготовления сепаратора: надрывов, трещин от штамповки, особенно в местах перегибов, трещин у заклепок, плохого качества металла.

Разрушение массивных сепараторов происходит также: из-за износа сепаратора по центрирующим поверхностям; при этом возникают дополнительные нагрузки на сепаратор, которые с увеличением износа возрастают; поэтому у разрушенного сепаратора необходимо внимательно осмотреть состояние центрирующих поверхностей;

как следствие выкрашивания на дорожках качения колец и работы подшипника с недостаточным количеством смазки.

Подшипники с разрушившимся сепаратором отбраковываются. Кроме того, к дальнейшей работе не допускаются подшипники, имеющие износ сепаратора, трещины, грубые забоины, обрыв заклепок.

После осмотра подшипник проверяется на легкость вращения. Проверка производится медленным вращением от руки наружного кольца относительно внутреннего в горизонтальной плоскости. При заеданиях и притормаживаниях производится повторная промывка в бензине. Если ненормальности не устраняются, нужно тщательнее осмотреть рабочие части. Для проверки наличия зазора между штампованным сепаратором и кольцами отверткой или другим инструментом перемещают сепаратор из одного крайнего положения в другое. Сепаратор не должен касаться бортов колец.

Нельзя устранять даже самые небольшие дефекты на рабочих поверхностях подшипника (задиры, отдельные риски, вмятины и т. п.). Поэтому при осмотрах всегда приходится решать вопрос о возможности дальнейшей работы подшипника с тем или иным недостатком. На шлифовальных или полировальных станках дефекты также не выводятся, так как, во-первых, потребуются тела качения большего размера, чтобы обеспечить зазоры в подшипнике, во-вторых, незнание особенностей производства приведет к недопустимым, а часто совершенно неправильным технологическим приемам, режимам и геометрическим искажениям.

При осмотрах и проверках подшипников нельзя касаться руками рабочих поверхностей: пот рук вызывает

быстрое появление точечной коррозии, а промывка подшипников в бензине даже самая тщательная не предохраняет от коррозии. Для удаления солей пота рук необходима промывка в водном растворе эмульсола (100—200 г на литр) или в мыльной воде (17—23 г мыла на литр воды). Эта промывка производится на подшипниковых заводах перед консервацией и обеспечивает удаление солей пота рук после сборочных и проверочных операций.

9. МОНТАЖ ПОДШИПНИКОВ

Требования к рабочему месту. Как показывает практика, чистота и порядок в сборочном помещении оказывают прямое воздействие на долговечность подшипника.

Производственные условия, в которых производятся или производились сборочные работы с подшипниками скольжения и которые, как правило, характеризуются общей грязью на верстаках, инструменте и приспособлениях, на полу и т. д., совершенно не подходят для монтажа подшипников качения.

Каждый из нас пользуется часами, но далеко не все знают, что подшипники выполняются с более точными допусками, чем наручные часы. Этот старый пример очень ярко подчеркивает точность изготовления подшипников. И если каждому ясно, что часы нельзя ремонтировать на грязном верстаке и грязным инструментом, класть на грязные подставки и т. д., то не все себе представляют, что это в той же степени относится и к ремонту подшипников. Дело в том, что попадание в часы и подшипник мелких частиц оказывает почти одинаковое действие и на ход часов и на долговечность подшипника. Отсюда следуют безусловные правила:

производственные условия и культура обращения с подшипниками должны соответствовать точностям, с которыми изготавливаются подшипники и которые обеспечивают расчетную долговечность;

смазка для подшипников должна храниться только в закрытых банках; для вынимания смазки нельзя применять деревянных лопаточек или ржавых металлических пластинок;

для протирки подшипников нельзя пользоваться концами и ворсистыми тряпками;

верстак должен быть покрыт листовым дюралем или текстолитом;

для кратковременного хранения подшипник лучше всего класть в мешочки из полихлорвиниловой или полиэтиленовой пленки; мешочки из пленки хорошо защищают подшипник от посторонних частиц и их легко содержать в идеальной чистоте, промывая в бензине;

если между промывкой и монтажом подшипника проходит более 2 ч, то подшипник нужно положить в эксикатор или завернуть в бумагу, пропитанную летучим ингибитором (см. § 11). Вопросы хранения и консервации подробно освещены в § 11.

Если подшипники, смонтированные на валу ротора, не могут быстро пройти окончательный монтаж в машине, их нужно смазать рабочей смазкой и тщательно закрыть куском полихлорвиниловой пленки.

Посадки подшипников. Подшипники монтируются на вал ротора и в подшипниковый щит с определенным натягом или зазором. Величина натяга или зазора определяется установленной посадкой. Для усвоения последующего материала и объяснения терминов, употребляемых в тексте, необходимо привести некоторые сведения из теории допусков и посадок.

Допуском размера или допускаемым отклонением размера называется разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами. Предельные размеры — это размеры, за пределы которых не может выходить размер детали. Это означает, что одна деталь от другой по размеру может отличаться не более чем на величину допуска (допускаемого отклонения). Чем больше допуск, тем легче изготавливать детали. Величина допуска выбирается из условия возможности работы механизма.

Разность между диаметром отверстия и диаметром вала называется *зазором*. Если же диаметр вала больше, чем диаметр отверстия, то разность между диаметром вала и диаметром отверстия называется *натягом*.

Характер сопряжения двух деталей носит название *посадки*. Иначе говоря, посадка¹ показывает, сидит одна деталь относительно другой с зазором или с натягом и каковы их величины.

Существуют две основные группы посадок: неподвижные и подвижные. Переходными посадками между первой и второй группами являются посадки скольжения.

¹ Вопрос о посадках подробно освещается в литературе, например в книге Лесохина А. Ф. «Допуски, посадки и технические измерения», Машгиз, 1959.

Применяемые в электрических машинах посадки подшипников и предельные отклонения сопрягаемых деталей даны в приложении 4.

В электрических машинах малой и средней мощности и в большинстве машин специального назначения в основном применялись напряженная посадка на вал и плотная в корпусе. Они обозначаются соответственно Hn и $Пn$. В последнее время начали применяться посадки с меньшими натягами — плотная на валу и скольжения (Cn) в подшипниковом щите.

В миниатюрных электрических машинах и некоторых машинах специального назначения в основном применяются плотная посадка на вал и скольжения в подшипниковом щите. Реже применяются посадки скольжения как на вал, так и в корпус.

У ряда машин большой мощности находят применение и тугие посадки (Tn) внутреннего кольца подшипника на вал.

Наружные кольца разъемных подшипников — роликовых подшипников с короткими цилиндрическими роликами, радиально-упорных магнетных подшипников и др. — сажаются в корпус обычно по плотной ($Пn$) посадке.

При монтаже подшипника в корпус из алюминиевых сплавов посадка осуществляется с большим натягом (обычно на одну посадку выше). Для большей надежности в работе в корпус из алюминиевых сплавов ставят стальную втулку. В этом случае ослабление посадки за счет разности коэффициентов линейных расширений стали и алюминиевого сплава не происходит.

Следует обратить внимание на то, что посадки для подшипников по допускам отличаются от посадок общесоюзной системы допусков в сторону больших натягов и оговариваются ГОСТ 3325-55. Для отличия их у обозначения посадки добавляется индекс n (подшипниковая).

Установленные посадки подшипников обеспечивают при минимальных натягах: непроворачивание внутреннего кольца на валу, а также небольшой поворот наружного кольца и возможность его осевого перемещения по посадочному месту.

