ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54660— 2011 (ИСО 76:2006)

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Статическая грузоподъемность

ISO 76:2006
Rolling bearings — Static load ratings
(MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Инжиниринговый центр ЕПК» (ООО «ИЦ ЕПК») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 307 «Подшипники качения»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 13 декабря 2011 г. № 817-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 76:2006 «Подшипники качения. Статическая грузоподъемность» (ISO 76:2006 «Rolling bearings — Static load ratings») путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Обозначения . . . 3
5 Радиальные и радиально-упорные шариковые подшипники . . . 4
5.1 Базовая статическая радиальная грузоподъемность . . . 4
5.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка . . . 5
6 Упорные и упорно-радиальные шариковые подшипники . . . 6
6.1 Базовая статическая осевая грузоподъемность . . . 6
6.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка . . . 7
7 Радиальные и радиально-упорные роликовые подшипники . . . 7
7.1 Базовая статическая радиальная грузоподъемность . . . 7
7.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка . . . 7
8 Упорные и упорно-радиальные роликовые подшипники . . . 8
8.1 Базовая статическая осевая грузоподъемность . . . 8
8.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка . . . 9
9 Статический коэффициент безопасности . . . 9
9.1 Общие требования . . . 9
9.2 Шариковые подшипники . . . 9
9.3 Роликовые подшипники . . . 10
Приложение А (справочное) Резкое изменение при расчете базовой статической грузоподъемности . . . 11
Приложение ДА (справочное) Положения примененного международного стандарта, которые применены в основной части настоящего стандарта с модификацией их содержания . . . 14

Введение

Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 76:2006 «Подшипники качения. Статическая грузоподъемность» (ISO 76:2006 «Rolling bearings — Static load Rating»). При этом в него не включена ссылка на ИСО 15241 «Подшипники качения. Обозначение величин», которую нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с тем, что в настоящем стандарте применяются только те обозначения, которые приведены в разделе «Обозначения». Исключены нормативные ссылки на ИСО/ ТО 10657 «Пояснения к ИСО 76», которые нецелесообразно применять в российской национальной стандартизации в связи с тем, что указанный документ не является стандартом и его положения противоречат требованиям тех структурных элементов примененного стандарта, которые на него ссылаются. Соответственно ИСО 15241 и ИСО/ТО 10657 исключены из раздела «Нормативные ссылки». Упорядочен текст примененного стандарта. Для чего изменены отдельные структурные элементы, а в другие добавлены необходимые положения.

Измененные структурные элементы выделены полужирной вертикальной линией, расположенной на полях текста. Оригинальный текст этих элементов примененного международного стандарта приведен в дополнительном приложении ДА, что указано в примечаниях, заключенных в рамки из тонких линий. Добавленный текст выделен полужирным курсивом.

Особенности национальной российской стандартизации учтены в дополнительных терминологических статьях, которые выделены путем заключения их в рамку из тонких линий, а информация с объяснением причин включения этих положений приведена после соответствующих статей в виде примечаний.

Дополнительные показатели, включенные в текст настоящего стандарта для учета потребностей национальной экономики Российской Федерации, выделены полужирным курсивом, а объяснения причин их включения приведены в сносках.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Статическая грузоподъемность

Rolling bearings. Static load ratings

Дата введения — 2013—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы расчета базовой статической грузоподъемности и статической эквивалентной нагрузки подшипников качения, которые изготовлены из используемой высококачественной закаленной подшипниковой стали в условиях современного, хорошо налаженного производства, имеют обычную конструкцию и форму контактных поверхностей качения и соответствуют размерам, указанным в соответствующих стандартах.

Результаты расчета по настоящему стандарту не являются удовлетворительными для подшипников, в которых из-за условий применения и/или внутренней конструкции имеется значительное сокращение площадки контакта между телами качения и дорожками качения. Применение настоящего стандарта ограничено также в тех случаях, когда условия эксплуатации подшипников вызывают отклонения от обычного распределения нагрузки, например из-за несоосности, преднатяга или чрезмерного зазора, или в случае специальной обработки поверхности или использования покрытий. Когда есть причина предполагать, что такие условия преобладают, пользователь должен проконсультироваться у изготовителя подшипника в отношении рекомендаций и оценки статической эквивалентной нагрузки.

Настоящий стандарт не распространяется на конструкции, в которых тела качения работают непосредственно по поверхности вала или корпуса, если только эта поверхность не является эквивалентной во всех отношениях поверхности подшипника, которую она заменяет.

В настоящем стандарте двухрядные радиальные подшипники и двойные упорные подшипники рассматриваются как симметричные.

Кроме того, дано руководство по применению статических коэффициентов безопасности, которые следует использовать в случаях тяжелого нагружения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующий стандарт:

ГОСТ 24955—81 Подшипники качения. Термины и определения *(ИСО 5593:1997 «Подшипники качения. Словарь», NEQ)*

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ***ГОСТ 24955***, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **статическая нагрузка** (static load): Нагрузка, действующая на подшипник при нулевой относительной частоте вращения его колец.

