Преподаватель: Пыльченкова Елена Ивановна

Эл.почта elenaokzt@yandex.ru

**Название файла:** 14.12.20 г. Опоры, конструкции, область применения, достоинства и недостатки

**Задание должно быть выполнено до 17.12.20 г.**

Задание выполнять исключительно в виде фотографий заданий, сделанных от руки

Письменно в тетради/конспекте ответить на следующие вопросы

**Контрольные вопросы**

1. Для чего предназначены подшипники качения?
2. Конструкция подшипника качения.
3. Классификация подшипников качения.
4. Достоинства и недостатки подшипников качения.

**Литература:** Электронная библиотека «Юрайт»

1. Техническая механика: учеб. пособие для СПО/ В.М. Зиомковский,  
И.В. Троицкий; под науч. ред. В.И. Вешкурцева. – М.: Издательство Юрайт,

2019. – 288 с – (серия: профессиональное образование).  
Режим доступа.  
[https://biblio-online.ru/viewer/tehnicheskaya-mehanika-442528#page](https://biblio-online.ru/viewer/tehnicheskaya-mehanika-442528#page/15)

**Краткие теоретические сведения**

## Подшипники качения

Подшипники качения, как и подшипники скольжения, предназначены для поддержания вращающихся осей и валов.

Подшипники качения – это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения.

Электродвигатели, подъемно-транспортные и сельскохозяйственные машины, летательные аппараты, локомотивы, вагоны, металлорежущие станки, зубчатые редукторы и многие другие механизмы, и машины в на­стоящее время немыслимы без подшипников качения. В настоящее время подшипники качения являются основным видом опор в машиностроении. Это самые массовые стандартизованные изделия в мире. Их изготовляют на специализированных подшипниковых заводах с наружным диаметром 1,0... 2600 мм и массой 0,5 г… 3500 кг. Самый большой подшипник качения имеет наружный диаметр – 14 м, внутренний – 12 м и массу – 130 тонн. Отечественная промышленность производит свыше 15 тыс. типоразмеров подшипников с внутренними посадочными диаметрами от 0,5 мм до 2 м и более общим количеством до миллиарда штук ежегодно.

Подшипник качения имеет, как правило, более сложную конструкцию в сравнении с подшипником скольжения и, в подавляющем большинстве случаев, является готовым (то есть изготовленным на специализированном предприятии) изделием, устанавливаемым в механизм или машину без какой-либо дополнительной доработки.

Подшипники качения состоят из двух колец — внутреннего *1* и наруж­ного *3,*имеющих дорожки качения, тел качения *2*(шариков, роликов или иголок) и сепаратора *4,*разделяющего тела качения(рис. 16, *а).*Однако при необходимости снижения радиальных габаритов подшипниковых узлов одно или оба кольца подшипников, а также сепаратор могут отсутствовать. В этом случае тела качения катятся непосредственно по канавкам (дорожкам качения) вала или корпуса. В зависимости от: формы тел качения различают подшипники шариковые (рис. 16, *д, б, ж,*и) и роликовые (рис. 16, *в, г, е, з, к).*Разновидностью роликовых подшипников являются игольчатые подшипники (рис. 16, *д).*

Основными элементами подшипников качения являются тела каче­ния — шарики или ролики, установленные между кольцами и удерживае­мые сепаратором на определенном расстоянии друг от друга.

Роликовые тела качения бывают короткие *l/d*= 1…1,25, длинные *l/d*= 2…2,5, игольчатые *l/d*= 10…20.

Внутреннее кольцо устанавливают на валу (оси), а наружное - в корпусе. Таким образом, цапфа вала и корпус разделяются телами качения. Это позволяет заменить трение скольжения трением качения и существенно снизить коэффициент трения. Основные стандартные размеры подшипника: *d*и*D* - *внутренний* и наружный диаметры; *В* - ширина колец.

Размеры подшипника - внутренний *d* и наружный *D* диаметры, ширина *B* (высота *H*) и радиусы *r* фасок колец - установлены ГОСТ 3478-79. Подшипники качения в диапазоне внутренних диаметров 3…10 мм стандартизованы через 1 мм, до 20 мм – через 2…3 мм, до 110 мм – через 5 мм.

Подшипниковые узлы, кроме подшипников качения, имеют корпус с крышками, устройства для крепления колец, защитные и смазочные устройства.