Посадки подшипников на вал и в корпус необходимо строго выдерживать. В случае слабой посадки внутреннее кольцо будет проворачиваться на валу и возникнет контактная коррозия. Как следствие этого получают износ вала, задир и даже нагрев кольца. При сильном нагреве

(выше 120°C) резко сокращается долговечность подшипника и может произойти его заклинивание. Значительный износ вала вызывает вибрацию машины.

Посадки с большими натягами кроме того, что затрудняют монтаж и демонтаж, вызывают значительное уменьшение радиальных зазоров: внутреннее кольцо при посадке раздается и происходит увеличение диаметра дорожки качения. Уменьшение зазоров, а в худшем случае их полная выборка приводят к выходу подшипника из строя. Кроме того, от чрезмерного натяга внутреннее кольцо может разорваться.

Как было отмечено выше, посадка наружного кольца выбирается такой, чтобы под действием вибрации оно могло немного поворачиваться, но не вращаться. Это способствует последовательному нагружению участков дорожки качения и увеличению работоспособности кольца. При применении шариковых радиальных однорядных подшипников в качестве плавающей опоры возможность осевого перемещения кольца по посадочному месту устраняет появление значительных осевых нагрузок от температурного расширения вала.

При посадке подшипника на вал с натягом внутреннее кольцо принимает форму вала. При овальности вала дорожка качения кольца тоже становится овальной. Радиальные зазоры в подшипнике изменяются. В одних местах зазоры уменьшаются, а в других увеличиваются. При работе такого подшипника в местах прохождения тел качения через малые зазоры нагрузки увеличиваются, появляются вибрации. При посадке наружного кольца в овальный корпус перемещение кольца затрудняется из-за местного увеличения натяга. Это приводит к увеличенным нагрузкам на дорожку качения кольца.

При посадке внутреннего кольца на вал, имеющего конусность посадочного места, кольцо тоже примет форму вала. В этом случае, например, у роликового подшипника с короткими цилиндрическими роликами нагрузка будет передаваться только на часть роликовой дорожки. Поэтому овальность и конусность посадочных поверхностей регламентируются ГОСТ: посадочные места валов и отверстий корпусов под подшипники классов точности Н, П и В по овальности и конусности не должны превышать $1/2$ величины допуска на диаметр посадочной поверхности, а при применении подшипников более высоких классов точности $1/4$ допуска на диаметр посадочной поверхности. Допуски

(предельные отклонения) на вал и подшипниковый щит даны в приложении 4.

Чистота обработки посадочных поверхностей под кольца подшипников также должна быть определенной. Чем меньше чистота обработки, тем выше гребешки неровностей. Более высокие гребешки легче и больше сминаются при посадке колец подшипников, особенно у мягких валов. Следовательно, чем хуже будет обработка вала, тем большее будет изменение натяга.

В каждом случае применения подшипников посадка колец рассчитывается математически и проверяется испытаниями в эксплуатационных условиях. Ее изменение от чистоты обработки недопустимо. Поэтому чистота обработки посадочных поверхностей валов и корпусов устанавливается ГОСТ 3325-55 и приведена в табл. 3.

Таблица 3

Посадочные поверхности	Классы точности подшипников	Номинальные диаметры валов и корпусов, мм	
		до 80	более 80 до 500
		Классы чистоты	
Валов	Н и П	7	6
	В и А	8	7
	С	9	8
Отверстий корпусов	Н и П	7	6
	В, А и С	8	7
Запечиков валов и корпусов	Н и П	6	6
	В, А и С	7	6

Запечики вала и корпуса (подшипникового щита), в которые упираются кольца при монтаже (рис. 20), должны быть строго перпендикулярны оси посадочного места под подшипник. Перпендикулярность запечика имеет большое значение для работы подшипников, особенно однорядных, имеющих относительно малую ширину. Малая ширина посадочного места подшипника не обеспечивает правильного положения подшипника. При неправильно (рис. 21) выполненном запечике перпендикулярность подшипника нарушается. Допустимая величина боковых биений запечиков валов установлена ГОСТ 3325-55 и приведена в табл. 4.

Проверка и подготовка посадочных мест. Перед монтажом подшипника нужно внимательно осмотреть посадочные места на валу ротора и в подшипниковом щите.

Таблица 4

Номинальные ¹ диаметры валов, мм		Величина боковых биений не более, мк			
		Классы точности подшипников шариковых и роликовых			
свыше	до	Н и П	В	А	С
—	50	20	10	7	4
50	120	25	12	8	6
120	250	30	15	10	8
250	315	35	17	12	—
315	400	40	20	13	—

¹ Номинальный диаметр — диаметр, указанный в каталогах.

Забоины, заусенцы, наклеп, небольшие вспучивания металла от местных задиrow следует аккуратно зачистить личным напильником, мелкой наждачной бумагой или

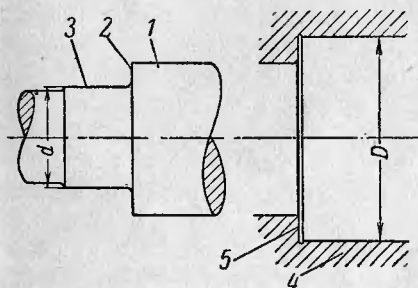


Рис. 20. Посадочные поверхности на валу и в корпусе.

1 — вал; 2 — заплечик у вала; 3 — шейка вала; 4 — корпус; 5 — заплечик в корпусе.

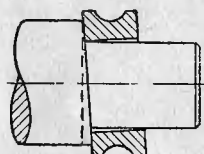


Рис. 21. Положение кольца подшипника при заплечике, не перпендикулярном оси вала.

снять шабером. При зачистке снимать металл необходимо только в месте вспучивания, не затрагивая мест, не имеющих дефекта. Чем больше площадь посадочного места будет подвергнута зачистке, тем больше будет нарушаться его правильная геометрическая форма, тем, следовательно, хуже для работы подшипника. Поэтому значительные задиры по величине площади посадочного места не выводятся из-за потери правильной геометрической формы. Деталь в этом случае необходимо направить на восстанов-

ление путем хромирования, металлизации или другими способами. Глубина задиров и рисок на работе подшипника не сказывается, поэтому их выводить не следует, так как при этом будет уменьшаться площадь посадочного места, соприкасающаяся с кольцом.

Хотя задиры, риски, чрезмерный наклеп и забоины на посадочных местах колец подшипника встречаются редко из-за большой разницы в твердости колец подшипника и вала ротора у машин общего назначения, их выведение производится наждачной бумагой с соблюдением всех требований, описанных выше.

В этом случае необходимо измерить внутренний диаметр кольца, овальность и конусность. Эти замеры необходимо также проводить, если на монтажных поверхностях колец имеются следы износа из-за проворачивания на валу или в корпусе. Допускаемые отклонения по диаметру приведены в приложении 4.

Отклонения в диаметрах могут быть и больше аналогично отремонтированным подшипникам (см. § 3), но в этом случае необходимая посадка должна быть подобрана за счет сопрягаемой детали (вала или корпуса). Овальность и конусность кольца должны быть в пределах допуска на посадочный диаметр. Конусность отверстий у подшипников классов точности ВП и выше — не более 50% допуска на посадочный диаметр.

После осмотра посадочных мест на валу и в подшипниковом щите их необходимо измерить.