3.2 **базовая статическая радиальная грузоподъемность** (basic static radial load rating): Статическая радиальная нагрузка, которая соответствует расчетным контактным напряжениям в центре наиболее тяжело нагруженного контакта тела качения с дорожкой качения подшипника:

- 4600 МПа для самоустанавливающихся шариковых подшипников;
- 4200 МПа для всех других типов радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников;
- 4000 МПа для всех радиальных и радиально-упорных роликовых подшипников.

Примечание 1 — Для однорядных радиально-упорных подшипников радиальная грузоподъемность относится к радиальной составляющей нагрузки, вызывающей чисто радиальное смещение подшипниковых колец относительно друг друга.

Примечание 2 — Возникающая при этих контактных напряжениях суммарная остаточная деформация тела качения и дорожки качения при воздействии статической нагрузки приблизительно равна 0,0001 диаметра тела качения.

3.3 **базовая статическая осевая грузоподъемность** (basic static axial load rating): Статическая центральная осевая нагрузка, которая соответствует расчетным контактным напряжениям в центре наиболее тяжело нагруженного контакта тела качения с дорожкой качения подшипника:

- 4200 МПа для упорных и упорно-радиальных шариковых подшипников,
- 4000 МПа для всех упорных и упорно-радиальных роликовых подшипников.

Примечание — Возникающая при этих контактных напряжениях суммарная остаточная деформация тела качения и дорожки качения приблизительно равна 0,0001 диаметра тела качения.

3.4 **статическая эквивалентная радиальная нагрузка** (static equivalent radial load): Статическая радиальная нагрузка, которая должна вызывать такие же контактные напряжения в центре наиболее тяжело нагруженного контакта тела качения с дорожкой качения, как и в условиях действительного нагружения.

3.5 **статическая эквивалентная осевая нагрузка** (static equivalent axial load): Статическая центральная осевая нагрузка, которая должна вызывать такие же контактные напряжения в центре наиболее тяжело нагруженного контакта тела качения с дорожкой качения, как и в условиях действительного нагружения.

3.6 **статический коэффициент безопасности** (static safety factor): Отношение базовой статической грузоподъемности к статической эквивалентной нагрузке, которое устанавливает запас надежности против возникновения недопустимой остаточной деформации тел и дорожек качения.

3.7 **диаметр ролика** (roller diameter): Принимаемый при расчетах грузоподъемности теоретический диаметр в радиальном сечении, проходящем через середину длины симметричного ролика.

Примечание 1 — Для конического ролика соответствующий диаметр равен среднему значению диаметров воображаемых кромок большого и малого торцов ролика.

Примечание 2 — Для асимметричного выпуклого ролика соответствующий диаметр приблизительно равен диаметру в точке контакта выпуклого ролика с дорожкой качения кольца, не имеющего бортика, при нулевой нагрузке.

3.8 **рабочая длина ролика** (effective roller length): Принимаемая при расчетах грузоподъемности теоретическая максимальная длина контакта между роликом и той дорожкой качения, где этот контакт короче.

Примечание — За длину контакта обычно принимают либо расстояние между теоретическими кромками ролика, за вычетом фасок ролика, либо ширину дорожки качения за вычетом галтелей, в зависимости от того, что меньше.

3.9 **номинальный угол контакта** (nominal contact angle): Угол между плоскостью, перпендикулярной к оси подшипника (радиальной плоскостью), и номинальной линией действия результирующих сил, передаваемых кольцом подшипника на тело качения.

Примечание — Для подшипников с асимметричными роликами номинальный угол контакта определяется контактом с дорожкой качения, не имеющей бортика.

3.10 **центровой диаметр набора шариков** (pitch diameter of ball set): Диаметр окружности, проходящей через центры шариков одного ряда подшипника.

3.11 **центровой диаметр набора роликов** (pitch diameter of roller set): Диаметр окружности, которая пересекает оси роликов одного ряда подшипника посередине между торцами ролика.

3.12 **опорный торец** (back face): Торец кольца подшипника, предназначенный для восприятия осевой нагрузки.

3.13 **неопорный торец** (front face): Торец кольца подшипника, не предназначенный для восприятия осевой нагрузки.

3.14 **сдвоенный подшипник** (paired mounting): Два подшипника, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел.

3.15 **комплект подшипников** (stack mounting): Три или более подшипника, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел.

3.16 **компоновка по схеме тандем (схема «Т»)** (tandem arrangement): Сдвоенный подшипник или комплект подшипников, смонтированный опорным торцом наружного (свободного) кольца подшипника к неопорному торцу наружного (свободного) кольца соседнего подшипника.

Примечание — Для упорного и упорно-радиального подшипников указанные торцы касаются не непосредственно, а через специально подобранное дистанционное кольцо.

3.17 **компоновка по схеме «О» (схема «О»)** (back-to-back arrangement): Сдвоенный подшипник, смонтированный опорными торцами наружных колец подшипников друг к другу.

3.18 **компоновка по схеме «Х» (схема «Х»)** (face-to-face arrangement): Сдвоенный подшипник, смонтированный неопорными торцами наружных колец подшипников друг к другу.