**Классификация подшипников качения**

Подшипники качения классифицируют по направлению воспринимаемой нагрузки, в соответствии с ГОСТ 3395-75 — радиальные, радиально-упорные, упор­но-радиальные и упорные.

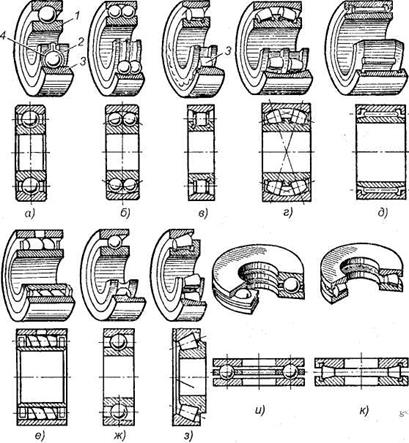


Рис. 16. Подшипники качения: *а, б, в, г, д, е*— радиальные подшипники; *ж, з*— радиально-упорные подшипники;

*и, к —*упорные подшипники; *1* — внутреннее кольцо; *2 —*тело ка­чения; *3 —*наружное кольцо; *4—*сепаратор.

Радиальные подшипники (см. рис. 16, *а-е)*воспринимают (в основ­ном) радиальную нагрузку, т. е. нагрузку, направленную перпендикулярно к геометрической оси вала.

Упорные подшипники (см. рис. 16, и, *к)*воспринимают только осе­вую нагрузку.

Радиально-упорные (см. рис. 16, *ж, з)*и упорно-радиальные подшип­ники могут одновременно воспринимать как радиальную, так и осевую на­грузку. При этом упорно-радиальные подшипники предназначены для пре­обладающей осевой нагрузки.

*В зависимости от соотношения радиальных габаритных размеров*(рис.16.1) наружного и внутреннего диа­метров *подшипники делят на серии (7 серий,*при d – const, D – var*):*сверхлегкую, особо легкую, легкую, среднюю, тяжелую, легкую широкую, среднюю широкую. Основное распространение имеют легкие и средние узкие серии.

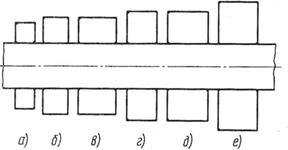


Рис. 16.1. Размерные серии подшипников качения: а- особо легкая; б –легкая;

в – легкая широкая; г- средняя; д – средняя широкая; е -тяжелая

*по ширине (5 серии,*при d и D – const, B(T) – var*):* особоузкие, узкие, нормальные, широкие и особо широкие.

В зависимости от серии при одном и том же внутреннем диаметре кольца подшипника наружный диаметр кольца и его ширина изменяются.

Точность подшипников качения определяется:

а) точностью основных размеров;

б) точность вращения.

Точность основных размеров определяется отклонениями размеров внутреннего и наружного диаметров и ширины кольца. Отклонения размеров диаметров определяет характер посадки.

Точность вращения характеризуется радиальным и боковым биением дорожки качения. В РФ подшипники качения выпускаются следующих классов в порядке возрастания точности:

По классам точности подшипники различают следующим образом (по ГОСТ 520-89):

"0" – нормального класса (радиальное биение внутреннего кольца 20 мкм);

"6" – повышенной точности (радиальное биение внутреннего кольца 10 мкм);

"5" – высокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 5 мкм);

"4" – особовысокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 3 мкм);

"2" – сверхвысокой точности (радиальное биение внутреннего кольца 2,5 мкм);

8 и 7 – грубые ниже 0;

6Х – только *для роликовых конических*подшипников.

При выборе класса точности подшипника необходимо помнить о том, что "чем точнее, тем дороже". Для иллюстрации соотношения точности подшипников разных классов и их стоимости ниже приведены максимальные величины радиальных биений внутренних колец подшипников с посадочными диаметрами 50…80 мм и относительная стоимость подшипников.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Класс точности | 0 | 6 | 5 | 4 | 2 |
| Биение, мкм | 20 | 10 | 5 | 4 | 2,5 |
| Относительная стоимость | 1 | 1,3 | 2 | 4 | 10 |

В связи с тем, что при повышении точности изготовления подшипников резко возрастает их стоимость, для большинства редукторов общего назначения применяют подшипники 0 класса точности.