При неоднократных снятиях подшипника или износа от проворачивания кольца посадка может быть «потеряна». Замер посадочных мест на валу обычно производится микрометром, а в подшипниковых щитах (корпусе) индикаторным нутромером с индикатором нулевого класса. Установка индикатора на размер производится по блоку плиток или по специально изготовленному эталонному кольцу. Замеры можно производить и другим инструментом, имеющим такую же или более высокую точность. Замеры производятся в нескольких местах с тем, чтобы, помимо величины диаметра, установить величину овальности и конусности посадочного места. Предельные отклонения диаметра приведены в приложении 4, а величины овальности и конусности, как отмечалось выше, не должны быть больше $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$ допуска на диаметр посадочной поверхности. Посадочные отверстия в подшипниковом щите необходимо также проверить предельными круглыми

калибрами, которые выявляют местные вспучивания, увеличивающие натяг при посадке кольца. При замерах обычным мерительным инструментом эти выступы, как правило, не выявляются.

Осматривая посадочные места на валу и в подшипниковом щите, необходимо также тщательно осмотреть упорные заплечики и галтели у него. Вспучивание металла от забоин аккуратно удаляется шабером, напильником или наждачной бумагой.

Перпендикулярность заплечика к оси вала проверяется в центрах с помощью индикатора, как показано на рис. 22,а. Вращая вал определяют величину бокового биения заплечика. Величины допусковых биений приведены в табл. 4.

На рис. 21 показано положение кольца подшипника при неперпендикулярном заплечике к оси вала. За счет деформаций кольцо приняло неправильное положение, что приведет к снижению долговечности подшипника. При больших и тяжелых валах, когда проверка биений заплечиков в центрах затруднительна, перпендикулярность заплечика можно проверить угольником, как показано на рис. 22,б. Однако этот способ проверки не отличается большой точностью и может быть рекомендован только в случае невозможности применения индикатора.

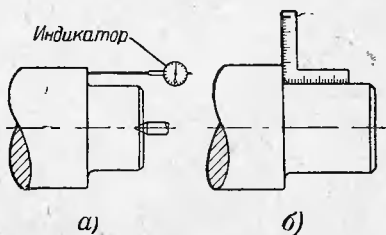


Рис. 22. Проверка индикатором биений заплечика вала и угольником правильности заплечика.

Необходимо также проверить высоту заплечика. Его высота обычно равна примерно $\frac{1}{2}$ ширины торца внутреннего кольца (рис. 23,а). При больших осевых нагрузках заплечик должен быть даже выше. При малой высоте (рис. 23,б) от действия осевых нагрузок заплечик будет сминаться. Снятие заплечика также происходит, если он будет выполнен коническим (рис. 23,в).

При большой высоте заплечика (рис. 23,г) снять подшипник за внутреннее кольцо невозможно. Снятие подшипника за наружное кольцо приводит к повреждению дорожек качения.

При осмотре галтели вала обращается внимание на отсутствие следов касания кольца. При радиусе галтели,

большем, чем фаска кольца, последнее будет упираться в галтель (рис. 24,а).

Галтель выполняется неточно. Поэтому возможен перекос кольца. Радиус галтели вала всегда должен быть меньше радиуса фаски кольца (рис. 24,б).

Перед монтажом подшипника посадочные места на валу и в подшипниковом щите необходимо тщательно про-

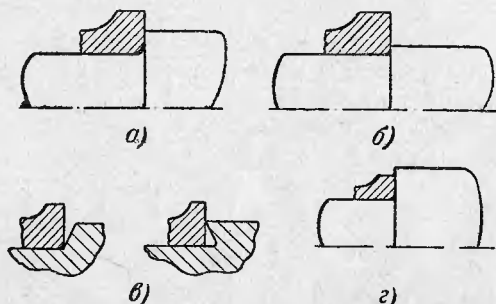


Рис. 23. Высота заплечика.

а — нормальная высота; б — высота мала; в — заплечик выполнен коническим; г — высота велика.

мыть бензином и покрыть тонким слоем рабочей смазки.

Монтаж подшипников. Новый подшипник вынимается из упаковки и промывается в горячем минеральном масле и бензине непосредственно перед монтажом. Закрытые подшипники типов 180000, 80000, заполненные рабочей смазкой на подшипниковых заводах, и подшипники типов 520000 и 140000, имеющие фетровые уплотнения, не промываются.

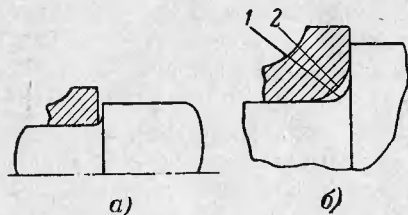


Рис. 24. Положение кольца на валу.

а — радиус галтели вала велик: кольцо упирается в галтель; б — правильное положение кольца на валу: радиус галтели вала 1 меньше радиуса фаски 2 кольца.

С наружных поверхностей консервационная

смазка удаляется чистыми салфетками.

До постановки в машину подшипник осматривается, чтобы убедиться в отсутствии коррозии и повреждений. Проверяется легкость хода. От руки прикидывается величина осевого зазора. Работавший подшипник вынимается из пленки или упаковки тоже только перед монтажом.

Наиболее совершенными приспособлениями для запрессовки подшипников на вал являются гидравлические или ручные прессы, которые обеспечивают плавную посадку подшипника на вал (рис. 25).

При монтаже подшипника усилие запрессовки передается на внутреннее кольцо через монтажный стакан 1. Отверстие в стакане должно быть немного больше отвер-

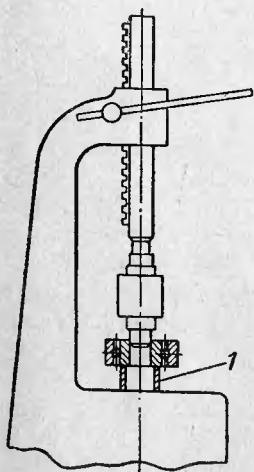


Рис. 25. Запрессовка подшипника на вал с помощью ручного прессы и монтажного стакана.

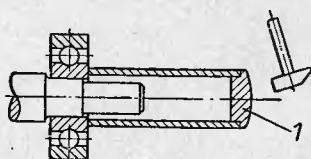


Рис. 26. Монтаж подшипника на вал с помощью монтажной трубы.

стия подшипника, а толщина его стенок немного меньше ширины торца внутреннего кольца.

Упор подшипника обоими кольцами в широкий монтажный стакан не разрешается, так как в этом случае нагрузка может передаваться через наружное кольцо и сепаратор.

Перед запрессовкой подшипник нужно установить строго соосно с валом, затем приложить небольшую нагрузку и убе-

диться в отсутствии перекоса. Заедание подшипника указывает на его перекос. В этом случае дальнейшая запрессовка приводит к задирам посадочного места, искажению его формы и неправильной посадке подшипника.

Описанный способ запрессовки применяется для роторов малого веса.

Монтаж подшипников на валы тяжелых роторов производится с помощью монтажной трубы (рис. 26). Трубу изготовляют из мягкого металла (малоуглеродистой стали и др.). В верхнюю ее часть вставляют пробку 1 для равномерной передачи ударов на наружное кольцо.

Для уменьшения вероятности задира посадочного места и перекосов внутреннего кольца на валу целесообразно подшипники подогреть в масле. Монтаж подшипников

с подогревом нашел широкое применение для электрических машин малых и средних мощностей из-за удобства монтажа при простоте установки для подогрева. Подогрев подшипников осуществляется в такой же масляной ванне, как для промывки подшипников, описанной в § 7, но для подогрева подшипников должна быть вторая ванна. В одной и той же ванне одновременно производить промывку подшипников и подогрев перед монтажом нельзя, так как масло от промывки подшипников загрязнено.