Примечание — Термины 3.12—3.18 приведены в ИСО 5593, используются в настоящем стандарте.

4 Обозначения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения*:

C_{0a} — базовая статическая осевая грузоподъемность в ньютонах;

C_{0r} — базовая статическая радиальная грузоподъемность в ньютонах;

D_{pw} — центровой диаметр набора шариков или роликов в миллиметрах;

D_w — номинальный диаметр шарика в миллиметрах;

D_{we} — диаметр ролика, применяемый при расчете грузоподъемности, в миллиметрах;

F_a — осевая нагрузка на подшипник (осевая составляющая фактической нагрузки на подшипник) в ньютонах;

F_r — радиальная нагрузка на подшипник (радиальная составляющая фактической нагрузки на подшипник) в ньютонах;

f_0 — коэффициент для расчета базовой статической грузоподъемности;

i — число рядов тел качения;

L_{we} — рабочая длина ролика, применяемая при расчете грузоподъемности, в миллиметрах;

P_{0a} — статическая эквивалентная осевая нагрузка в ньютонах;

P_{0r} — статическая эквивалентная радиальная нагрузка в ньютонах;

S_0 — статический коэффициент безопасности;

X_0 — коэффициент статической радиальной нагрузки;

Y_0 — коэффициент статической осевой нагрузки;

Z — число тел качения в однорядном подшипнике; число тел качения в одном ряду многорядного подшипника с одинаковым их числом в каждом ряду;

α — номинальный угол контакта в градусах.

* Обозначения размеров относятся к номинальным размерам, если не указано иное.

5 Радиальные и радиально-упорные шариковые подшипники

5.1 Базовая статическая радиальная грузоподъемность

5.1.1 Базовая статическая радиальная грузоподъемность отдельного подшипника

Базовую статическую радиальную грузоподъемность радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников вычисляют по формуле

$$C_{0r} = f_0 i Z D_w^2 \cos \alpha. \quad (1)$$

Значения f_0 приведены в таблице 1.

Эта формула распространяется на подшипники с радиусом желоба дорожки качения в поперечном сечении не бóльшим $0{,}52D_w$ у внутренних колец радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников и $0{,}53D_w$ — у наружных колец радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников и у внутренних колец самоустанавливающихся шариковых подшипников.

Грузоподъемность подшипника не всегда увеличивается при применении меньшего радиуса желоба, но она уменьшается при применении радиуса желоба бóльшего, чем указано выше. В последнем случае следует применять соответствующим образом уменьшенное значение f_0.

Таблица 1 — Значения коэффициента f_0 для шариковых подшипников

$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	Коэффициент f_0 для		
	шарикового радиального и радиально-упорного подшипников	шарикового радиального сферического подшипника	шарикового упорного и упорно-радиального подшипников
0,00	14,7	1,9	61,6
0,01	14,9	2,0	60,8
0,02	15,1	2,0	59,9
0,03	15,3	2,1	59,1
0,04	15,5	2,1	58,3
0,05	15,7	2,1	57,5
0,06	15,9	2,2	56,7
0,07	16,1	2,2	55,9
0,08	16,3	2,3	55,1
0,09	16,5	2,3	54,3
0,10	16,4	2,4	53,5
0,11	16,1	2,4	52,7
0,12	15,9	2,4	51,9
0,13	15,6	2,5	51,2
0,14	15,4	2,5	50,4
0,15	15,2	2,6	49,6
0,16	14,9	2,6	48,8
0,17	14,7	2,7	48,0
0,18	14,4	2,7	47,3
0,19	14,2	2,8	46,5
0,20	14,0	2,8	45,7
0,21	13,7	2,8	45,0
0,22	13,5	2,9	44,2
0,23	13,2	2,9	43,5
0,24	13,0	3,0	42,7
0,25	12,8	3,0	41,9
0,26	12,5	3,1	41,2
0,27	12,3	3,1	40,5
0,28	12,1	3,2	39,7
0,29	11,8	3,2	39,0
0,30	11,6	3,3	38,2
0,31	11,4	3,3	37,5
0,32	11,2	3,4	36,8
0,33	10,9	3,4	36,0
0,34	10,7	3,5	35,3
0,35	10,5	3,5	34,6
0,36	10,3	3,6	—
0,37	10,0	3,6	—

Окончание таблицы 1

$\frac{D_w \cos\alpha}{D_{pw}}$	Коэффициент f_0 для		
	шарикового радиального и радиально-упорного подшипников	шарикового радиального сферического подшипника	шарикового упорного и упорно-радиального подшипников
0,38	9,8	3,7	—
0,39	9,6	3,8	—
0,40	9,4	3,8	—

Примечание — Данная таблица основана на уравнении Герца для точечного контакта тел с модулем упругости $2{,}07 \times 10^5$ МПа и коэффициентом Пуассона 0,3. Предполагается, что распределение нагрузки приводит к максимальной нагрузке на шарик, равной $5F_r/(Z\cos\alpha)$, в шариковых радиальных и радиально-упорных подшипниках и к максимальной нагрузке на шарик, равной $F_a/(Z\sin\alpha)$, в упорных и упорно-радиальных подшипниках. Значения f_0 для промежуточных значений $D_w\cos\alpha/D_{pw}$ можно получить линейным интерполированием.