Подшипники более высоких классов точности назначают для валов, требующих особой точности вращения (шпинделей металлорежущих станков, валов и осей приборов и т.п.), или при наличии жестких требований к уровню их шума.

*По   форме  тел   качения   подшипники   делят   на   шариковые*(см. рис. 16, *а, б, ж, и), с цилиндрическими роликами*(см. рис. 16, *в), с кониче­скими роликами*(см. рис. 16, з, *к), игольчатые*(см. рис. 16, *д), с витыми роликами*(см. рис. 16, *е), с бочкообразными роликами*(сферическими) (см. рис.  16, *г).*Тела качения игольчатых подшипников тонкие ролики — иглы диаметром 1,6—5 мм. Длина игл в 5—10 раз больше их диаметра. Се­параторы в игольчатых подшипниках отсутствуют.

*По числу рядов тел качения различают однорядные*(см. рис. 16, *а, в, д—к) (имеющие основное применение),* *двухрядные*(см. рис. 16, *б, г), четырехрядные, многорядные*подшипники качения.

По конструктивным и эксплуатационным признакам *подшипники делят на самоустанавливающиеся (тип  1000 – шариковые;  тип 3000 – роликовые)*(см. рис. 16, *б, г)*),  допускающие  перекос  валов  на опорах до 2-3°, и *несамоустанавливающиеся (все шарико- и роликоподшипники, кроме сферических) (см. рис. 16, а, в, д—к).*

По способу изготовления сепараторов различают подшипники со штампованными и литыми сепараторами.

По конструктивным особенностям (с контактным уплотнением, с защитной шайбой, с фланцем на наружном кольце и т.д.).

В зависимости от требований по уровню вибрации, шума и других дополнительных требований установлено **три категории** ПК: A (самая высокая), B и C. Также введены дополнительные ряды радиальных зазоров и ряды моментов трения.

### **Обозначение подшипников качения**

Под типом подшипника понимают его конструктивную разновидность, определяемую по признакам классификации.

*Каждый подшипник качения имеет условное клеймо, обозначающее тип, размер, класс точности, завод-изготовитель.*

На неразъемные подшипники клеймо наносят на одно из колец, на разборные — на оба кольца, например, на радиальный подшипник с ко­роткими цилиндрическими роликами (см. рис. 16, *в),*где наружное коль­цо без бортов и свободно снимается, а внутреннее кольцо с бортами со­ставляет комплект с сепаратором и роликами.

На один и тот же диаметр шейки вала предусматривается несколько серий подшипников, которые отличаются размерами колец и тел качения и соответственно величиной воспринимаемых нагрузок.

В пределах каждой серии подшипники равных типов взаимозаменяемы в мировом масштабе. В стандартах   указываются: номер подшипника, размеры, вес, предельное число оборотов, статическая нагрузка и коэффициент работоспособности.

Подшипники имеют *условные обозначения*, составленные из цифр и букв (ГОСТ 3189-89). Условные обозначения разделяют на *основное и дополнительное*.

*Основное условное обозначение* подшипника характеризует его размер внутреннего диаметра, серию, тип и конструктивные разновидности. Очерёдность знаков в основном обозначении - справа налево.

***Первая и вторая цифры***справа условно обозначают *его номинальный внутренний диаметр d*(диаметр вала). Для определения истинного размера *d*(в миллиметрах) необходимо указанные две цифры умножить на пять. Например, подшипник ...04 имеет внутренний диаметр 04∙5 = 20 мм. Это правило распространяется на подшипники с цифрами ...04 и выше, до ...99, т. е. для подшипников с внутренним посадочным диаметром 20≤d<500 мм. Подшипники с цифрами... 00 имеют *d-*10 мм; ...01 *d=*12 мм; ...02 *d=*15 мм; ...03 *d=*17 мм.

***Третья цифра****справа обозначает серию подшипника,*определяя его на­ружный диаметр *D*: сверхлегкая (цифры обозначения 8; 9), особолегкая (1; 7), легкая (2 или 5), средняя (3 или 6) и тяжелая (4), а по ширине *B* - особоузкая (8), узкая (0; 7), нормальная (1), широкая (2), особоширокая (3; 4; 5; 6). На практике наибольшее распространение имеют подшипники легкой и средней серий. На рис. 16.2 приведены сравнительные параметры подшипников некоторых типов и серий для номинального внутреннего диаметра *d* = 80 мм.

