
**Подшипники роликовые. Методы
расчета модифицированной базовой
номинальной долговечности для
универсально нагруженных
подшипников**

*Rolling bearings. Methods for calculating the modified reference rating
life for universally loaded bearings*
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 16281:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a689b78f-a191-4138-92f4-69c37e41986d/iso-ts-16281-2008>

Ответственность за подготовку русской версии несёт GOST R
(Российская Федерация) в соответствии со статьёй 18.1 Устава



Ссылочный номер
ISO/TS 16281:2008(R)

Отказ от ответственности при работе в PDF

Настоящий файл PDF может содержать интегрированные шрифты. В соответствии с условиями лицензирования, принятыми фирмой Adobe, этот файл можно распечатать или смотреть на экране, но его нельзя изменить, пока не будет получена лицензия на установку интегрированных шрифтов в компьютере, на котором ведется редактирование. В случае загрузки настоящего файла заинтересованные стороны принимают на себя ответственность за соблюдение лицензионных условий фирмы Adobe. Центральный секретариат ISO не несет никакой ответственности в этом отношении.

Adobe - торговый знак фирмы Adobe Systems Incorporated.

Подробности, относящиеся к программным продуктам, использованным для создания настоящего файла PDF, можно найти в рубрике General Info файла; параметры создания PDF были оптимизированы для печати. Были приняты во внимание все меры предосторожности с тем, чтобы обеспечить пригодность настоящего файла для использования комитетами-членами ISO. В редких случаях возникновения проблемы, связанной со сказанным выше, просьба проинформировать Центральный секретариат по адресу, приведенному ниже..

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO/TS 16281:2008

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a689b78f-a191-4138-92f4-69c37e41986d/iso-ts-16281-2008>



ДОКУМЕНТ ЗАЩИЩЕН АВТОРСКИМ ПРАВОМ

© ISO 2008

Все права сохраняются. Если не указано иное, никакую часть настоящей публикации нельзя копировать или использовать в какой-либо форме или каким-либо электронным или механическим способом, включая фотокопии и микрофильмы, без предварительного письменного согласия ISO, которое должно быть получено после запроса о разрешении, направленного по адресу, приведенному ниже, или в комитет-член ISO в стране запрашивающей стороны.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Опубликовано в Швейцарии

Содержание

Страница

Предисловие	iv
Введение	v
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Символы	2
4 Шарикоподшипники	4
4.1 Общее положение	4
4.2 Распределение внутренней нагрузки подшипника	4
4.3 Номинальная долговечность	7
5 Роликоподшипники	10
5.1 Общее положение	10
5.2 Распределение внутренней нагрузки подшипника	10
5.3 Номинальная долговечность	13
6 Базовая геометрия	17
6.1 Общее положение	17
6.2 Цилиндрические роликоподшипники и игольчатые роликоподшипники	17
6.3 Шарикоподшипники с глубокой канавкой, радиально-упорные шарикоподшипники и разъемные шарикоподшипники	18
6.4 Сферические роликоподшипники	18
6.5 Конические роликоподшипники	18
6.6 Самоустанавливающиеся шарикоподшипники	18
6.7 Упорные цилиндрические роликоподшипники и упорные игольчатые роликоподшипники	18
6.8 Упорные шарикоподшипники и радиально-упорные шарикоподшипники	18
6.9 Упорные сферические роликоподшипники	18
6.10 Упорные конические роликоподшипники	19
7 Коэффициент модификации долговечности, a_{ISO} , и коэффициент загрязнения, e_c	19
7.1 Общие положения	19
7.2 Коэффициент модификации долговечности	19
7.3 Коэффициент загрязнения	19
8 Предел усталостной нагрузки и основная динамическая номинальная нагрузка	19
Библиография	20

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ISO) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (комитетов-членов ISO). Разработка международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ISO. Каждый комитет-член, заинтересованный в деятельности, для которой был создан технический комитет, имеет право быть представленным в этом комитете. Международные правительственные и неправительственные организации, имеющие связи с ISO, также принимают участие в работах. ISO работает в тесном сотрудничестве с Международной электротехнической комиссией (IEC) по всем вопросам стандартизации в области электротехники.

Международные стандарты разрабатываются в соответствии с правилами, установленными в Директивах ISO/IEC, Часть 2.

Основная задача технических комитетов состоит в подготовке международных стандартов. Проекты международных стандартов, одобренные техническими комитетами, рассылаются комитетам-членам на голосование. Их опубликование в качестве международных стандартов требует одобрения, по меньшей мере, 75 % комитетов-членов, принимающих участие в голосовании.

При других обстоятельствах, особенно когда на такие документы имеется срочный рыночный спрос, технический комитет может принять решение о публикации других типов документа, таких как:

- общедоступная спецификация ISO (ISO/PAS), которая представляет соглашение между техническими экспертами в рабочей группе ISO и принимается к публикации, если одобрена более чем 50 % членами основного комитета, принимающими участие в голосовании;
- Технические условия ISO (ISO/TS), которые представляют соглашение между членами технического комитета и принимаются к публикации, если одобрены 2/3 членами комитета, принимающими участие в голосовании.

Через три года ISO/PAS или ISO/TS должна пересмотреть решение о продлении документа еще на три года, либо о переводе его в статус международного стандарта, либо об отмене. После подтверждения ISO/PAS или ISO/TS, документ снова пересматривается через следующие три года, в течение которого он должен быть преобразован в международный стандарт или отменен.

Следует иметь в виду, что некоторые элементы этого документа могут быть объектом патентных прав. Организация ISO не должна нести ответственность за идентификацию какого-либо одного или всех патентных прав.

ISO/TS 16281 подготовлен Техническим Комитетом ISO/TC 4, *Подшипники роликовые*, Подкомитетом SC 8, *Номинальные нагрузки и долговечность*.

Введение

Со времени публикации ISO 281 в 1990, собраны дополнительные сведения, касающиеся влияния на долговечность подшипника загрязнения, смазки, внутренних напряжений в результате монтажа, напряжений от упрочнения, предела усталостной нагрузки материала и т.п. Поэтому теперь можно рассмотреть факторы, влияющие на расчет срок службы подшипника более полно.

Стандарт ISO 281:2007 представляет метод для применения на практике этих новых сведений последовательным образом при расчете модифицированной номинальной долговечности. Однако метод расчета, приведенный в ISO 281:2007 не рассматривает влияния на долговечность наклонных или установленных с перекосом подшипников, а также влияния на долговечность подшипника зазора во время работы. В данных технических условиях описан передовой метод расчета, который позволяет рассмотреть эти влияния, и поэтому дополнительно обеспечивает самую точную поддержку для оценки влияния загрязнений и других факторов.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 16281:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a689b78f-a191-4138-92f4-69c37e41986d/iso-ts-16281-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a689b78f-a191-4138-92f4-69c37e41986d/iso-ts-16281-2008>

Подшипники роликовые. Методы расчета модифицированной базовой номинальной долговечности для универсально нагруженных подшипников

1 Область применения

Данные технические условия содержат рекомендации для расчета модифицированной базовой номинальной долговечности с учетом смазки, загрязнения и предела усталостной нагрузки материала подшипника, а также наклона или перекоса при установке, рабочего зазора подшипника и распределения внутренней нагрузки на тела качения. Метод расчета, приведенный в данных технических условиях, распространяется на влияющие параметры дополнительно к тем, которые описаны в ISO 281.

Указания и ограничения, приведенные в ISO 281, применяются к данным техническим условиям. Методы расчета имеют отношение к усталостной долговечности подшипников. Прочие механизмы разрушения, такие как износ, микро растрескивание (коррозия серыми пятнами) находятся за пределами области применения данных технических условий.

Настоящие технические условия применяются к наклонным однорядным радиальным шарикоподшипникам, подвергаемым радиальной и осевой нагрузке с учетом радиального зазора и наклона. Они также применяются к наклонным однорядным роликоподшипникам, подвергаемым только радиальной нагрузке с учетом радиального зазора, краевого напряжения и наклона. В стандарте приведены ссылки на методы анализа распределения внутренней нагрузки при общей нагрузке.

Анализ распределения внутренней нагрузки и модифицированной базовой номинальной долговечности для многорядных подшипников или подшипников более сложной геометрии может быть получен из уравнений, приведенных в данных технических условиях. Для таких подшипников необходимо рассматривать распределение нагрузки для каждого отдельного ряда.

Данные технические условия в первую очередь предназначены для использования в компьютерных программах и вместе с ISO 281 содержат информацию необходимую для расчетов долговечности. Для точных расчетов долговечности при рабочих условиях, установленных выше, рекомендуется использовать либо данные технические условия, либо усовершенствованные компьютерные расчеты, представляемые изготовителями подшипников, для определения динамической эквивалентной базовой нагрузки при разных условиях нагружения.

2 Нормативные ссылки

Следующие ссылочные нормативные документы являются обязательными для применения настоящего документа. Для жестких ссылок применяется только цитируемое издание документа. Для плавающих ссылок необходимо использовать самое последнее издание нормативного ссылочного документа (включая любые изменения).

ISO 281:2007, *Подшипники роликовые. Динамические номинальные нагрузки и номинальная долговечность*

ISO 15241, *Подшипники роликовые. Обозначения для величин*

3 Символы

Для данного документа применяются символы, приведенные в ISO 15241, а также следующие ниже. Смотри также термины и определения в ISO 281:2007, Раздел 3 и другие определения в ISO 281.

A	расстояние, в миллиметрах, между центрами кривизны дорожки качения шарикоподшипника, без зазора и с начальным углом контакта
a_{ISO}	коэффициент модификации долговечности при системном подходе расчета долговечности
a_1	коэффициент модификации долговечности для надежности
C_a	базовая динамическая осевая номинальная нагрузка, в ньютонах
C_r	базовая динамическая радиальная номинальная нагрузка, в ньютонах
C_u	предел усталостной нагрузки, в ньютонах
c_L	постоянная упругости, в ньютонах на миллиметр к $10/9$ мощности, тела качения с линейным контактом
c_P	постоянная упругости, в ньютонах на миллиметр к $3/2$ мощности, тела качения с точечным контактом
c_s	постоянная упругости, в ньютонах на миллиметр к $8/9$ мощности, слоя качения
D_{pw}	диаметр делительной окружности, в миллиметрах, комплекта шариков или роликов
D_w	номинальный диаметр шарика, в миллиметрах
D_{we}	диаметр ролика, в миллиметрах, применяемый в расчетах номинальных нагрузок
E	модуль упругости, в мегапаскалях ¹⁾
$E(\chi)$	полный эллиптический интеграл второго рода
e	подстрочный индекс для наружного кольца или кольца корпуса
e_C	коэффициент загрязнения
$F(\rho)$	относительная разность кривизны
F_a	осевая нагрузка подшипника (осевая компонента реальной нагрузки подшипника), в ньютонах
F_r	радиальная нагрузка подшипника (радиальная компонента реальной нагрузки подшипника), в ньютонах
$f[j,k]$	функция коррекции напряжения для рассмотрения краевой нагрузки
i	подстрочный индекс для внутреннего кольца или кольца вала
i	число рядов роликов
$K(\chi)$	полный эллиптический интеграл первого рода
L_{nmg}	модифицированная базовая номинальная долговечность, в миллионах оборотов
L_{we}	эффективная длина ролика, в миллиметрах, применяемая в расчетах номинальных нагрузок
L_{10r}	основная базовая номинальная долговечность, в миллионах оборотов

1) 1 МПа = 1 Н/мм²

M_z	момент, в ньютон миллиметрах, действующий на наклонный подшипник
n_s	число слоев
$P_{ref,a}$	динамически эквивалентная базовая осевая нагрузка, в ньютонах
$P_{ref,r}$	динамически эквивалентная базовая радиальная нагрузка, в ньютонах
$P(x)$	профильная зависимость, в миллиметрах
p_{He}	контактное напряжение, в мегапаскалях, в месте контакта наружного кольца и тела качения
p_{Hi}	контактное напряжение, в мегапаскалях, в месте контакта внутреннего кольца и тела качения
P_{ks}	динамически эквивалентная нагрузка, в ньютонах, подшипникового слоя k
Q	нагрузка тела качения, в ньютонах
Q_{ce}	нагрузка тела качения, в ньютонах, при основной динамической номинальной нагрузке наружного кольца или кольца корпуса
Q_{ci}	нагрузка тела качения, в ньютонах, при основной динамической номинальной нагрузке внутреннего кольца или кольца вала
Q_{ee}	динамически эквивалентная нагрузка тела качения, в ньютонах, на наружное кольцо или кольцо корпуса
Q_{ei}	динамически эквивалентная нагрузка тела качения, в ньютонах, на внутреннее кольцо или кольцо вала
Q_j	нагрузка тела качения, в ньютонах, для тела качения j
q_{ce}	основная динамическая номинальная нагрузка, в ньютонах, подшипникового слоя на наружном кольце или в месте контакта с кольцом корпуса
q_{ci}	основная динамическая номинальная нагрузка, в ньютонах, подшипникового слоя на внутреннем кольце или в месте контакта с кольцом корпуса
q_{ee}	динамически эквивалентная нагрузка, в ньютонах, подшипникового слоя на наружном кольце или в месте контакта с кольцом корпуса
q_{ei}	динамически эквивалентная нагрузка, в ньютонах, подшипникового слоя на внутреннем кольце или в месте контакта с кольцом вала
$q_{j,k}$	нагрузка, в ньютонах, на слой k тела качения j
R_i	расстояние, в миллиметрах, между центром кривизны внутренней дорожки качения и осью вращения
R_p	радиус выпуклости, в миллиметрах, сферических роликов
r_e	радиус поперечного сечения дорожки качения, в миллиметрах, наружного кольца или кольца корпуса
r_i	радиус поперечного сечения дорожки качения, в миллиметрах, внутреннего кольца или кольца вала
s	радиальный рабочий зазор, в миллиметрах, подшипника
x_k	расстояние, в миллиметрах, между центром слоя k и центром тела качения
Z	число тел качения

α	номинальный угол контакта, в градусах, подшипника
α_j	рабочий угол контакта, в градусах, тела качения j
α_0	начальный угол контакта, в градусах
γ	вспомогательный параметр, $\gamma = D_w \cos \alpha / D_{pw}$
δ	общее упругое отклонение, в миллиметрах, обоих контактов тела качения
δ_j	упругое отклонение, в миллиметрах, тела качения j
$\delta_{j,k}$	упругое отклонение, в миллиметрах, слоя k тела качения j
δ_a	относительное осевое смещение, в миллиметрах, обоих колец подшипника
δ_r	относительное радиальное смещение, в миллиметрах, обоих колец подшипника
λ	коэффициент преобразования для рассмотрения концентраций напряжения
ν	коэффициент коррекции для вариации экспоненты
ν_E	коэффициент Пуассона
ρ	кривизна, в обратных миллиметрах, поверхности контакта
$\Sigma\rho$	суммарная кривизна, в обратных миллиметрах
φ_j	угловое положение, в градусах, тела качения j
χ	отношение большой полуоси к малой полуоси эллипса контакта
ψ	общая несоосность, в градусах, между внутренней и наружной дорожкой качения
ψ_j	общая несоосность, в градусах, между внутренней и наружной дорожкой качения в плоскости тела качения j

4 Шарикоподшипники

4.1 Общие положения

В данном разделе описан анализ распределения внутренней нагрузки для радиальных шарикоподшипников и упорных шарикоподшипников при радиальной и осевой нагрузке с учетом радиального зазора и наклона. Методы расчета, касающиеся анализа подшипников другой геометрии или случаев более сложной нагрузки, могут быть выведены из уравнений, приведенных в данных технических условиях.

Распределение внутренней нагрузки подшипника рассчитывается для статического равновесия; динамические воздействия типа центробежных и гироскопических сил считаются незначительными. Такое допущение обычно действительно для низких и средних скоростей. При высоких скоростях центробежные и гироскопические силы могут стать доминирующими и значительно изменить распределение внутренней нагрузки подшипника.

4.2 Распределение внутренней нагрузки подшипника

4.2.1 Упругое отклонение точечного контакта

Упругое отклонение точечного контакта может рассчитываться по теории Герца. Упругое отклонение единичного точечного контакта, δ_j , определяется как

$$\delta = \sqrt[3]{4,5 \left(\frac{1 - \nu_E^2}{\pi E} \right)^2} K(\chi) \sqrt[3]{\frac{\sum \rho}{\chi^2 E(\chi)}} Q^{2/3} \quad (1)$$

Отношение, χ , большой полуоси эллипсов к их малой полуоси является корнем уравнения (2)

$$1 - \frac{2}{\chi^2 - 1} \left[\frac{K(\chi)}{E(\chi)} - 1 \right] - F(\rho) = 0 \quad (2)$$

с полным эллиптическим интегралом первого рода, $K(\chi)$

$$K(\chi) = \int_0^{\pi/2} \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\chi^2} \right) (\sin \varphi)^2 \right]^{-1/2} d\varphi \quad (3)$$

и с полным эллиптическим интегралом второго рода, $E(\chi)$

$$E(\chi) = \int_0^{\pi/2} \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\chi^2} \right) (\sin \varphi)^2 \right]^{1/2} d\varphi \quad (4)$$

и суммой кривизны в контакте внутреннего кольца, $\sum \rho_i$

$$\sum \rho_i = \frac{2}{D_w} \left(2 + \frac{\gamma}{1 - \gamma} - \frac{D_w}{2r_i} \right) \quad (5)$$

и суммой кривизны в контакте внешнего кольца, $\sum \rho_e$

$$\sum \rho_e = \frac{2}{D_w} \left(2 - \frac{\gamma}{1 + \gamma} - \frac{D_w}{2r_e} \right) \quad (6)$$

и относительной разностью кривизны в контакте внутреннего кольца, $F_i(\rho)$

$$F_i(\rho) = \left(\frac{\gamma}{1 - \gamma} + \frac{D_w}{2r_i} \right) / \left(2 + \frac{\gamma}{1 - \gamma} - \frac{D_w}{2r_i} \right) \quad (7)$$

и относительной разностью кривизны в контакте внешнего кольца, $F_e(\rho)$

$$F_e(\rho) = \left(\frac{-\gamma}{1 + \gamma} + \frac{D_w}{2r_e} \right) / \left(2 - \frac{\gamma}{1 + \gamma} - \frac{D_w}{2r_e} \right) \quad (8)$$

Общее упругое отклонение обоих контактов на внутреннем и наружном кольце, δ , определяется как

$$\delta = \sqrt[3]{4,5 \left(\frac{1 - \nu_E^2}{\pi E} \right)^2} \left[K(\chi_i) \sqrt[3]{\frac{\sum \rho_i}{\chi_i^2 E(\chi_i)}} + K(\chi_e) \sqrt[3]{\frac{\sum \rho_e}{\chi_e^2 E(\chi_e)}} \right] Q^{2/3} \quad (9)$$

Это ведет к уравнению (10) для отклонения под нагрузкой

$$Q = c_P \delta^{3/2} \quad (10)$$

где постоянная упругости, c_P