5.1.2 Базовая статическая радиальная грузоподъемность комбинаций подшипников

5.1.2.1 Компоновка по схеме «О» или «Х»

Базовая статическая радиальная грузоподъемность двух одинаковых однорядных радиальных шариковых подшипников или двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), скомпонованный по схеме «О» или «Х», равна удвоенной базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника.

5.1.2.2 Компоновка по схеме тандем

Базовая статическая радиальная грузоподъемность не менее чем двух одинаковых однорядных радиальных шариковых подшипников или не менее чем двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника на число подшипников. Подшипники должны быть надлежащим образом изготовлены и правильно смонтированы для обеспечения равномерного распределения нагрузки между ними.

Примечание — См. ДА.1 (приложение ДА).

5.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка

5.2.1 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка отдельных подшипников

Статическая эквивалентная радиальная нагрузка радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников равна бóльшему из двух значений, вычисленных по формулам:

$$P_{0r} = X_0 F_r + Y_0 F_a, \tag{2}$$

$$P_{0r} = F_r. \tag{3}$$

Значения коэффициентов X_0 и Y_0 приведены в таблице 2. Эти коэффициенты применимы к подшипникам с радиусом желоба в поперечном сечении в соответствии с 5.1.1.

Значения Y_0 для промежуточных углов контакта, не указанных в таблице 2, получают линейным интерполированием.

Таблица 2 — Значения коэффициентов X_0 и Y_0 для радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников*

Тип подшипника		Однорядный подшипник		Двухрядный подшипник	
		X_0	Y_0	X_0	Y_0
Радиальный шариковый[a]		0,6	0,5	0,6	0,5
Радиально-упорный шариковый с углом контакта α, равным	5°	0,5	0,52	1,0	1,04
	10°	0,5	0,5	1,0	1,00
	12°	***0,5***	***0,49***	***1,0***	***0,98***
	15°	0,5	0,46	1,0	0,92
	20°	0,5	0,42	1,0	0,84
	25°	0,5	0,38	1,0	0,76
	26°	***0,5***	***0,37***	***1,0***	***0,74***
	30°	0,5	0,33	1,0	0,66
	35°	0,5	0,29	1,0	0,58
	36°	***0,5***	***0,29***	***1,0***	***0,58***
	40°	0,5	0,26	1,0	0,52
	45°	0,5	0,22	1,0	0,44
Сферический шариковый с углом контакта α, не равным 0°		0,5	0,22 ctg α	1,0	0,44 ctg α

[a] Допустимое максимальное значение F_a/C_{0r} зависит от конструкции подшипника (внутреннего зазора и глубины желоба).

5.2.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка комбинации подшипников

5.2.2.1 Компоновка по схеме «О» или «Х»

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки двух одинаковых однорядных радиальных шариковых подшипников или двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), скомпонованный по схеме «О» или «Х», следует использовать значения X_0 и Y_0 для двухрядного подшипника, а значения F_r и F_a — в качестве общих нагрузок на весь узел. Статическая эквивалентная радиальная нагрузка равна бóльшему из двух значений, полученных по формулам (2) и (3).

Примечание — См. ДА.2 (приложение ДА).

5.2.2.2 Компоновка по схеме тандем

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки не менее чем двух одинаковых однорядных радиальных шариковых подшипников или не менее чем двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, следует использовать значения X_0 и Y_0 для однорядного подшипника, а значения F_r и F_a — в качестве общих нагрузок на весь узел. ***Статическая эквивалентная радиальная нагрузка равна бóльшему из двух значений, полученных по формулам (2) и (3).***

6 Упорные и упорно-радиальные шариковые подшипники

6.1 Базовая статическая осевая грузоподъемность

Базовую статическую осевую грузоподъемность одинарных и двойных упорных и упорно-радиальных шариковых подшипников вычисляют по формуле

$$C_{0a} = f_0 Z D_w^2 \sin \alpha. \quad (4)$$

Значения f_0 приведены в таблице 1. Z — число шариков, воспринимающих нагрузку в одном направлении.

* Выделенные полужирным курсивом строки таблицы введены в связи с тем, что в Российской Федерации радиально-упорные шариковые подшипники изготовляют, как правило, с углами контакта 12°, 26° и 36°.

Формула применима к подшипникам с радиусами желобов дорожек качения в поперечном сечении не более чем $0,54D_w$.

Грузоподъемность подшипника не всегда увеличивается при применении меньшего радиуса желоба, но она уменьшается при применении бóльшего радиуса желоба. В последнем случае следует применять соответственно уменьшенное значение f_0.

6.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка

Статическую эквивалентную осевую нагрузку шариковых упорно-радиальных подшипников с углом контакта α, не равным 90°, вычисляют по формуле

$$P_{0a} = 2,3F_r \operatorname{tg} \alpha + F_a. \quad (5)$$

Данная формула действительна при всех соотношениях радиальной и осевой нагрузок в случае двойных подшипников. Для одинарных подшипников она действительна, когда $F_r/F_a \le 0,44 \operatorname{ctg} \alpha$, и дает вполне приемлемые, но менее осторожные, значения P_{0a} для F_r/F_a до $0,67 \operatorname{ctg} \alpha$ включительно.

Упорные шариковые подшипники с углом контакта α, равным 90°, могут воспринимать только осевые нагрузки. Статическую эквивалентную осевую нагрузку для данного типа подшипника вычисляют по формуле

$$P_{0a} = F_a. \quad (6)$$

7 Радиальные и радиально-упорные роликовые подшипники

7.1 Базовая статическая радиальная грузоподъемность

7.1.1 Базовая статическая радиальная грузоподъемность отдельных подшипников

Базовую статическую радиальную грузоподъемность роликовых радиальных и радиально-упорных подшипников вычисляют по формуле

$$C_{0r} = 44\left(1 - \frac{D_{we}\cos\alpha}{D_{pw}}\right) iZL_{we}D_{we}\cos\alpha. \quad (7)$$

Примечание — Формула (7) основана на тех значениях модуля упругости, коэффициента Пуассона и распределения нагрузки по телам качения, которые даны в примечании к таблице 1.

7.1.2 Базовая статическая радиальная грузоподъемность комбинаций подшипников

7.1.2.1 Подшипники, скомпонованные по схеме «О» или «Х»

Базовая статическая радиальная грузоподъемность двух одинаковых однорядных радиальных или двух одинаковых однорядных радиально-упорных роликовых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), скомпонованный по схеме «О» или «Х», равна удвоенной базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника.

7.1.2.2 Компоновка по схеме тандем

Базовая статическая радиальная грузоподъемность не менее чем двух одинаковых однорядных радиальных или не менее чем двух одинаковых однорядных радиально-упорных роликовых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника на число подшипников. Подшипники должны быть изготовлены и смонтированы надлежащим образом для равномерного распределения нагрузки между ними.

7.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка

7.2.1 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка отдельных подшипников

Статическая эквивалентная радиальная нагрузка радиально-упорных роликовых подшипников с углом контакта α, не равным 0, равна бóльшему из двух значений, вычисленных по формулам:

$$P_{0r} = X_0F_r + Y_0F_a, \quad (8)$$

$$P_{0r} = F_r. \quad (9)$$

Значения коэффициентов X_0 и Y_0 приведены в таблице 3.

Таблица 3 — Значения коэффициентов X_0 и Y_0 для радиально-упорных роликовых подшипников с углом контакта α, не равным 0°

Тип подшипника	X_0	Y_0
Однорядный	0,5	0,22 ctg α
Двухрядный	1	0.44 ctg α

Статическую эквивалентную радиальную нагрузку роликовых радиальных подшипников с углом контакта α, равным 0°, и воспринимающих только радиальную нагрузку вычисляют по формуле

$$P_{0r} = F_r. \tag{10}$$

Способность роликовых радиальных подшипников воспринимать осевые нагрузки в значительной степени зависит от конструкции и исполнения подшипника. Поэтому потребитель должен проконсультироваться с изготовителем для получения рекомендации относительно оценки эквивалентной нагрузки в тех случаях, когда радиальные подшипники подвергаются осевой нагрузке.

7.2.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка комбинаций подшипников

7.2.2.1 Радиально-упорные роликовые однорядные подшипники, скомпонованные по схеме «О» или «Х»

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки для двух одинаковых однорядных радиально-упорных роликовых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), скомпонованный по схеме «О» или «Х», следует использовать значения X_0 и Y_0 для двухрядного подшипника, а значения F_r и F_a в качестве общих нагрузок на весь узел.

7.2.2.2 Компоновка по схеме тандем

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки не менее чем двух одинаковых однорядных роликовых радиально-упорных подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, следует использовать значения X_0 и Y_0 для однорядных подшипников, а значения F_r и F_a в качестве общих нагрузок на весь узел.

8 Упорные и упорно-радиальные роликовые подшипники

8.1 Базовая статическая осевая грузоподъемность

8.1.1 Базовая статическая осевая грузоподъемность одинарных и двойных роликовых подшипников

Базовую статическую осевую грузоподъемность одинарных и двойных упорных и упорно-радиальных роликовых подшипников вычисляют по формуле

$$C_{0a} = 220\left(1 - \frac{D_{we}\cos\alpha}{D_{pw}}\right) ZL_{we}D_{we}\sin\alpha, \tag{11}$$

где Z — число роликов, воспринимающих нагрузку в одном направлении.

В тех случаях, когда ролики имеют различную длину, в качестве ZL_{we} принимают сумму длин всех роликов, которые определены в 3.8, воспринимающих нагрузку в одном направлении.

Примечание — Формула (11) основана на тех значениях модуля упругости, коэффициента Пуассона и распределения нагрузки по телам качения, которые даны в примечании к таблице 1.

8.1.2 Базовая статическая осевая грузоподъемность подшипников, скомпонованных по схеме тандем

Базовая статическая осевая грузоподъемность не менее чем двух одинаковых упорных и упорно-радиальных одинарных роликовых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению базовой статической осевой грузоподъемности одного одинарного подшипника на число подшипников. Подшипники должны быть изготовлены и смонтированы надлежащим образом для равномерного распределения нагрузки между ними.

8.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка

8.2.1 Статическая эквивалентная осевая нагрузка для одинарных и двойных подшипников

Статическая эквивалентная осевая нагрузка для упорно-радиальных роликовых подшипников с углом контакта α более 45°, но менее 90° вычисляют по формуле

$$P_{0a} = 2{,}3F_r \operatorname{tg} \alpha + F_a. \quad (12)$$

Формула (12) действительна при всех соотношениях радиальной и осевой нагрузок в случае двойных подшипников. Для одинарных подшипников она действительна, когда $F_r/F_a \leq 0{,}44 \operatorname{ctg} \alpha$, и дает вполне приемлемые, но менее осторожные, значения P_{0a} для F_r/F_a до $0{,}67 \operatorname{ctg} \alpha$ включительно.

Упорные роликовые подшипники с углом контакта α, равным 90°, могут воспринимать только осевые нагрузки. Статическую эквивалентную осевую нагрузку для данного типа подшипника вычисляют по формуле

$$P_{0a} = F_a. \quad (13)$$

8.2.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка подшипников, смонтированных по схеме тандем

При расчете статической эквивалентной осевой нагрузки не менее чем двух одинаковых упорных и упорно-радиальных роликовых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, в формуле (12) значения F_r и F_a следует использовать в качестве общих нагрузок на весь узел.

9 Статический коэффициент безопасности

9.1 Общие требования

Следует проверить пригодность выбранного подшипника к использованию в условиях тяжелого нагружения подтверждением того, что его базовая статическая грузоподъемность является достаточной. Это можно определить с помощью статического коэффициента безопасности S_0, вычисляемого по формулам:

$$S_0 = \frac{C_{0r}}{P_{0r}}, \quad (14)$$

$$S_0 = \frac{C_{0a}}{P_{0a}}. \quad (15)$$

Формула (14) применима к радиальным и радиально-упорным подшипникам, а формула (15) — к упорным и упорно-радиальным подшипникам.

Для динамически нагруженного подшипника, когда его выбор был сделан на основании ресурса, целесообразно также проверить, что базовая статическая грузоподъемность достаточна для выполнения эксплуатационных требований.

Нормативные значения S_0, указанные в 9.2 и 9.3 для различных режимов работы и эксплуатационных требований, касающихся плавного и свободного от вибрации хода, применимы к вращающимся подшипникам и основаны на опыте работы.

При других определенных условиях эксплуатации за указаниями по подходящим значениям S_0 следует обратиться к производителю подшипника.

9.2 Шариковые подшипники

Значения статического коэффициента безопасности S_0 для шариковых подшипников указаны в таблице 4.

Таблица 4 — Значения статического коэффициента безопасности S_0 для шариковых подшипников

Режим работы	S_0, не менее
Спокойный режим работы: плавный ход, отсутствие вибрации, высокая точность вращения	2
Обычный режим работы: плавный ход, отсутствие вибрации, нормальная точность вращения	1
Применение при воздействии ударных нагрузок: четко выраженные ударные нагрузки[a]	1,5
[a] Если амплитуда нагрузки неизвестна, для S_0 следует использовать значения, по меньшей мере, равные 1,5. Точное знание амплитуды ударных нагрузок может позволить использовать меньшие значения S_0.	

9.3 Роликовые подшипники

Значения статического коэффициента безопасности S_0 для роликовых подшипников указаны в таблице 5.

Таблица 5 — Значения статического коэффициента безопасности S_0 для роликовых подшипников

Режим работы	S_0, не менее
Спокойный режим работы: плавный ход, отсутствие вибрации, высокая точность вращения	3
Обычный режим работы: плавный ход, отсутствие вибрации, нормальная точность вращения	1,5
Применение при воздействии ударных нагрузок: четко выраженные ударные нагрузки[a]	3
Для упорно-радиальных сферических роликовых подшипников рекомендуется минимальное значение S_0, равное 4, при всех режимах работы. Для подшипников роликовых игольчатых с одним наружным штампованным кольцом, подвергнутым химико-термической обработке, рекомендуется минимальное значение S_0, равное 3, при всех режимах работы.	
[a] Если амплитуда нагрузки неизвестна, для S_0 следует использовать значения, по меньшей мере, равные 3. Точное знание амплитуды ударных нагрузок может позволить использовать меньшие значения S_0.	

Приложение А
(справочное)

Резкое изменение при расчете базовой статической грузоподъемности

А.1 Общие положения

Параметры, которые согласно настоящему стандарту используют при расчете базовых статических грузоподъемностей C_{0r} и C_{0a} для радиально-упорных и для упорно-радиальных шариковых подшипников, несколько отличаются.

Поэтому при расчете статической осевой грузоподъемности C_{0a} наблюдается резкое изменение, когда подшипник с углом контакта α, равным 45°, сначала рассматривается как радиально-упорный подшипник ($C_{0a} = C_{0r}/Y_0$), а затем как упорно-радиальный подшипник.

Данное приложение разъясняет, почему различаются параметры грузоподъемности, и показывает, как можно сделать перерасчет грузоподъемности, чтобы осуществить правильное сравнение при одинаковых условиях.

А.2 Обозначения

Используют обозначения, которые указаны в разделе 4, а также следующие дополнительные обозначения:

C_{0aa} — скорректированная базовая статическая осевая грузоподъемность упорно-радиального подшипника с углом контакта α более 45°, в ньютонах;

C_{0ar} — скорректированная базовая статическая осевая грузоподъемность радиально-упорного подшипника с углом контакта α не более 45°, в ньютонах;

r_e — радиус желоба дорожки качения наружного кольца в поперечном сечении в миллиметрах;

r_i — радиус желоба дорожки качения внутреннего кольца в поперечном сечении в миллиметрах.

А.3 Различие параметров при расчете базовой статической грузоподъемности радиально-упорных и упорно-радиальных шариковых подшипников

А.3.1 Радиально-упорные шариковые подшипники

При расчете C_{0r} соотношение размеров шарика и дорожек качения (развал дорожек качения) — в соответствии с 5.1.1: $r_i/D_w \le 0{,}52$ и $r_e/D_w \le 0{,}53$.

А.3.2 Упорно-радиальные шариковые подшипники

При расчете C_{0a} соотношение размеров шарика и дорожек качения (развал дорожек качения) — в соответствии с 6.1: $r_i/D_w \le 0{,}54$ и $r_e/D_w \le 0{,}54$.

А.4 Сравнение скорректированных базовых статических осевых грузоподъемностей C_{0ar} и C_{0aa} радиально-упорных и упорно-радиальных шариковых подшипников

А.4.1 Общие положения

Для некоторых применений радиально-упорные шариковые подшипники с углом контакта α не более 45° и упорно-радиальные шариковые подшипники с углом контакта α более 45° изготовляют с одним и тем же развалом дорожек качения, и иногда возникает необходимость рассчитать и сравнить их истинные осевые грузоподъемности.

Базовые статические грузоподъемности C_{0r} и C_{0a} можно рассчитать, используя данный стандарт, или взять из каталога подшипников, если этот источник доступен.

Однако, как описано в А.3, C_{0r} и C_{0a} рассчитывают при разных развалах для радиально-упорных и упорно-радиальных подшипников. При необходимости произвести правильный расчет и сравнение C_{0r} и C_{0a} следует пересчитать в скорректированные базовые статические осевые грузоподъемности C_{0ar} и C_{0aa}, основанные на одинаковых развалах дорожек качения.

Перерасчет можно сделать с помощью формул (А.1)—(А.4) для двух разных развалов: развала для радиально-упорного подшипника и развала для упорно-радиального подшипника, которые даны в А.3.1 и А.3.2 соответственно.

Сравнение грузоподъемностей преимущественно представляет интерес для подшипников, предназначенных для работы в условиях преобладающих осевых нагрузок, и поэтому в этом приложении рассматривается сравнение базовых статических осевых грузоподъемностей.

Угол контакта α предполагается постоянным, не зависящим от осевой нагрузки, что означает снижение точности расчета для подшипников с малыми углами контакта, подвергаемых тяжелым нагрузкам.

А.4.2 Шариковые подшипники с развалами радиально-упорного подшипника

Для шариковых подшипников с развалами радиально-упорного подшипника ($r_i/D_w \le 0{,}52$ и $r_e/D_w \le 0{,}53$) скорректированную базовую статическую осевую грузоподъемность вычисляют по формулам:

$$C_{0ar} = \frac{C_{0r}}{Y_0} \qquad (A.1)$$

$$C_{0aa} = 1{,}43\ C_{0a}. \qquad (A.2)$$

А.4.3 Шариковые подшипники с развалами упорно-радиального подшипника

Для шариковых подшипников с развалами упорно-радиального подшипника ($r_i/D_w \le 0{,}54$ и $r_e/D_w \le 0{,}54$) скорректированную базовую статическую осевую грузоподъемность вычисляют по формулам:

$$C_{0ar} = \frac{0{,}7C_{0r}}{Y_0}; \qquad (A.3)$$

$$C_{0aa} = C_{0a}. \qquad (A.4)$$

А.5 Примеры

А.5.1 Шариковые подшипники с углом контакта α, равным 45°

Сравним скорректированные базовые статические грузоподъемности однорядных шариковых подшипников с углом контакта α, равным 45°, когда он рассматривается и как радиально-упорный подшипник, и как упорно-радиальный подшипник. Для выбранного подшипника $D_w \cos\alpha / D_{pw} = 0{,}16$ и $i = 1$. Подшипник имеет развалы дорожек качения как у радиально-упорного подшипника.

Расчет, когда подшипник рассматривают как радиально-упорный.