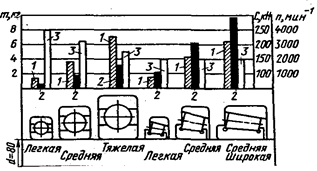


Рис.16.2. Сравнительные параметры подшипников различных типов и серий при внутреннем диаметре d=80 мм:

1–масса m; 2–динамическая грузоподъемность С*r*;3–предельная частота вращения  *n*

***Четвертая цифра****справа обозначает тип подшипника.*Если эта цифра 0, то это означает, что подшипник радиальный шариковый одно­рядный; шариковый однорядный (если левее 0 нет цифр, то 0 не указыва­ют); 0 – радиальный шариковый; 1 — радиальный шариковый двухрядный сферический; 2 — радиаль­ный с короткими цилиндрическими роликами; 3 — радиальный роликовый двухрядный сферический; 4 — игольчатый или роликовый с длинными ци­линдрическими роликами; 5 — радиальный с витыми роликами; 6 — радиально-упорный шариковый; 7 — роликовый конический (радиально-упорный); 8 — упорный шариковый; 9 — упорный роликовый.

Так, например, подшипник 7208 является роликовым коническим.

***Пятая и шестая цифры****справа характеризуют конструктивные особен­ности подшипника,*так называемое «исполнение» подшипника, не влияющие на основные характеристики (ГОСТ 3395-89) (неразборный, с защитной шайбой, с закрепительной втулкой, величину угла контакта α, наличие стопорной канавки на наружном кольце, наличие уплотнений с заложенной смазкой, наличие канавки на наружном кольце шарикоподшипника, предназначенной для стопорного пружинного кольца, на наличие встроенных уп­лотнений и т.п.).

Например:

50312 — радиальный однорядный шарикоподшипник средней серии со стопорной канавкой на наружном кольце;

150312 — тот же подшипник с защитной шайбой;

36312 — радиально-упорный шариковый однорядный подшипник сред­ней серии, неразборный.

60 205 – подшипник шариковый (0 – четвертая цифра) радиальный однорядный с одной защитной  шайбой (6) – пятая цифра. Внутренний диаметр *d* = 05×5 = 25 *мм*. Цифры 6, 5, 4, 2, которые ставятся перед обозначением через тире (5-60205) обозначающий класс точности. Нормальный класс точности обозначается цифрой «0», которая не указывается.

***Седьмая цифра****справа характеризует серию подшипника по ширине.*

ГОСТом установлены следующие классы точности подшипников каче­ния: 0 — нормальный класс (как правило, 0 в обозначении не указывают); 6 — повышенный; 5 — высокий, 4 — особо высокий, 2 — сверхвысокий. Цифру, обозначающую класс точности, ставят слева от условного обозна­чения подшипника и отделяют от него знаком тире; например, 206 означа­ет шариковый радиальный подшипник легкой серии с номинальным диа­метром 30 мм, класса точности 0.

Кроме цифр основного обозначения слева и справа от него могут ***дополнительные***буквенные или цифровые знаки, характеризующие специальные условия изготовления данного подшипника.

***Дополнительное условное*** обозначение проставляют слева и справа от основного условного обозначения. Так, класс точности маркируют цифрой слева через тире от основного обозначения. В порядке повышения точности классы точности обозначают: 0, 6, 5, 4, 2. Класс точности, обозначаемой цифрой 0 и соответствующей нормальной точности, не проставляют, так как это позволяет сократить обозначения для часто употребляемых подшипников. В общим машиностроение применяют подшипники классов 0  и 6. В изделиях высокой точности или работающей высокой частотой вращения (шпиндельные узлы скоростных станков, высокооборотный электродвигатели и др.) применяют подшипники класса 5 и 4. подшипники класса точности 2 используют в гироскопических приборах. Помимо приведенных выше имеются и дополнительные (более высокие и более низкие) классы точности.

Так, например, подшипник 7208 — класса точности 0.

Диаметральный зазор подшипника обозначают номером ряда и указывают перед классом точности подшипника.

Дополнительное обозначение справа от основного характеризует повышенную грузоподъёмность, изменения металла колец и сепаратора, температуру отпуска деталей, марку смазки в подшипниках закрытого типа и другие специальные технические требования (ГОСТ 590-89) и помещают (слитно с основной частью) буквенно-цифровую маркировку. Например, у подшипников закрытого типа, заполненных смазочным материалом, отличным от ЦИАТИМ-201, справа помещают следующее дополнительное обозначение: С2 – если применяется ЦИАТИМ-221; С5 – ЦИАТИМ 202; С17 – Литол-24.

Более подробно расшифровка символов маркировки подшипников приводится, например, в каталоге подшипников НИИАВТОПРОМа.

Пример обозначения: *3-5-180109-С17* – подшипник шариковый радиальный однорядный с *d* = 45 мм, где 09 - внутренний диаметр; 1 - серия диаметра *D*;  0 - тип подшипника; 18 - конструктивная разновидность; 3 - номер ряда диаметрального (радиального) зазора; 5 - класс точности; С17 - пластичный смазочный материал ЛИТОЛ-24.

В зависимости от наличия дополнительных требований к уровню вибраций, отклонениям формы и расположения поверхностей качения, моменту трения и др. установлены три категории подшипников: А — повышенные регламентированные нормы; В — регламентированные нормы; С — без дополнительных требований.

Возможные знаки справа от основного обозначения:

все или часть деталей из коррозионно-стойкой стали — Ю;

детали подшипников из теплостойких сталей — Р;

сепаратор из черных металлов — Г;

сепаратор из пластических материалов — Е;

специальные требования к подшипнику по шуму — Ш;

подшипник закрытого типа при заполнении сма­зочным материалом ЦИАТИМ-221 – С1.

температура отпуска колец – Т (при t=200°С); Т1 (при t=255°С) и т.д.

### *Характеристики подшипников качения*

Наибольшее распространение получили ***шариковые радиальные одноряд­ные подшипники***(см. рис. 16, *а). Шариковый однорядный радиальный* (тип 0000) является базовым для сравнения с ним других типов; это наиболее быстроходный и дешевый подшипник, но с меньшей грузоподъемностью. Эти подшипники допускают сравнительно большую угловую скорость, особенно с сепараторами из цветных металлов или из пластмасс, допускают небольшие перекосы вала (от 15' до 30') и могут воспринимать незначительные осевые нагрузки. Допустимая осевая нагрузка для радиальных несамоустанавливающихся подшипников не должна превы­шать 70% от неиспользованной радиальной грузоподъемности подшипника. По сравнению с под­шипниками других типов имеют минимальные потери на тре­ние; фиксируют положение вала относительно корпуса в двух осевых направлениях. Радиальные однорядные шарикоподшипники с двумя защит­ными шайбами заполняются на заводе-изготовителе пластичным смазочным материалом и в допол­нительном смазывании не нуждаются.

***Роликовые радиальные***подшипники с короткими роликами (см. рис. 16, *в)*(типы  2000,  32000, 52000 – без бортов на том или ином кольце) по сравнению с аналогичными по габаритным размерам шари­коподшипниками обладают увеличенной грузоподъемностью, хорошо вы­держивают ударные нагрузки. Однако они совершенно не воспринимают осевых нагрузок и не допускают перекоса вала (ролики начинают работать кромками, и подшипники быстро выходят из строя). Нагрузочная способность таких подшипников по сравнению с однорядными шариковыми больше примерно в 1,5 раза, а долговечность в 3,5 раза. Конструктивные разновидности этих подшипников зависят от наличия и расположения бортов на наружных и внутрен­них кольцах. Подшипники без бортов на наружном или внутрен­них кольцах дают возможность валу перемешаться относитель­но корпуса в осевом направлении (также подшипники широко используются как плавающие опоры).

***Роликовые радиальные подшипники с витыми роликами***(см. рис. 16, *е)*применяют при радиальных нагрузках ударного действия; удары смягчают­ся податливостью витых роликов. Эти подшипники менее требовательны к точности сборки и к защите от загрязнений, имеют незначительные ради­альные габаритные размеры.

***Игольчатые подшипники***(см. рис. 16, *д)* (тип 4000) отличаются малыми радиаль­ными габаритными размерами, находят применение в тихоходных (до 5 м/с) и тяжелонагруженных узлах, так как выдерживают большие ради­альные нагрузки. В настоящее время их широко используют для замены подшипников скольжения. Эти подшипники воспринимают только радиальные нагрузки и не допускают перекоса валов. Для максимального уменьшения размеров применяют подшипники в виде комплекта игл, не­посредственно опирающихся на вал, с одним наружным кольцом.

***Самоустанавливающиеся радиальные двухрядные сферические***шариковые (рис. 16, *б)*и роликовые (см. рис. 16, *г)*подшипники применяют в тех слу­чаях, когда перекос колец подшипников может составлять до 2—3°. Эти под­шипники допускают незначительную осевую нагрузку (порядка 20% от не­использованной радиальной) и осевую фиксацию вала. Подшипники имеют высокие эксплуатационные показатели, но они дороже, чем однорядные.

***Конические роликоподшипники***(см. рис. 16, *з)*находят примене­ние в узлах, где действуют одновременно радиальные и односторонние осевые нагрузки. Эти подшипники могут воспринимать также и ударные нагрузки. Радиальная грузоподъемность их в среднем почти в 2 раза выше, чем у радиальных однорядных шарикоподшипников. При чисто радиальной нагрузке в подшипнике возникает осевая состав­ляющая, которую компенсируют осевой нагрузкой противо­положного направления: поэтому для фиксации вала в обе стороны подшипники устанавливают попарно. Подшипники допускают регулирование осевой игры и радиального зазора; перекос вала относительно оси конуса недопустим. Их рекомендуется ус­танавливать при средних и низких угловых скоростях вала (до 15 м/с).

*Аналогичное использование имеют****радиально-упорные шарикоподшипники***(см. рис. 16, *ж),*применяемые при средних и высоких угловых скоростях. Радиальная грузоподъемность у этих подшипников на 30—40% больше, чем у радиальных однорядных. Их выполняют разъемными со съемным на­ружным кольцом и неразъемными.

***Шариковые и роликовые упорные подшипники***(см. рис. 16, *и. к)*предназначены для восприятия односторонних осевых нагрузок. Применя­ются при сравнительно невысоких угловых скоростях, главным образом на вертикальных валах. Упорные подшипники радиальную нагрузку не вос­принимают. При необходимости установки упорных подшипников в узлах, где действуют не только осевые, но и радиальные нагрузки, следует допол­нительно устанавливать радиальные подшипники. Подшипники очень чувствительны к несоосности и перекосам осей; их не следует устанавливать в опорах горизонтальных валов, имеющих высокие частоты вращения, так как под действием центробежных сил шарики могут выйти из беговых доро­жек, при этом возрастает сила трения, увеличивается нагрев.

В некоторых конструкциях, где приходится бороться за уменьшение радиальных габаритов, применяются т.н. "бескольцевые" подшипники, когда тела качения установлены непосредственно между валом и корпусом. Однако нетрудно догадаться, что такие конструкции требуют сложной, индивидуальной, а, следовательно, и дорогой сборки-разборки.

### **Достоинства и недостатки подшипников качения**

**Достоинства подшипников качения:**

*-*низкое трение, низкий нагрев;

- значительно (5…10 раз) меньшие пусковые моменты;

- высокий КПД (до 0,995);

- экономия смазки;

- высокий уровень стандартизации;

- небольшие габариты в осевом направлении;

- невысокая стоимость вследствие массового производства;

- менее жесткие требования к материалу, термообработке и качеству поверхностей валов и посадочных отверстий корпусов, а также по уходу за подшипниковыми узлами в процессе эксплуатации машин;

- высокая степень взаимозаменяемости;

- экономия дорогих антифрикционных материалов и цветных металлов.

***Недостатки подшипников качения:***

*-* высокие контактные напряжения, и поэтому ограниченный срок службы;

*-*большие радиальные габариты и вес;

- высокие требования к оптимизации выбора типоразмера;

- малая надежность в высокоскоростных приводах;

- большая чувствительность к ударным нагрузкам вследствие большой жесткости конструкции;

- повышенный шум при больших оборотах;

- ненадежность при работе в агрессивных средах (например, в воде);

- слабая виброзащита, более того, подшипники сами являются генераторами вибрации за счёт даже очень малой неизбежной разноразмерности тел качения;

- ограничение срока службы, особенно при больших скоростях и нагрузках. Это вызвано возникновением высоких контактных напряжений, вызывающих усталостное выкрашивание колец и тел качения;

- большое рассеивание сроков службы в каждой партии подшипников при одинаковых нагрузках и скоростях;

- нерентабельность мелкосерийного и штучного производства;

- высокая жесткость, то есть неспособность воспринимать ударные нагрузки;

- меньшая способность гасить колебания.