Температура масла в ванне должна быть не выше 90—100° С. При повышении температуры выше 120° С может произойти отпуск колец и тел качения, что резко снизит долговечность подшипника. Значит, необходимо строго контролировать температуру масляной ванны. Это тем более необходимо, что внешних признаков на деталях подшипника от перегрева и отпуска не остается. Для получения цветов побежалости на деталях подшипника нагрев должен быть значительно выше, чем может быть достигнут в масляной ванне. Правда, отпуск колец может быть установлен по понижению твердости при замерах на приборах. Однако этих замеров после подогрева подшипников никогда не делают. Кроме того, необходимо следить за чистотой масла в ванне. При загрязнении масло должно быть сменено, чтобы не загрязнять подшипники.

При посадке подшипника на вал с подогревом подшипник необходимо периодически поджимать к упорному заплечу до охлаждения колец. Поджатие подшипника к заплечу обычно осуществляется с помощью монтажной трубы легкими ударами молотка.

После установки подшипника на вал ротора следует проверить правильность монтажа. Если посадка подшипника на вал осуществляется с подогревом, то проверку правильности монтажа необходимо осуществлять после охлаждения подшипника. При проверке нужно:

убедиться в том, что подшипник вплотную прижат к заплечу; щуп толщиной 0,03 мм не должен входить между заплечиком и кольцом; проверку производят в нескольких точках по окружности; допустим только местный зазор от зачистки дефекта заплечика;

проверить рукой наличие осевой игры в подшипнике после охлаждения; отсутствие осевой игры или малая ее величина указывают на недостаточные радиальные зазоры. Эта проверка производится только у шариковых радиальных однорядных подшипников;

проверить легкость вращения подшипника от руки; вращение подшипника должно быть без местных заеданий и притормаживаний.

В машинах специального назначения, имеющих регулируемые радиально-упорные и упорные шариковые подшипники, после монтажа ротора нужно произвести регулировку осевой игры подшипников, величина которой обычно указывается в инструкциях для каждой машины и должна выдерживаться весьма тщательно.

После монтажа вала ротора в машине нужно проверить правильность сборки уплотняющих устройств в подшипниковых щитах или кольцевые зазоры в лабиринтовых уплотнениях и при возможности прокрутить вал ротора от руки. Вращение должно быть без толчков и заеданий.

При пробном пуске машины необходимо следить за температурой подшипникового щита и шумом подшипника. Правильно смонтированный и имеющий нормальные зазоры подшипник работает ровно, без особого шума, толчков и вибраций. При увеличенных зазорах в подшипнике появляются вибрации. Глухой неравномерный шум указывает на загрязненность подшипника. Повышение температуры также указывает на ненормальности в работе подшипника.

Очень важное значение имеет соосность посадочных мест в подшипниковых щитах, точность статической и динамической балансировки ротора и другие факторы, которые могут увеличивать нагрузку на подшипник.

Выбор подшипников-заменителей. При отсутствии необходимого подшипника можно подобрать подшипник-заменитель без ущерба для работы машины. В табл. 5 приведены возможные замены подшипников качения в электрических машинах малой и средней мощности общего назначения. Эти подшипники-заменители имеют расчетный срок службы не менее срока службы основного подшипника, выпускаются отечественной промышленностью, имеют те же габариты и их установка не требует каких-либо доработок узлов и сопрягаемых деталей. Отдельные подшипники шире, что оговорено особо.

Кроме приведенной в табл. 5 замены подшипников, можно подобрать подшипник-заменитель меньших габаритных размеров, но в этом случае он будет иметь меньшую долговечность и возникнет необходимость в постановке переходных втулок на вал или в подшипниковый щит.

Таблица 5

Тип подшипника	Подшипники-заменители в тех же габаритных размерах
203	П203, П203МШ, П203ШШ, ВП203, В203, 2Н203, 60203, П60203, ВП60203, 60203Т, 2Н60203, 2П60203, П60203Л1, 80203, 80203К, П80203К, В80203К, 3Н80203К, 2П80203КС1, 180203, 180203У, 180203БК, 180203БУ, П180203БК, 3П180203С1, П180203, 50203, 20703А (шире на 4 мм)
204	П204, 2П204, П204Т, П204Б, П204СП, В204, 60204, П60204, 2П60204, 2П60204Т, 80204, П80204, 2П80204С1, 180504К2, ВП180504 (шире на 4 мм), ВП180504С2, ВП180504ЕТС1, ВП180504ЕТС2, 50204, 30804, П30804 (шире на 4 мм), ВП30804
205	П205, В205, П205Т, П205Б, П205Ж, 2П205Б, 60205, П60205, 60205Т, 80205К, П80205К, 2П80205КС1, 2П180205, 50205
206	П206, В206, 206Т1, П206Т, П206Б, 60206, П60206, 60206Т, ВП180506 (шире на 4 мм), ВП180506С2, 50206, ВП520806 (шире на 4 мм), ВП520806К, ВП520806С1, ВП140806 (шире на 4 мм), П206БЖ, П206СП, П206БТ, 150206
207	П207, В207, П207Т, 2П207ГА, 60207, 50207
208	П208, В208, П208Б, 2П208Б, 60208, 80208, 50208, 50208Ш
210	П210, В210, П210Б, 4П210Б, 50210, 150210А
304	П304, 2П304, 2П304Б, 60304, 50304
306	П306, В306, 60306, П60306, 50306, 50306Ш
308	П308, В308, 2П308, 60308, 50308, 150308
310	310Е, П310, В310, 60310, 50310
312	П312, В312, 50312
314	П314, В314
317	П317
2312К	2312К, 2312Л, 32312, 42312, 42312К, 42312Л
2314	2314К, 2314Л, 32314, П32314, 42314, 42314К
2317	2317К, 2317Л, 32317К1, П32317, В32317

10. РАБОЧИЕ СМАЗКИ

В электрических машинах общего назначения и в большинстве машин специального назначения для смазки подшипников применяются антифрикционные¹ консистентные² смазки. В некоторых машинах специального назначения используются также жидкие масла.

Защитные консистентные смазки, т. е. смазки для предохранения от коррозии, в подшипниках качения как рабочие смазки не применяются, так же как и уплотнительные консистентные смазки, которые служат для герметизации сальников, резьбовых уплотнений и т. д.

Антифрикционные консистентные смазки нашли широкое применение для смазки подшипников в электрических машинах благодаря их следующим положительным свойствам:

они не требуют сложных уплотняющих устройств для предохранения от вытекания;

заполняя зазоры в уплотнениях, улучшают их работу; не требуют пополнения и замены в течение длительного периода, облегчая уход за машиной.

Для смазки подшипников, работающих с высокими числами оборотов и большими нагрузками, а также с малым крутящим моментом применяют жидкие масла.

Консистентные смазки представляют собой очень мелкую механическую смесь минерального масла (до 90%) и мыла. Эксплуатационные качества консистентных смазок, их физико-химические показатели в основном зависят от применяемого мыла.

Смазки и масла, применяемые для подшипников качения электрических машин, приведены в табл. 6.

В ряде случаев, помимо упомянутых, применяются и другие смазки, но они не имеют широкого распространения или не перспективны и заменяются лучшими.

Смазка подшипников осуществляется следующими способами. Жидкую смазку в подшипник вводят каплями со стержня диаметром 0,5 мм. Количество капель и периодичность добавки указываются в паспорте машины.

Консистентная смазка закладывается в подшипниковый узел. Ее количество не должно превышать $\frac{2}{3}$ свободного пространства подшипникового узла. Для машин спе-

¹ Слово фрикционный в переводе на русский язык означает трущийся, трение. Антифрикционные — уменьшающие трение.

² Консистенция — степень густоты полужидких веществ. Консистентная смазка — густое смазочное вещество.

Наименование смазки	Марка смазки	Номер ГОСТ или ТУ	Температура каплепадения, °С	Допустимая рабочая температура, °С	Область применения и особенности смазки
Смазка универсальная тугоплавкая, водостойкая УТВ (1—13 жировая)	1—13	ГОСТ 1631-52	+120	+90	Основная смазка для машин малой, средней и большой мощности как общего, так и большинства машин специального назначения. Применяется для работы как в помещениях, так и вне помещений при относительно небольшой влажности. Допустимый срок хранения 1—2 года
Смазка универсальная тугоплавкая УТ (конста-лин жировой)	УТ-1	ГОСТ 1957-52	+130	+110	Применяется в машинах малой, средней и большой мощности, работающих только в сухих и закрытых помещениях. Смазки гигроскопичны, т. е. впитывают влагу из атмосферы. Под действием воды разлагаются на основные части, а выделяющиеся кислоты и щелочь вызывают коррозию деталей подшипника. Допустимый срок хранения 2 года
	УТ-2		+150	+130	
	УТс-1	ГОСТ 5703-51	+130	+110	
	УТс-2		+150	+130	
Смазка УСС (солидол синтетический)	УСС-1 УСС-2 УСС-автомобильная	ГОСТ 4366-56	+70 +75 +75	+40 +50 +50	Смазка ограниченного применения из-за низких допустимых рабочих температур. Допустимый срок хранения 5 лет

Наименование смазки	Марка смазки	Номер ГОСТ или ТУ	Температура каплепадения, °С	Допустимая рабочая температура, °С	Область применения и особенности смазки
Смазка ЦИАТИМ-201 (смазка УТВМА)	ЦИАТИМ-201	ГОСТ 6267-52	+170	+120 до -60	Перспективная смазка для электрических машин общего применения. Применяется для машин малой мощности специального назначения и в миниатюрных машинах. Заполняются закрытые подшипники. Смазка позволяет применять ее до рабочих температур 100—120° С, в условиях повышенной влажности и низких температур. Допустимый срок хранения 3 года и более
Смазка ЦИАТИМ-202	ЦИАТИМ-202	ТУ МНП 340-50	+170	+120 до -60	По свойствам близка к смазке ЦИАТИМ-201. Применяется в миниатюрных электрических машинах с высокими числами оборотов
Смазка ЦИАТИМ-221	ЦИАТИМ-221	ТУ МНП 396-56	+200	+150 до -60	Применяется в машинах с высокой рабочей температурой. Для работы в некоторых агрессивных средах. Заполняются закрытые подшипники. Допустимый срок хранения 6 лет

Наименование смазки	Марка смазки	Номер ГОСТ или ТУ	Температура каплепадения, °С	Допустимая рабочая температура, °С	Область применения и особенности смазки
Смазка ОКБ-122-7	ОКБ-122-7	ТУ 142-57	+160	+120 до —60	Высококачественная стабильная смазка применяется в машинах малой мощности специального назначения и в миниатюрных машинах с особыми требованиями к постоянству вязкости масла при изменении температуры. Заполняются закрытые подшипники
Смазка КВ	КВ	ГОСТ 2931-51	+120	+100 до —50	Применяется в основном при низких температурах окружающей среды. Смазка нестабильная. При хранении в течение нескольких месяцев разлагается. Вытесняется высококачественной смазкой ЦИАТИМ-201
Масло приборное МВП	МВП	ГОСТ 1805-51	—	+50 до —60	Применяется в миниатюрных машинах, работающих в помещениях и при невысоких рабочих температурах
Масло ОКБ-122-5	ОКБ-122-5	ТУ МХП 4216-55	—	+120 до —60	Приборные масла. Применяются для смазки миниатюрных электрических машин с очень малыми крутящими моментами
Масло ОКБ-122-16	ОКБ-122-16	ТУ МХП 4216-55	—	+120 до —60	

циального назначения количество смазки и частота добавки устанавливаются испытаниями и указываются в паспорте машины.

Для подшипников закрытого типа, заполненных смазкой на заводе, в условное обозначение введен индекс:

подшипники с индексом С1 заполняются смазкой ОКБ-122-7,

подшипники с индексом С2 заполняются смазкой ЦИАТИМ-221,

подшипники без индекса С заполняются смазкой ЦИАТИМ-201.

Например, закрытый подшипник 80201, заполненный смазкой ОКБ-122-7, имеет условное обозначение 80201С1, а со смазкой ЦИАТИМ-201—80201.

Для смены смазки в подшипниках, имеющих резиновые уплотнения (типы 180000 и 160000), их необходимо демонтировать.

В закрытых подшипниках типа 80000 и в подшипниках с фетровыми уплотнениями (типы 520000 и 140000) смазка только пополняется, ввиду того что эти подшипники не промываются.

Приспособление для добавки смазки в подшипники типа 80000 показано на рис. 27.

Смазываемый подшипник 9 кладут на подставку 1 так, чтобы из него могла выходить старая смазка. Устанавливают выступ 4 головки 2 во внутренний диаметр подшипника так, чтобы наружное кольцо вошло в выточку на торце головки 2. Нажимая на рычаг 5, опускают поршень 6. Под давлением поршня смазка из полости 7 по отверстиям 8 в головке 2 попадает через зазор между защитной шайбой подшипника и внутренним кольцом в полость под-

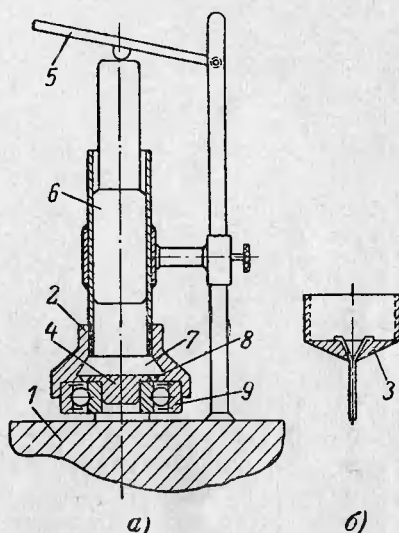


Рис. 27. Приспособления для добавления смазки в подшипники.

1 — подставка; 2 — головка для подшипников типа 80000; 3 — головка с иглой для подшипников типов 180000 и 160000; 4 — выступ головки; 5 — рычаг; 6 — поршень; 7 — полость со смазкой; 8 — отверстия для прохода смазки; 9 — подшипник.

шипника. Смазка подается до тех пор, пока свежая смазка не появится с другой стороны подшипника.

При описанном способе свободное пространство внутри подшипника полностью заполняется. Поэтому в первые 30—60 мин работы подшипника из него будет сбрасываться излишек смазки. Если по условиям работы машины попадание смазки внутрь машины недопустимо, то необходимо сделать обкатку подшипника на стенде.

Если у подшипников типов 180000 и 160000 имеется массивный сепаратор, то после промывки смазку необходимо закладывать внутрь подшипника к его рабочим частям. Это обеспечивает надежную работу подшипника особенно в первые часы работы.

Для закладки смазки можно пользоваться приспособлением, показанным на рис. 27, заменив головку 2 на головку 3 с иглой (рис. 27,б).

Вставив иглу в зазор между сепаратором и внутренним кольцом, вдавливают смазку внутрь подшипника, который медленно поворачивают для равномерного распределения смазки.

В отличие от других приспособлений для подшипников этих типов приспособление типа шприца дает возможность вводить строго определенное количество смазки. Это достигается закладыванием в приспособление необходимого количества смазки только для одного подшипника или тарированием¹ величины опускания штока при закладке.

11. ХРАНЕНИЕ, КОНСЕРВАЦИЯ И ПЕРЕКОНСЕРВАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ

Коррозия — один из наиболее распространенных видов повреждений подшипников. Разрушая поверхность рабочих дорожек колец и тел качения, она уменьшает долговечность подшипника. Кроме того, продукты коррозии, смешиваясь со смазкой, вызывают абразивный износ его рабочих поверхностей. Поэтому коррозия недопустима как на рабочих, так и на остальных поверхностях подшипника.

При обращении с подшипником необходимо всегда стремиться к тому, чтобы без защиты от коррозии подшипник находился возможно меньшее время. Во всех случаях время нахождения его без защиты не должно превышать 2 ч.

¹ Тарирование — в данном случае нанесение на шприц шкалы и определение цены ее деления.

На непродолжительный срок хранения, а также на период между осмотрами, дефектацией, на время устранения недостатков как у подшипника, так и у машины (если это длится не более 20 суток) пользуются двумя удобными способами защиты от коррозии.

Первый способ заключается в том, что подшипники помещают в эксикатор (рис. 28) — стеклянный герметически закрывающийся сосуд. Герметичность эксикатора обеспечена притиркой крышки 1 к корпусу 2. В нижнюю часть корпуса засыпается силикагель 4 — неорганическое вещество, обладающее большой способностью впитывать влагу из атмосферы. Например, при относительной влажности 100% он способен поглотить влагу до 35% своего веса. Относительная влажность воздуха в закрытом эксикаторе с силикагелем устанавливается порядка 30%; при такой влажности процессы коррозии практически не протекают.

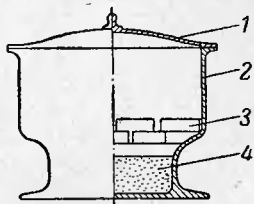


Рис. 28. Эксикатор для непродолжительного хранения подшипников.

Различают два вида силикагеля: индикатор и осушитель. Силикагель-индикатор, поглощая влагу, изменяет свою окраску. По изменению цвета судят о влажности воздуха в эксикаторе и о его дальнейшей способности поглощать влагу. Влажность высушенного силикагеля не превышает 2%. При этом силикагель-индикатор имеет синий цвет и сине-фиолетовый с небольшим количеством зерен, отличных по цвету, но не меняющих общего тона окраски. При розовом и фиолетово-розовом цвете силикагель-индикатор подлежит смене. Силикагель удобен тем, что его можно использовать многократно. Восстановление силикагеля-индикатора производится в сушильном шкафу-термостате при температуре 120—150°С в течение 1,5—2 ч. Для сушки силикагель насыпают на металлические противни слоем не более 30 мм. Хранят силикагель в герметической таре.

Силикагель-осушитель при поглощении влаги свой цвет не изменяет.

Хотя стоимость силикагеля-индикатора выше, чем силикагеля-осушителя, однако учитывая небольшую его потребность и многократность использования, для эксикаторов более целесообразно применять силикагель-индикатор. При применении силикагеля-осушителя контроль

влажности может осуществляться небольшим количеством силикагеля-индикатора, помещенного в специальные патроны — индикаторы влажности.

Второй способ, распространяющийся в последнее время, состоит в применении летучих ингибиторов (замедлителей коррозии). Особенности ингибиторов заключаются в том, что они защищают от коррозии, находясь в газообразном состоянии. Обычно летучим ингибитором пропитывается упаковочная бумага. Подшипник, завернутый в эту бумагу, окружается газовой средой, которая защищает металл от коррозии. В качестве ингибиторов применяют карбонат моноэтаноламина (МЭАК) и нитрит дициклогексиламина (НДА).

Для защиты от коррозии на продолжительный срок хранения подшипники консервируют. Перед консервацией их тщательно осматривают с целью установить отсутствие коррозии. Подшипники, имеющие даже незначительную коррозию, консервации не подвергаются, так как она будет развиваться и под слоем смазки.

Первая операция при консервации — промывка — выполняется для очистки поверхности подшипника от загрязнений и удаления солей пота рук. Для промывки применяется 2%-ный водный раствор натриевого или кальциевого мыла. Хозяйственные мыла для этой цели непригодны, так как они содержат наполнители, которые дают на подшипнике осадок. Температура раствора в ванне поддерживается в пределах 70—80° С. При более низкой температуре уменьшается моющая способность раствора. Повышенная температура сильно изменяет концентрацию раствора, так как вода испаряется. Время выдержки подшипников в первой ванне 2 мин. До и после выдержки необходимо проделать три—пять кратковременных погружений. После этого подшипники подвешиваются над ванной для стекания избытка раствора. Эта операция проводится также после каждой последующей ванны с целью сохранения постоянства состава ванн.

Вторая операция при консервации — удаление мыльного раствора, оставшегося на деталях подшипника после промывки. Подшипники помещаются в горячее минеральное масло малой вязкости — индустриальное 12 (веретенное 2) или трансформаторное масло. В последнем случае необходимо тщательно следить за температурой масла, так как температура вспышки трансформаторного масла — 135° С — ниже, чем у индустриального 12. Температура

масла во второй ванне должна быть в пределах 90—95° С. Горячее масло, помимо того, что удаляет оставшийся мыльный раствор в виде капель, одновременно подсушивает поверхность подшипников от водяной пленки. При уменьшении температуры масла поверхность высыхает медленнее. Подшипники выдерживают в минеральном масле 2 мин. До и после выдержки необходимо проделать четыре кратковременных погружения.

Температура во второй ванне (90—95° С) недостаточна для полного удаления из подшипников мыльного раствора. Поэтому необходима третья операция. Она производится в третьей ванне при температуре смазки 110—120° С. В ней подшипники находятся не менее 2 мин, причем в течение 4 мин до выдержки в ванне и в течение 4 мин после выдержки их нужно подвергнуть кратковременному погружению.

В качестве смазки в третьей ванне применяется защитная смазка следующих марок: УН (технический вазелин), УНЗ (пушсмазка) или петролатум (неокисленный). Эти смазки применяются также в последней четвертой ванне.

При переносе подшипников из третьей ванны в четвертую—консервационную—всегда будет переноситься в нее и некоторое количество смазки из третьей ванны. Поэтому, чтобы не ухудшать состав консервационной ванны, состав третьей и четвертой ванн должен быть одинаков.

Четвертая операция является консервационной. После первых трех операций, которые по существу являются подготовительными, в четвертой ванне 2—3-кратным погружением подшипников на 20—30 сек в расплавленную смазку, температура которой поддерживается в пределах 60—70° С, на подшипник наносится слой защитной смазки.

После четвертой ванны подшипники охлаждаются на воздухе до застывания смазки (30—40° С), после чего их завертывают в противокоррозионную бумагу. Обычно применяется бумага, пропитанная парафином, церезином или их смесью. При завертывании подшипников, так же как и в процессе консервации, брать подшипники руками нельзя во избежание коррозии от пота рук. Подшипники берут щипцами, крючками или другими приспособлениями; можно также пользоваться парафинированной бумагой.

Конструкция всех четырех ванн для консервации может быть одинакова. Ванны изготовляются из листового железа. Каркас—из углового железа. Размер ванн выбирается исходя из размеров подшипников и необходимой

пропускной способности. Для удобства в работе над ванной устанавливается перекладина. На нее подвешиваются кассеты с подшипниками для стекания раствора или масла. Подшипники опускаются в ванны в специальных кассетах, изготовленных из листового железа. Для прохода масла в кассете много отверстий. Для мелких подшипников кассеты можно изготовить из проволоочной сетки.

Консервация подшипников с двусторонними встроенными уплотнениями, заполненными рабочими смазками, отличается от описанной выше. После осмотра подшипники протирают чистой салфеткой. Защитная смазка наносится намазыванием. В качестве защитной смазки применяется рабочая смазка той же марки, что заложена в подшипники.

Для подшипников с резиновыми и фетровыми уплотнениями разрешается применять обычные защитные смазки (марки УН, УНЗ, петролатум). Они наносятся на подшипник намазыванием.

Расконсервация подшипников. Перед расконсервацией с подшипников снимают парафинированную бумагу и укладывают их в кассету в один ряд. Для удаления защитной смазки кассету с подшипниками опускают на 5—10 мин в масло индустриальное 12 (веретенное 2), нагретое до температуры 90—120°С. При применении трансформаторного масла температуру выше 100°С допускать не следует во избежание вспышки масла. После нагрева их 5—6 раз вынимают и погружают в ванну, каждый раз давая стечь маслу. После этого кассета с подшипниками подвешивается над ванной до стекания масла и охлаждения подшипников до температуры окружающего воздуха.

Охлажденные подшипники промывают в авиационном бензине Б-70, в бензине «Галоша» или в бензиновом растворителе.

Расконсервация подшипников с двусторонними встроенными уплотнениями, заполненными рабочими смазками, заключается в том, что защитную смазку удаляют с поверхностей подшипника чистой сухой или смоченной в бензине и отжатой салфеткой.

Переконсервация подшипников производится, если при выборочной проверке хранящихся подшипников обнаружена коррозия. В этом случае вся партия подшипников подвергается расконсервации и осмотру. Подшипники без коррозии консервируют. Способы расконсервации и консервации описаны выше.

При консервации этих подшипников особенно тщательно необходимо выполнить первую операцию. От качества промывки подшипников в первой ванне зависит устранение многих причин, вызывающих коррозию.

Хранение подшипников. При поступлении ящиков с подшипниками их вскрывают. Хранят подшипники на стеллажах. Если ящики поступили в холодное время года, то их выдерживают нераспакованными от 1 до 3 суток. За это время подшипники принимают температуру окружающего воздуха и на них не будет конденсироваться влага. Подшипники, имеющие повреждения парафинированной упаковочной бумаги, подлежат расконсервации и осмотру.

Подшипники, бывшие в работе и законсервированные на длительный срок, должны храниться также на стеллажах.

Помещение, в котором хранятся подшипники, должно быть сухим, отапливаемым, с вентиляцией и защищенное от попадания в него прямого солнечного света и газов (хлора, аммиака, дыма и т. д.). Пол должен быть из плиток, бетонный или деревянный. Крыша помещения не должна протекать. Температура воздуха должна поддерживаться в пределах от $+10$ до $+30^{\circ}\text{C}$. Относительная влажность воздуха не выше 70%. Резкие колебания температуры и влажности воздуха не допускаются. За температурой и влажностью воздуха устанавливается ежедневный контроль. При повышении влажности воздуха необходимо усилить как отопление, так и вентиляцию.

Уборка пола должна производиться пылесосом или мокрыми опилками. Недопустимо поливать или обрызгивать пол водой.

При длительном хранении подшипников их состояние необходимо периодически контролировать. Один раз в год на отсутствие коррозии проверяют 0,5% хранящихся подшипников. При обнаружении коррозии на деталях партия подшипников снимается с хранения.

Подшипниковая промышленность в соответствии с ГОСТ 520-55 гарантирует подшипники от коррозии в течение 12 мес. со дня выпуска при соблюдении правил хранения. Проверка состояния подшипников после длительного их хранения (более 12 мес.) показывает, что подшипники, законсервированные по описанной методике, можно хранить 5 и более лет, периодически контролируя их состояние.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Радиальные зазоры в радиальных однорядных шариковых подшипниках. Основной ряд по нормали ОН 2-57

Внутренний диаметр подшипника, мм		Радиальный зазор, мк		Измерение под нагрузкой, кг
свыше	до	наименьший	наибольший	
2,5	10	5	16	2
10	18	8	22	5
18	24	10	24	5
24	30	10	24	5
30	40	12	26	10
40	50	12	29	10
50	65	13	33	10
65	80	14	34	10
80	100	16	40	10
100	120	20	46	15
120	140	23	53	15

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Радиальные зазоры в радиальных однорядных роликовых подшипниках. Основной ряд по нормали ОН 8-58

Внутренний диаметр подшипника, мм		Радиальный зазор, мк	
свыше	до	наименьший	наибольший
14	20	20	30
20	30	25	35
30	40	30	45
40	50	30	45
50	65	35	55
65	80	40	60
80	100	45	65
100	120	50	75
120	140	60	90

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Примерные величины осевой игры радиальных однорядных шариковых подшипников. Отраслевой нормали нет. Каждый завод имеет свои величины осевой игры

Внутренний диаметр подшипника, мм		Осевая игра, мк					
		серии 100 и 200		серия 300		серия 400	
		наименьшая	наибольшая	наименьшая	наибольшая	наименьшая	наибольшая
свыше	до						
—	10	40	60	50	80	—	—
10	30	70	100	80	110	100	140
30	60	100	140	110	170	140	210
60	100	130	220	170	250	190	280
100	150	180	260	230	330	280	400

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Посадки шариковых и роликовых подшипников классов точности Н, П и В по ГОСТ 3325-55

а) На вал

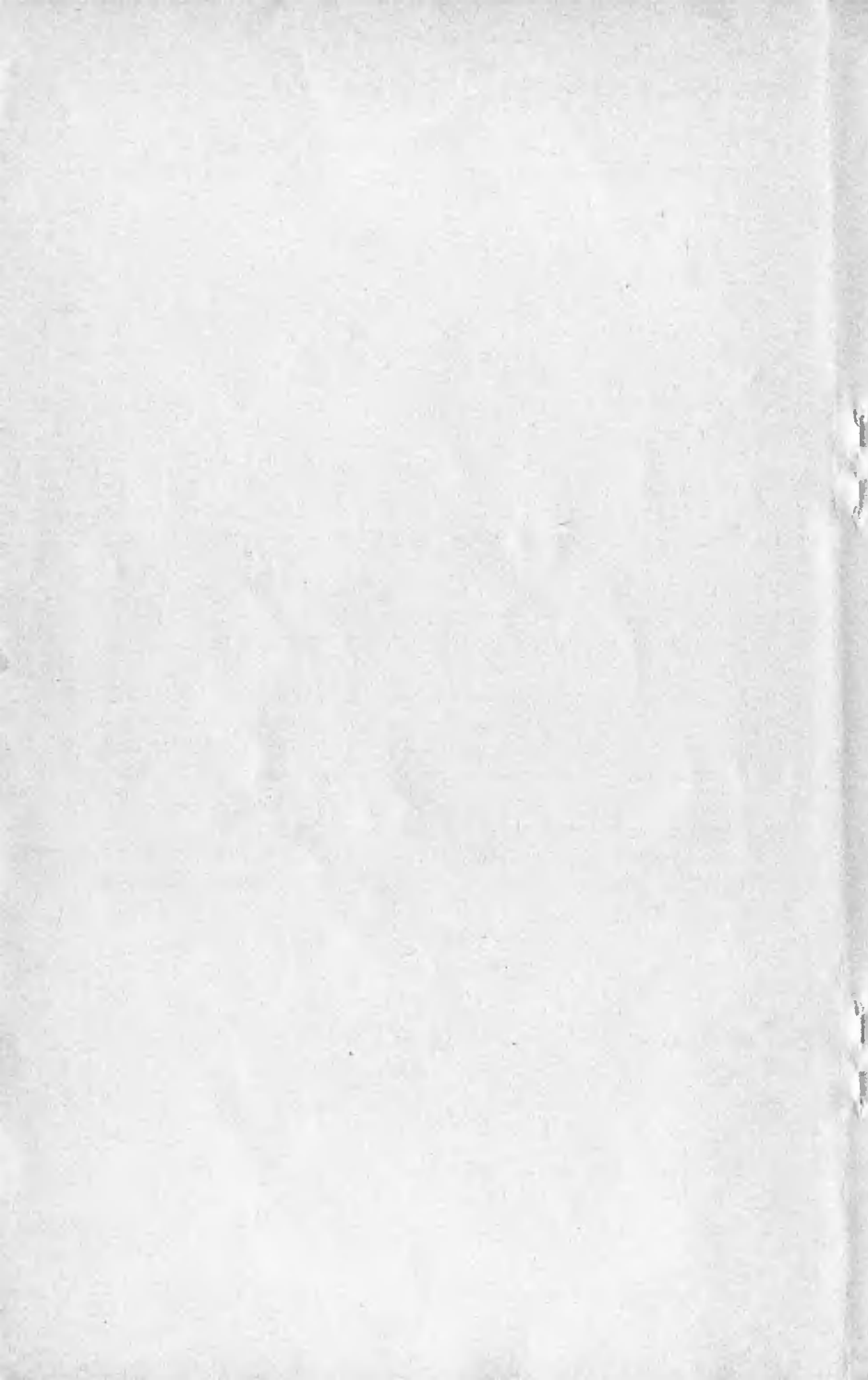
Номинальный диаметр вала, мм		Отклонения внутреннего диаметра подшипника, мк	Предельные отклонения диаметра вала при посадках, мк		
свыше	до		Нп	Пп	Сп
—	6	0 —10	+9 +1	+4 —4	0 —8
6	10	0 —10	+12 +2	+5 —5	0 —10
10	18	0 —10	+14 +2	+6 —6	0 —12
18	30	0 —10	+17 +2	+7 —7	0 —14
30	50	0 —12	+20 +3	+8 —8	0 —17
50	80	0 —15	+23 +3	+10 —10	0 —20
80	120	0 —20	+26 +3	+12 —12	0 —23

б) В корпус

Номинальный диаметр отверстия корпуса, мм		Отклонения наружного диаметра подшипника, мк	Предельные отклонения диаметра отверстия корпуса при посадках, мк		
свыше	до		Нп	Пп	Сп
—	18	0 —8	+5 —14	+13 —6	+19 0
18	30	0 —9	+6 —17	+16 —7	+23 0
30	50	0 —11	+7 —20	+18 —8	+27 0
50	80	0 —13	+8 —23	+20 —10	+30 0
80	120	0 —15	+9 —26	+23 —12	+35 0
120	150	0 —18	+10 —30	+27 —14	+40 0

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственные стандарты, сборник, Шариковые и роликовые подшипники, Стандартгиз, 1956.
2. Подшипники шариковые и роликовые, Каталог Союзподшипниксбыт, 1956.
3. Бейзельман Р. Д. и Цыпкин Б. В., Подшипники качения, справочник, Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1959.
4. Государственные стандарты, сборник Нефтепродукты и продукты переработки твердых топлив, Технические условия, 1956.
5. Технические нормы на нефтепродукты, Справочная книга под редакцией Пучкова Н. Г., Гостоптехиздат, 1957.
6. Министерство электротехнической промышленности СССР, Инструкция по монтажу и эксплуатации асинхронных электродвигателей единой серии мощностью от 0,6 до 100 квт, ЦБТИ МЭП, 1954.
7. Министерство электротехнической промышленности СССР, Инструкция по монтажу и эксплуатации трехфазных асинхронных электродвигателей мощностью от 0,6 до 100 квт, ЦБТИ, 1954.
8. Лесохин А. Ф., Допуски, посадки и технические измерения, Машгиз, 1959.



СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения о подшипниках	3
2. Условные обозначения подшипников	13
3. Особенности конструкции подшипников качения	14
4. Подшипники, применяемые в электрических машинах	20
5. Уход за подшипниками при эксплуатации электрических машин	27
6. Демонтаж подшипников	31
7. Промывка подшипников	33
8. Основные дефекты подшипников и их причины	35
9. Монтаж подшипников	42
10. Рабочие смазки	55
11. Хранение, консервация и переконсервация подшипников	60
Приложения	66
Литература	69



„БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА“

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

- Ривлин Л. Б., Как определить неисправность асинхронного электродвигателя (Выпуск 10).
Константинов Б. А., Соколова К. И., Шулятьева Г. Н., Коэффициент мощности и способы его повышения на промышленных предприятиях (Выпуск 11).
Карпов Ф. Ф., Как проверить допустимость подключения короткозамкнутого электродвигателя к сети (Выпуск 12).
Ильинский Н. Ф., Расчет и выбор сопротивлений для электродвигателей (Выпуск 13).
Образцов В. А., Уход за контактами низковольтных аппаратов (Выпуск 14).
Ларионов В. П., Защита жилых домов и производственных сооружений от молнии (Выпуск 15).
Соколов Н. М., Универсальный прозвоночный аппарат (Выпуск 16).
Харитонов М. Г., Опыт обслуживания и ремонта КРУ Запорожского завода (Выпуск 17).
Амосов Б. В., Эксплуатация сварочных генераторов и трансформаторов (Выпуск 18).
Каминский Е. А., Как сделать проект небольшой электроустановки (Выпуск 19).

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

- Авиновичский И. Я., Окончание силовых кабелей.
Боярченков М. А. и Шинянский А. В., Магнитные усилители.
Гуреев И. А., Шинопроводы напряжением до 1000 в.
Клюев С. А., Как рассчитать электрическое освещение производственного помещения.
Кожин А. Н., Релейная защита линий 3—10 кВ на оперативном переменном токе.
Локишин М. В., Опыт ремонта высоковольтных вводов.
Михалков А. В., Что должен знать электромонтер о регулировании напряжения.
Стещенко Н. Н., Техника безопасности при эксплуатации электроустановок на строительстве.
Хомяков М. В. и Яковсон И. А., Термитная сварка многопроволочных проводов.
Федотов Б. Н., Схемы включения электрических счетчиков.
Яковсон И. А., Опрессование контактных соединений проводов и тросов.

Цена 1 р. 50 к.