C_{0r} вычисляют по формуле (1), т. е. $C_{0r} = f_0\, i\, Z\, D_w^2 \cos\alpha$. Согласно таблице 1 $f_0 = 14{,}9$ и согласно таблице 2 $Y_0 = 0{,}22$.

$$C_{0r} = 14{,}9ZD_w^2 \cos 45° = 10{,}54ZD_w^2.$$

Подставляя значения C_{0r} и Y_0 в формулу (А.1), получаем.

$$C_{0ar} = \frac{10{,}54ZD_w^2}{0{,}22} = 47{,}9ZD_w^2.$$

Расчет, когда подшипник рассматривают как упорно-радиальный.

C_{0ar} вычисляют по формуле (4), т. е. $C_{0a} = f_0\, ZD_w^2 \sin\alpha$ и подставляют в формулу (А.2). Согласно таблице 1 $f_0 = 48{,}8$.

$$C_{0aa} = 1{,}43 \times 48{,}8ZD_w^2 \sin 45° = 49{,}3ZD_w^2.$$

Эти расчеты показывают приблизительное равенство базовых статических грузоподъемностей $C_{0ar} \approx C_{0aa}$, что подтверждает отсутствие резкого изменения.

А.5.2 Шариковые подшипники с углом контакта α, равным 40°

Рассчитаем скорректированную базовую статическую грузоподъемность C_{0ar} однорядного шарикового подшипника с углом контакта α, равным 40°. Подшипник имеет развалы дорожек качения как у упорно-радиального подшипника. Отношение D_w/D_{pw} равно 0,091, диаметр шарика D_w равен 7,5 мм, число рядов шариков равно 1, и число шариков Z равно 27.

Согласно таблице 1 $f_0 = 16{,}1$ для $(D_w \cos 40°)/D_{pw} = 0{,}091 \cos 40° = 0{,}07$. Согласно таблице 2 $Y_0 = 0{,}26$.

Согласно формуле (1):

$$C_{0r} = f_0 ZD_w^2 \cos\alpha = 16{,}1 \times 27 \times 7{,}5^2 \cos 40° = 18731.$$

Примечание — Эта грузоподъемность основывается на развале желобов, свойственном радиально-упорным подшипникам.

Согласно формуле (А.3):

$$C_{0ar} = \frac{0{,}7 \times 18731}{0{,}26} = 50430,$$

$$C_{0ar} = 50400\ \text{Н}.$$

А.5.3 Шариковые подшипники с углом контакта α, равным 60°

Рассчитаем скорректированную базовую статическую грузоподъемность C_{0aa} однорядного шарикового подшипника с углом контакта α, равным 60°. Подшипник имеет развал дорожек качения как у упорно-радиального подшипника. Отношение D_w/D_{pw} равно 0,091, диаметр шарика D_w равен 7,5 мм, и число шариков Z равно 27.

Согласно таблице 1 $f_0 = 57,82$ для $(D_w \cos 60°)/D_{pw} = 0,09 \cos 60° = 0,046$.

Согласно формуле (4):

$$C_{0r} = f_0 Z D_w^2 \sin \alpha = 57,82 \times 27 \times 7,5^2 \sin 60° = 76049.$$

Примечание — Эта грузоподъемность основывается на развале желобов, свойственном упорно-радиальным подшипникам.

Согласно формуле (А.4):

$$C_{0aa} = C_{0a} = 76049,$$

$$C_{0aa} = 76000 \text{ Н}.$$

Приложение ДА
(справочное)

Положения примененного международного стандарта, которые применены в основной части настоящего стандарта с модификацией их содержания

ДА.1

5.1.2 Базовая статическая радиальная грузоподъемность комбинаций подшипников

5.1.2.1 Два однорядных радиальных шариковых подшипника, работающих как единый узел

Базовая статическая радиальная грузоподъемность двух одинаковых однорядных радиальных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), равна удвоенной базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника.

5.1.2.2 Подшипники радиально-упорные шариковые однорядные, скомпонованные по схеме «О» или «Х»

Базовая статическая радиальная грузоподъемность двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), скомпонованный по схеме «О» или «Х», равна удвоенной базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника.

5.1.2.3 Компоновка по схеме тандем

Базовая статическая радиальная грузоподъемность для не менее чем двух одинаковых однорядных радиальных шариковых подшипников или не менее чем двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению базовой статической радиальной грузоподъемности одного однорядного подшипника на число подшипников. Подшипники должны быть надлежащим образом изготовлены и правильно смонтированы для обеспечения равномерного распределения нагрузки между ними.

ДА.2

5.2.2.1 Однорядные радиально-упорные шариковые подшипники, скомпонованные по схеме «О» или «Х»

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки для двух одинаковых однорядных радиально-упорных шариковых подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), скомпонованный по схеме «О» или «Х», следует использовать значения X_0 и Y_0 для двухрядного подшипника, а значения F_r и F_a — в качестве общих нагрузок на весь узел.

УДК 621.822.6:006.354 ОКС 21.100.20 ОКП 46 0000

Ключевые слова: подшипник качения, статическая грузоподъемность, эквивалентная нагрузка, методы расчета

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.И. Варенцова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 20.10.2014. Подписано в печать 29.10.2014. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,54. Тираж 94 экз. Зак. 4410.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru