ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)

INTERSTATE CONCIL FOR STANDARTIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ГОСТ 18854– 2013 (ISO 76:2006)

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Статическая грузоподъемность

(ISO 76:2006, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0–92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2–2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Инжиниринговый центр ЕПК» (ООО «ИЦ ЕПК»)

2 ВНЕСЕН Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 307 «Подшипники качения»

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке (протокол от 19 мая 2013 г. №56-П)

За принятие стандарта проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004–97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Азербайджан	AZ	Азстандарт
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Молдова	MD	Молдова-Стандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт
Узбекистан	UZ	Узстандарт
Украина	UA	Минэкономразвития Украины

4 Настоящий стандарт модифицирован по отношению к международному стандарту ISO 76:2006 Rolling bearings – Static load ratings (Подшипники качения – Статическая грузоподъемность) путем внесения дополнительных положений, которые заключены в рамки из тонких линий. Разъяснение причин их внесения приведены в примечании к тексту. Дополнительные значения показателей внесены в таблицу 2 и выделены полужирным курсивом. Разъяснение причин их внесения дано в сноске к таблице. Сравнение структуры международного стандарта со структурой настоящего стандарта приведено в приложении В. Разъяснение причин изменения структуры приведено в примечаниях в приложении В.

Международный стандарт разработан подкомитетом ISO/TC 4/SC 8 «Грузоподъемность и ресурс» технического комитета по стандартизации ISO/TC 4 «Подшипники качения» Международной организации по стандартизации (ISO).

Перевод с английского языка (en).

Официальные экземпляры международного стандарта, на основе которого разработан настоящий межгосударственный стандарт, и международных документов, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

Ссылки на международные стандарты, которые не приняты в качестве межгосударственных стандартов, заменены в разделе «Нормативные ссылки» и тексте стандарта ссылками на соответствующие межгосударственные стандарты.

Информация о замене ссылок с разъяснением причин их внесения приведена в приложении Б.

Степень соответствия – модифицированная (MOD)

5 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2013 г. № 1299-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 18854–2013 (ISO 76:2006) введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 января 2015 г.

6 ВЗАМЕН ГОСТ 18854–94

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном 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.

© Стандартинформ, 2014

В Российской Федерации 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.

Введение

При действии умеренных статических нагрузок на телах и дорожках качения подшипников появляются остаточные деформации, постепенно возрастающие с увеличением нагрузки.

Часто бывает весьма затруднительно установить, в какой мере деформации, появившиеся в подшипниках специального назначения, допустимы при испытаниях таких подшипников. Поэтому необходимы другие методы для обоснования правильности выбора подшипников.

Опыт показывает, что общая остаточная деформация, равная 0,0001 диаметра тела качения в центре наиболее тяжело нагруженной зоны контакта тела качения и дорожки качения, допускается в большинстве случаев применения подшипников без последующего ухудшения их работы. Поэтому в качестве статической грузоподъемности принимают значение эквивалентной нагрузки, вызывающей примерно такую деформацию.

Испытания, проведенные в разных странах, показывают, что нагрузке, равной статической грузоподъемности, соответствуют расчетные значения контактных напряжений в центре наиболее тяжело нагруженной зоны контакта тела качения и дорожки качения подшипника равные:

- 4600 МПа для самоустанавливающихся шариковых подшипников,
- 4200 МПа для всех других типов шариковых подшипников, и
- 4000 МПа для всех роликовых подшипников.

Формулы и коэффициенты для расчета статической грузоподъемности основаны на значениях контактных напряжений.

Допустимая эквивалентная статическая нагрузка может быть меньше, равна или больше статической грузоподъемности, в зависимости от требований к плавности хода и к моменту трения, а также от действительной геометрии поверхности контакта.

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ
Статическая грузоподъемность

Rolling bearings. Static load rating

Дата введения – 2015–01–01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает методы расчета статической грузоподъемности и статической эквивалентной нагрузки подшипников качения, которые изготовлены из широко 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, потребитель должен обращаться к изготовителю подшипника за рекомендациями по определению эквивалентной статической 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 ссылки на следующие нормативные документы:
ГОСТ 24955–81 Подшипники качения. Термины и определения
ISO 15241 Подшипники качения. Обозначение величин*
ISO/TR 10657:1991 Пояснительная записка к ISO 76**

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 ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. 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.

* Действует до введения ГОСТ, разработанного на основе ISO 15241. Перевод стандарта имеется в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ».

** Перевод документа имеется в ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ».

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 **статическая радиальная грузоподъемность** (basic static radial load rating): Статическая радиальная нагрузка, которая соответствует расчетным контактным напряжениям в центре наиболее тяжело нагруженной зоны 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.

Примечания

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

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 **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 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.

Примечания

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

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

3.8 **эффективная 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 воображаемыми кромками ролика, за вычетом номинальных 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 результирующей силы тех сил, которые кольцо подшипника передает на тело качения.

Примечание – Для подшипников с асимметричными роликами номинальный угол контакта определяет контакт 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 проходит через середины роликов одного ряда подшипника.

Примечание – Серединой ролика является проекция середины образующей поверхности ролика на ось 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 комплектного подшипника к неопорному торцу наружного (свободного) кольца соседнего комплектного 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 комплектных подшипников друг к другу.

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

Примечание – Термины 3.12 – 3.18, приведенные в ИСО 5593, используются в настоящем стандарте.

4 Обозначения

В настоящем стандарте применены обозначения по ISO 15241, а также следующие обозначения:

C_{0a} – статическая осевая грузоподъемность в ньютонах;

C_{0r} – 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 статической грузоподъемности;

i – число рядов тел качения;

L_{we} – эффективная 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.

5 Радиальные и радиально-упорные шариковые подшипники

5.1 Статическая радиальная грузоподъемность

5.1.1 Статическая радиальная грузоподъемность отдельного подшипника

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 0,52 D_w у внутренних колец радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников и 0,53 D_w – у наружных колец радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников и внутренних колец радиальных шариковых сферических 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. Вычислить это уменьшенное значение f_0 можно по ISO/TR 10657 [формула (3-18)].

Таблица 1 – Значения коэффициента f_0 для шариковых подшипников

$\frac{D_w \cos\alpha}{D_{pw}}$	Коэффициент f_0 для		
	радиального шарикового и радиально-упорного шарикового подшипников	радиального шарикового сферического подшипника	упорного шарикового и упорно-радиального шарикового 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

Окончание таблицы 1

$\frac{D_w \cos\alpha}{D_{pw}}$	Коэффициент f_0 для		
	радиального шарикового и радиально-упорного шарикового подшипников	радиального шарикового сферического подшипника	упорного шарикового и упорно-радиального шарикового подшипников
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	—
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 $2{,}07\times10^5$ МПа и коэффициентом Пуассона 0,3. Предполагается, что распределение нагрузки приводит к максимальной нагрузке на шарик, равной $5\,F_r/(Z\cos\alpha)$, 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 Статическая радиальная грузоподъемность комбинаций подшипников

5.1.2.1 Два радиальных шариковых однорядных подшипника, работающих как единый узел

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

5.1.2.2 Компоновка по схеме О или Х радиально-упорных шариковых подшипников

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

5.1.2.3 Компоновка по схеме тандем

Статическая радиальная грузоподъемность не менее чем двух одинаковых радиальных шариковых однорядных подшипников или не менее чем двух одинаковых радиально-упорных шариковых однорядных подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению 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.

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, которые используются в формуле (2), 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		X_0	Y_0	X_0	Y_0
		для однорядного подшипника		для двухрядного подшипника	
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	0,50	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
Шариковый сферический 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).

* Выделенные полужирным шрифтом строки таблицы введены в связи с тем, что в странах СНГ радиально-упорные шариковые подшипники изготавливают в основном с углами контакта 12°, 26° и 36°.

5.2.2 Статическая эквивалентная радиальная нагрузка комбинации подшипников

5.2.2.1 Два радиальных шариковых однорядных подшипника, работающих как единый узел

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки двух одинаковых радиальных шариковых однорядных подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник), 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.

Примечание – Настоящий стандарт дополнен этим требованием, поскольку он распространяется на данную комбинацию подшипников (см. 5.1.2.1), но в примененном стандарте ISO 76 данное требование отсутствует.

5.2.2.2 Компоновка по схеме О или Х радиально-упорных шариковых подшипников

При расчете статической эквивалентной радиальной нагрузки двух одинаковых радиально-упорных шариковых однорядных 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.

5.2.2.3 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.

6 Упорные и упорно-радиальные шариковые подшипники

6.1 Статическая осевая грузоподъемность

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

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

где значения f_0 соответствуют, приведенным в таблице 1;

Z – число шариков, воспринимающих нагрузку в одном направлении.

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

Грузоподъемность подшипника не всегда увеличивается при применении меньшего радиуса желоба, но она уменьшается при применении большего радиуса желоба. В последнем случае следует применять уменьшенное значение f_0. Вычислить это уменьшенное значение f_0 можно по ISO/TR 10657 [формула (3-30)].

6.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка

Статическую эквивалентную осевую нагрузку упорно-радиальных шариковых 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 Статическая радиальная грузоподъемность

7.1.1 Статическая радиальная грузоподъемность отдельных подшипников

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

$$C_{0r} = 44\left(1 - \frac{D_{we}\cos\alpha}{D_{pw}}\right) i Z L_{we} D_{we}\cos\alpha\,. \qquad (7)$$

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

7.1.2 Статическая радиальная грузоподъемность комбинаций подшипников

7.1.2.1 Компоновка по схеме О или Х

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

7.1.2.2 Компоновка по схеме тандем

Статическая радиальная грузоподъемность не менее чем двух одинаковых радиальных роликовых однорядных подшипников или не менее чем двух одинаковых радиально-упорных роликовых однорядных подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению 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 большему из двух значений, вычисленных по формулам

$$P_{0r} = X_0 F_r + Y_0 F_a\,, \qquad (8)$$

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

Значения коэффициентов X_0 и Y_0, которые используются в формуле (8), 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	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

$$P_{0r} = F_r\,. \qquad (10)$$

Способность радиальных роликовых подшипников с углом контакта α, равным 0°,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 радиально-упорных роликовых однорядных 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 радиально-упорных роликовых однорядных 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 Статическая осевая грузоподъемность

8.1.1 Статическая осевая грузоподъемность одинарных и двойных подшипников

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

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

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

В тех случаях, когда ролики имеют различную длину, в качестве $Z L_{we}$ принимают сумму длин всех роликов, воспринимающих нагрузку в одном направлении, где длина каждого ролика определена по 3.8.

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

8.1.2 Статическая осевая грузоподъемность подшипников, скомпонованных по схеме тандем

Статическая осевая грузоподъемность не менее чем двух одинаковых упорных и упорно-радиальных роликовых одинарных подшипников, установленных рядом на одном валу так, что они работают как единый узел (сдвоенный подшипник или комплект подшипников), скомпонованный по схеме тандем, равна произведению 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

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

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

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

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

8.2.2 Статическая эквивалентная осевая нагрузка подшипников, смонтированных по схеме тандем

При расчете статической эквивалентной осевой нагрузки не менее чем двух одинаковых 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 статическая грузоподъемность является достаточной. Это можно определить с помощью статического коэффициента безопасности S_0, вычисляемого по формулам

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

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

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 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	2,0
Обычный режим работы: плавный ход, отсутствие вибрации, нормальная точность вращения	1,0
Применения при воздействии ударных нагрузок: четко выраженные ударные нагрузки [a]	1,5
[a] Если амплитуда нагрузки неизвестна, для S_0 следует использовать значение, по меньшей мере равное 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	3,0
Обычный режим работы: плавный ход, отсутствие вибрации, нормальная точность вращения	1,5

Окончание таблицы 5

Режим работы	S_0, не менее
Применения при воздействии ударных нагрузок: четко выраженные ударные нагрузки [a]	3,0
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 значение, по меньшей мере равное 3. Точное знание амплитуды ударных нагрузок может позволить использовать меньшие значения S_0.	

Приложение А
(справочное)
Резкое изменение при расчете статической грузоподъемности

А.1 Общие положения

Параметры, которые согласно настоящему стандарту используют при расчете статических грузоподъемностей C_{0r} для радиально-упорных и C_{0a} – 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 статическая осевая грузоподъемность упорно-радиального подшипника с углом контакта α более 45° в ньютонах;

C_{0ar} – скорректированная 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 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 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.

Статические грузоподъемности C_{0r} и C_{0a} можно рассчитать, используя настоящий 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 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 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 статическую осевую грузоподъемность вычисляют по формулам

$$C_{0ar} = \frac{C_{0r}}{Y_0}, \quad \text{A.1)}$$

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

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 $r_o/D_w \le 0{,}54$) скорректированную статическую осевую грузоподъемность вычисляют по формулам

$$C_{0ar} = \frac{0{,}7 C_{0r}}{Y_0}, \quad \text{A.3)}$$

$$C_{0aa} = C_{0a}. \quad \text{A.4)}$$

А.5 Примеры

А.5.1 Шариковые подшипники с углом контакта 45°

Сравним скорректированные 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 $Y_0 = 0{,}22$.

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

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

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

Расчет, когда подшипник рассматривают как упорно-радиальный.

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

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

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

А.5.2 Шариковые подшипники с углом контакта 40°

Рассчитаем скорректированную статическую грузоподъемность C_{0ar} шарикового однорядного 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):

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

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 60°

Рассчитаем скорректированную статическую грузоподъемность C_{0aa} шарикового однорядного 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 Б
(справочное)
Замена ссылок на международные стандарты

Б.1 Международный стандарт, ссылки на который заменены ссылками на межгосударственный стандарт, и соответствующий межгосударственный стандарт приведен в таблице Б.1.

Таблица Б.1

Структурный элемент	Модификация
Раздел 2 Нормативные ссылки	Ссылка на ISO 5593 «Подшипники качения. Словарь» заменена ссылкой на ГОСТ 24955–81[1)] «Подшипники качения. Термины и определения»
Раздел 3 Термины и определения	Ссылка на ISO 5593 «Подшипники качения. Словарь» заменена ссылкой на ГОСТ 24955–81[1)] «Подшипники качения. Термины и определения»
[1)] Степень соответствия – NEQ.	

Приложение В
(справочное)
Сравнение структуры международного стандарта со структурой межгосударственного стандарта

В.1 Сравнение структуры международного стандарта со структурой межгосударственного стандарта дано в таблице В.1.

Таблица В.1

Структура международного стандарта			Структура межгосударственного стандарта		
Раздел 5			Раздел 5		
Подраздел	Пункт	Подпункт	Подраздел	Пункт	Подпункт
5.2	5.2.2	—	5.2	5.2.2	5.2.2.1
5.2	5.2.2	5.2.2.1	5.2	5.2.2	5.2.2.2
5.2	5.2.2	5.2.2.2	5.2	5.2.2	5.2.2.3
Приложение		А	Приложение		А
		—			Б
		—			В

Примечания

1 Сравнение структур стандартов приведено только для пункта 5.2.2 и приложений, так как остальные разделы стандартов и их структурные элементы (за исключением предисловия) имеют идентичную структуру.

2 Изменение структуры пункта 5.2.2 связано с дополнением в начале данного пункта нового подпункта, содержащего дополнительные требования, и изменением нумерации последующих подпунктов.

3 Изменение порядка следования формул связано с требованиями

3 Изменение структуры приложений связано с требованиями к модифицированному стандарту обозначать приложения прописными буквами русского алфавита и дополнением двумя приложениями.

УДК 621.822:006.74 МКС 21.100.20 Г16 ОКП 46 000

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

Подписано в печать 01.04.2014. Формат 60x84 1/8.
Усл. печ. л 2,79. Тираж 31 экз. Зак. 1932.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»

123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru