

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
КАФЕДРА МАШИНОСТРОЕНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Методические указания

к выполнению лабораторной работы
«Изучение конструкций подшипниковых узлов»
по дисциплине **«Детали машин»**
для студентов технических специальностей

Часть 1

УДК 621.822.6

Методические указания к выполнению лабораторной работы «Изучение конструкций подшипниковых узлов» по дисциплине «Детали машин» для студентов технических специальностей, часть 1, содержат анализ конструкции элементов подшипниковых узлов и их назначения, описание системы условных обозначений подшипников качения, конструкций основных типов подшипников качения и области их применения. Данные методические указания могут использоваться при выполнении курсового проектирования и подготовке к экзамену по данной дисциплине. В 2 частях.

Составители: С. В. Монтик, зав. кафедрой МЭА, к. т. н, доцент
С. О. Березуцкая, ст. преподаватель кафедры МЭА, м. т. н.
А. А. Волощук, ст. преподаватель кафедры МЭА, м. т. н.

Рецензент: Ю. А. Головченко, директор ООО «ДжиЭсДжи Групп»

Лабораторная работа
Изучение конструкций подшипниковых узлов
Часть 1

1 Цель работы

- 1.1 Изучение элементов подшипниковых узлов и их назначения.
- 1.2 Изучение системы условных обозначений подшипников качения.
- 1.3 Изучение конструкций основных типов подшипников качения и области их применения.
- 1.5 Ознакомление с видами смазочных материалов и способами смазывания подшипников качения. КПД подшипников качения.

2 ПОДШИПНИКОВЫЕ УЗЛЫ И ИХ ЭЛЕМЕНТЫ

В общем виде **подшипниковые узлы** (рис. 2.1) состоят из следующих элементов:

- а) вала или оси с закрепленными на них подшипниками, которые в свою очередь установлены в корпусе или стакане;
 - б) крышек подшипников;
 - в) уплотнительных устройств;
 - г) деталей для крепления внутренних колец подшипников на валах и наружных колец — в корпусе.
- Рассмотрим подробнее основные элементы подшипниковых узлов и их назначение.

Подшипники качения являются основными элементами подшипниковых узлов, поэтому их рассмотрим отдельно более подробно (см. далее п. 3).

Крышки подшипников предназначены для закрепления подшипников в корпусе и защиты подшипникового узла от внешней среды. По конструктивному исполнению они бывают двух типов: привертные (рис. 2.1, а) и закладные (рис. 2.1, б).

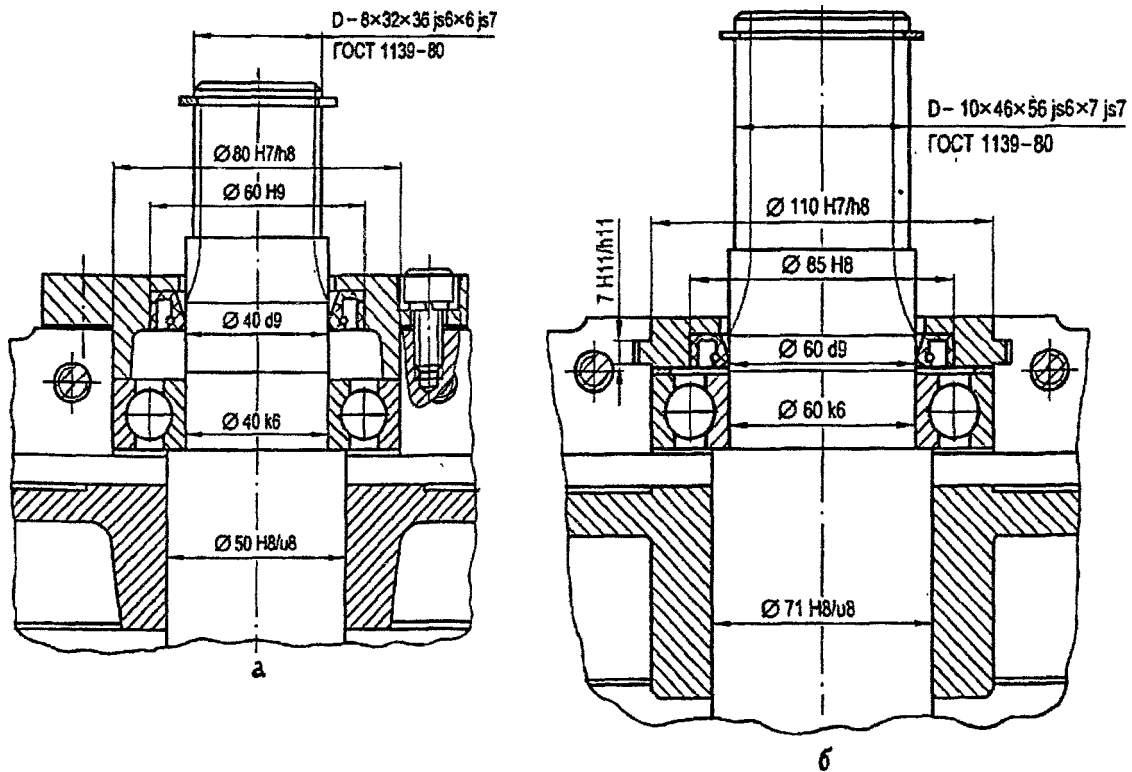


Рисунок 2.1 – Примеры конструкций подшипниковых узлов с привертными (а) и закладными (б) крышками подшипников

Привертные подшипниковые крышки крепят к корпусу винтами с цилиндрической головкой и шестигранными углублением под ключ (рис. 2.1, а; рис. 2.2, а) или болтами (рис. 2.2, в).

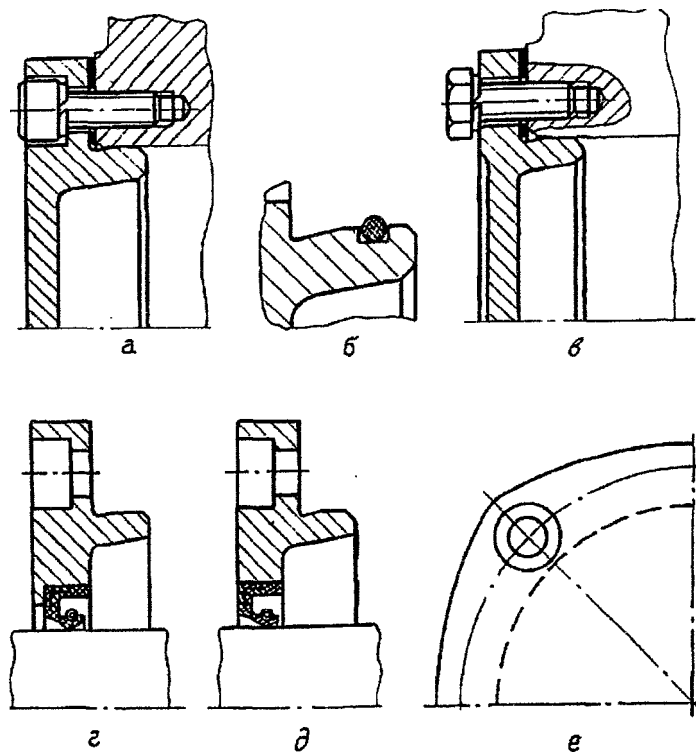
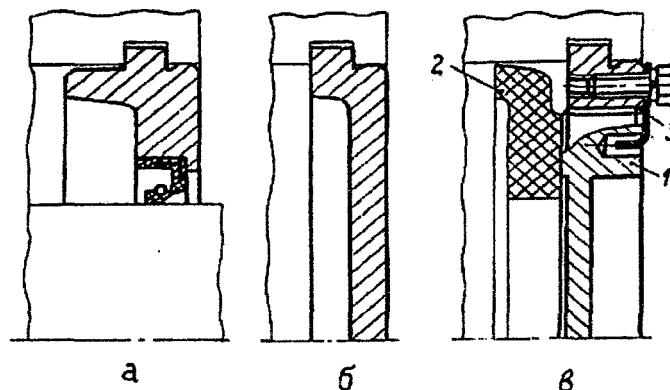


Рисунок 2.2 – Крышки подшипников привертные



1 – регулировочный винт; 2 – промежуточная нажимная шайба; 3 – фиксирующий замок

Рисунок 2.3 – Крышки подшипников закладные

Опорные поверхности под головки винтов и болтов обрабатывают.

Для того чтобы смазочное масло не просачивалось через фланцы привертных крышек, иногда цилиндрический участок крышки уплотняют кольцами из маслобензостойкой резины (рис. 2.2, б).

Привертные подшипниковые крышки на рис. 2.2 (а, в) выполнены глухими, на рис. 2.2 (г, д) – с отверстием для выходного конца вала. Крышки с отверстием обычно снабжают внешним уплотнением в виде резиновой армированной манжеты.

На рис. 2.2 (е) показана предпочтительная форма фланца привертной крышки.

Привертные подшипниковые крышки применяют как при неразъемной конструкции корпуса, так и при разъемной.

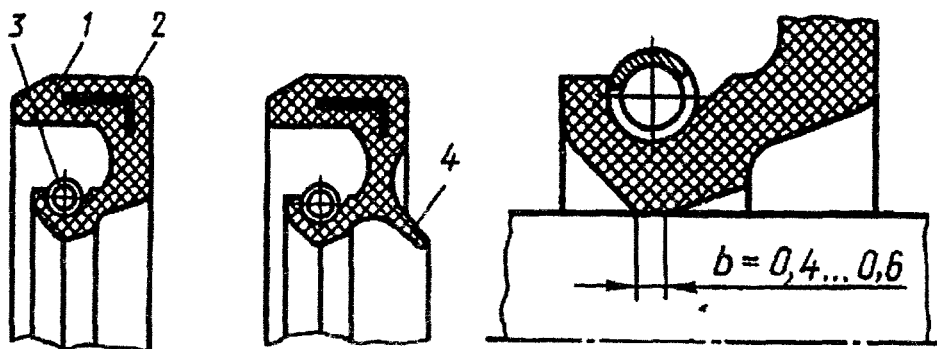
Закладные подшипниковые крышки применяют только при разъемной конструкции корпуса, имеющего плоскость разъема по осям валов. Они не требуют крепления резьбовыми деталями, так как их удерживает кольцевой выступ на поверхности крышки, для которого в корпусе выполнена канавка. На рис. 2.3 показаны основные конструкции закладных крышек: с отверстием для выходного конца вала – рис. 2.3 (а); глухих – рис. 2.3 (б); с резьбовым отверстием под нажимной винт – рис. 2.3 (в). Закладные крышки с отверстием, как и привертные, снабжают резиновой армированной манжетой.

Обычно крышки подшипников изготавливают из чугуна. Однако при регулировании подшипников регулировочными винтами, в случае применения закладных крышек, их изготавливают из стали (рис. 2.3, в).

Уплотнительные устройства, или просто уплотнения, предназначены для защиты подшипниковых узлов от попадания извне пыли и влаги и предохранения от вытекания смазочного материала.

Различают **внешние и внутренние уплотнения**.

Из **внешних уплотнений** наибольшее распространение получили резиновые армированные манжеты (рис. 2.4). Корпус 1 манжеты изготовлен из маслостойкой резины. Каркас 2 представляет собой стальное кольцо Г-образного сечения и предназначен для придания манжете жесткости, что обеспечивает ее тугую посадку в корпусе без дополнительного крепления. Браслетная пружина 3 прижимает рабочую кромку манжеты к валу. В условиях повышенной загрязненности внешней среды применяют манжеты с дополнительной рабочей кромкой, называемой пыльником.



1 – корпус; 2 – каркас; 3 – браслетная пружина; 4 – дополнительная рабочая кромка (пыльник)

Рисунок 2.4 – Резиновые армированные манжеты

Если уровень масла выше расположения рабочей кромки манжеты, то предусматривают установку двойных манжет, заполняя пространство между ними пластичным смазочным материалом (ПСМ).

При окружной скорости более 4 м/с рабочая поверхность вала в месте установки манжеты должна быть шлифованной, а при окружной скорости более 8 м/с еще и упрочненной ($\geq 45 \text{ HRC}_3$).

Ресурс манжет составляет не менее 3000 часов.

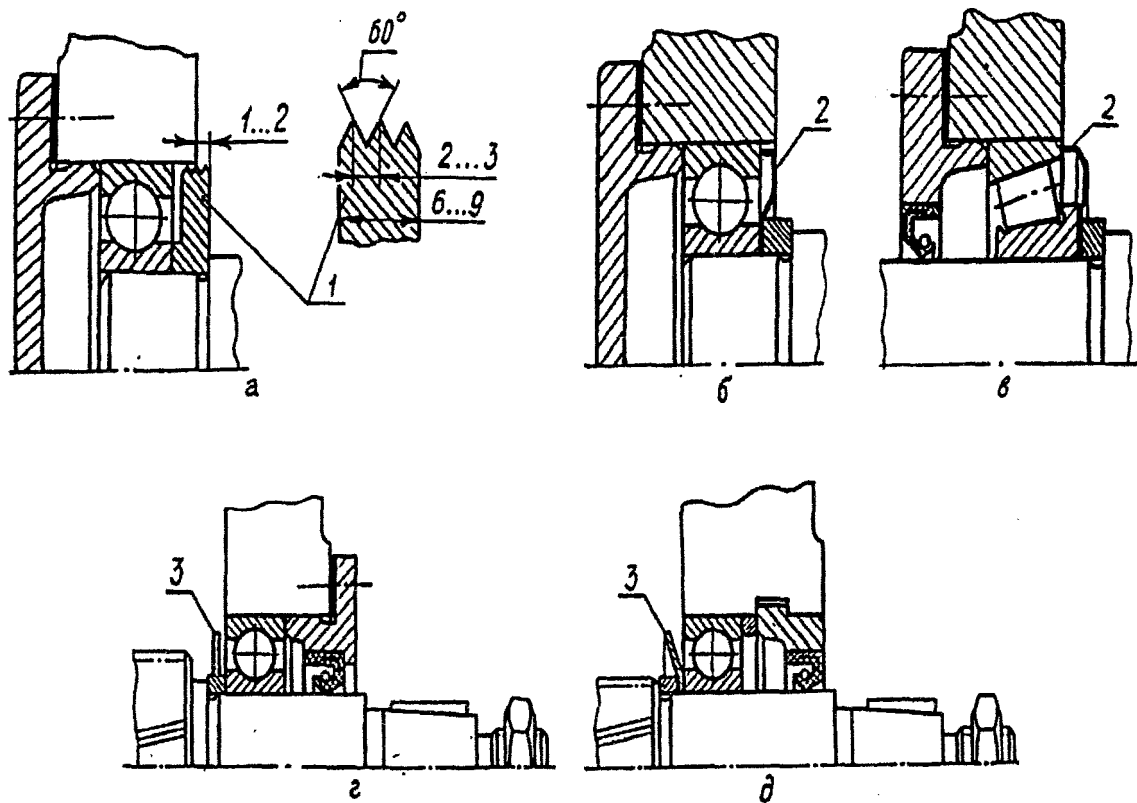
Установка и конструкция **внутренних уплотнений** зависит от способа смазывания подшипников и конструкции подшипникового узла.

При смазывании подшипников пластичным материалом подшипниковые узлы должны быть изолированы от внутренней полости редуктора по причине вытекания разогретой при работе узла пластичной смазки, а также возможного ее вымывания жидким маслом, применяемым для смазывания передач. Герметичность подшипникового узла в данном случае и обеспечивают внутренние уплотнения в виде **мазедерживающего кольца** или **контактной уплотнительной шайбы**.

Внутреннее уплотнение **мазедерживающим кольцом** (рис. 2.5, а), называемое иногда **мазедерживающей шайбой**, является комбинированным и щелевым одновременно. Кольцо вращается вместе с валом и имеет на наружной поверхности 2...4 канавки треугольного сечения. Зазор между кольцом и корпусом (или стаканом) 0,1...0,3 мм, выход за торец корпуса 1...2 мм. Выступающий за пределы корпуса (стакана) участок кольца отбрасывает жидкое масло, остальная его поверхность с канавками удерживает пластичный смазочный материал от вымывания.

Контактные уплотнительные шайбы (рис. 2.5, б, в) устанавливают между подшипником и дополнительным кольцом, которое упирается в буртик вала. Кольцо перекрывает канавку на валу, обеспечивая точное центрирование контактной уплотнительной шайбы, которая с достаточным усилием прижата к торцу наружного кольца подшипника и скользит относительно его, вращаясь вместе с валом. Толщина уплотнительных шайб в зависимости от их диаметрального размера составляет 0,3...0,6 мм, их применяют при скорости скольжения до 6 м/с. При смазывании подшипников из общей масляной ванны в некоторых конструкциях узлов шестерня или червяк оказываются погруженными в масло. Выжимаясь из зубчатого зацепления или винтовой нарезкой червяка, оно направляется вместе с продуктами износа в расположенный рядом подшипник. В этом случае подшипник от чрезмерного залива маслом закрывают со стороны полости корпуса **маслоотражательной шайбой** толщиной 1...3 мм

(рис. 2.5, г, д). В технической литературе маслоотражательные шайбы иногда называют маслозащитными.



1 – мазеудерживающее кольцо; 2 – контактная уплотнительная шайба;
3 – маслоотражательная шайба

Рисунок 2.5 – Внутренние уплотнения подшипниковых узлов

Следует отметить, что в узлах машин широко используются также подшипники со встроенными защитными шайбами и уплотнениями, которые выпускают подшипниковые заводы.

Подшипники с защитными шайбами с одной или обеих сторон используют при работе в незагрязненных или слабо загрязненных помещениях с целью защиты рабочей зоны подшипника от пыли и грязи. Для работы в загрязненных помещениях используют подшипники со встроенными уплотнениями: односторонним или двухсторонним.

Подшипники с двумя защитными или уплотнениями (закрытого типа) поставляются заполненными пластичным смазочным материалом (Литол-24, ЦИАТИМ-221 и др.), что облегчает техническое обслуживание подшипникового узла, особенно если он расположен в труднодоступном для смазывания месте. Специальных дополнительных уплотнений эти подшипники не требуют.

Примеры конструкций подшипниковых узлов с внешними и внутренними уплотнениями приведены на рис. 2.6 – 2.10 [1, 2].

В качестве **деталей для регулирования осевых зазоров** в регулируемых подшипниках используют:

- а) набор тонких (толщиной $\approx 0,1$ мм) металлических прокладок, устанавливаемых под фланец привертной крышки (на рис. 2.11, а они зачернены);
- б) компенсаторное кольцо, устанавливаемое между торцами наружного кольца подшипника и закладной крышки (рис. 2.1);
- в) круглую шлицевую гайку со стопорной многолапчатой шайбой (рис. 2.12), используемую для перемещения внутреннего кольца подшипника при его регулировании данным способом;
- г) регулировочный винт с мелким шагом резьбы, вворачиваемый в закладную крышку или корпус и взаимодействующий на самоустанавливающуюся шайбу, в результате чего обеспечивается смещение в осевом направлении наружного кольца подшипника при его регулировании (рис. 2.7).

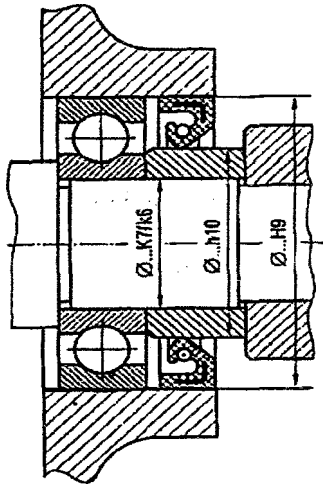


Рисунок 2.6 – Манжета, установленная в корпус

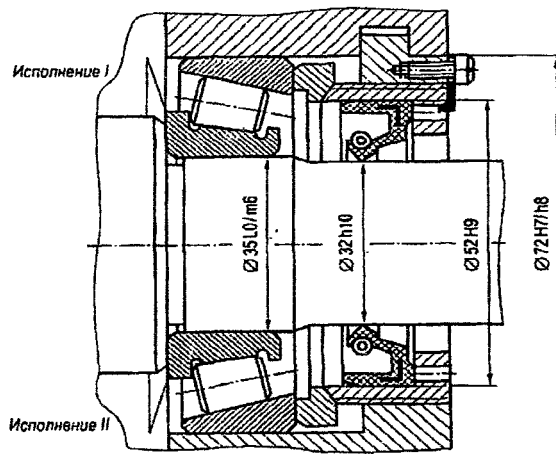


Рисунок 2.7 – Манжета, установленная в регулиующее устройство

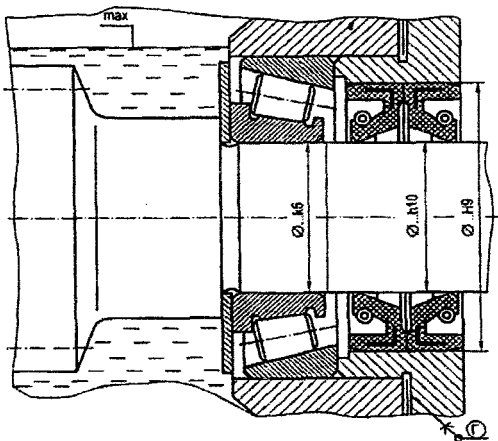
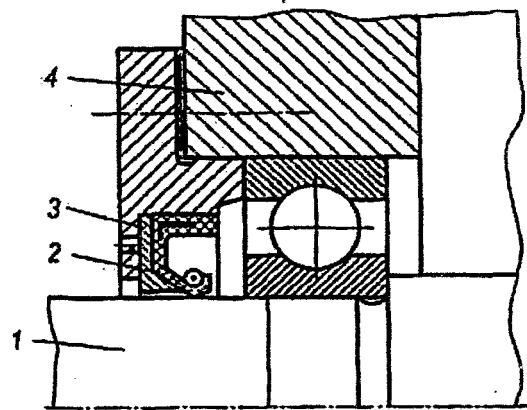
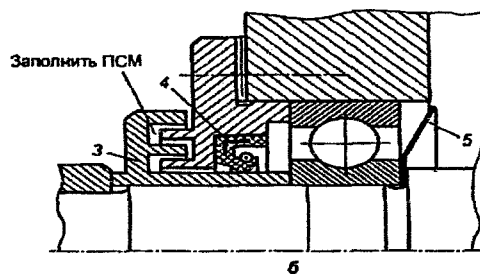
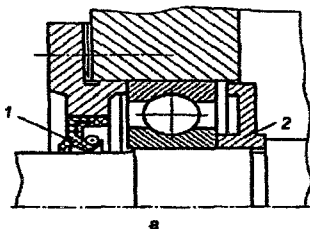


Рисунок 2.8 – Установка сдвоенных манжет



1 – вал; 2 – манжета; 3 – опорный конус;
4 – корпус

Рисунок 2.9 – Манжета с опорным конусом при повышенном давлении (> 0,05 МПа) внутри корпуса



а – манжета с пыльником; б – комбинированное; 1 – манжета; 2 – магнеудерживающая шайба; 3 – лабиринтное уплотнение; 4 – манжетное уплотнение; 5 – штампованный маслоотражатель
Рисунок 2.10 - Уплотнения, используемые при значительном загрязнении окружающей среды

В качестве деталей для крепления внутренних колец подшипников на валах используют:

- а) концевую шайбу с винтом и штифтом, фиксирующим шайбу от поворота относительно вала (рис. 2.11);
- б) круглую шлицевую гайку со стопорной многолапчатой шайбой (рис. 2.14);
- в) кольцо пружинное упорное наружное эксцентрическое (рис. 2.12).

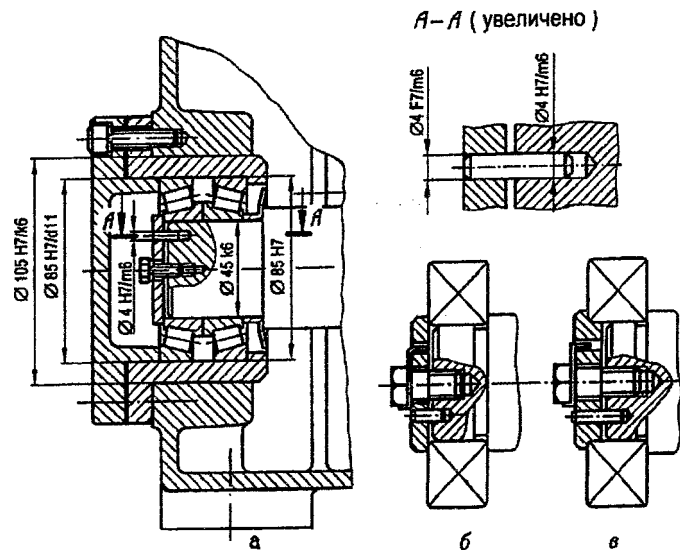


Рисунок 2.11 – Пример конструкции подшипникового узла с деталями для регулирования осевого зазора в подшипниках и крепления их внутренних и наружных колец

Крепление наружных колец подшипников в корпусе может быть осуществлено с помощью следующих деталей:

- а) крышкой подшипника: привертной или закладной;
- б) пружинным упорным внутренним эксцентрическим кольцом (рис. 2.13);
- в) пружинным упорным наружным эксцентрическим кольцом, устанавливаемым в канавку, выполненную на наружном кольце подшипника;
- г) упорным заплечиком, выполненным в корпусе или стакане (рис. 2.11, а);
- д) тремя установочными винтами и кольцом.

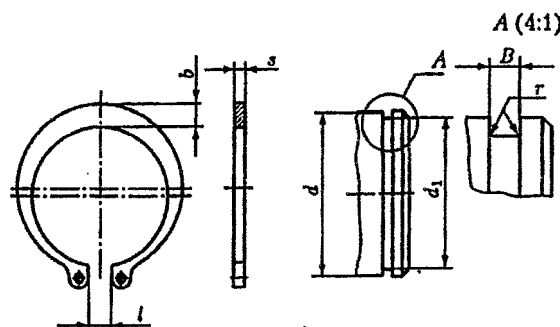


Рисунок 2.12 – Кольца пружинные упорные эксцентрические наружные и канавки для них

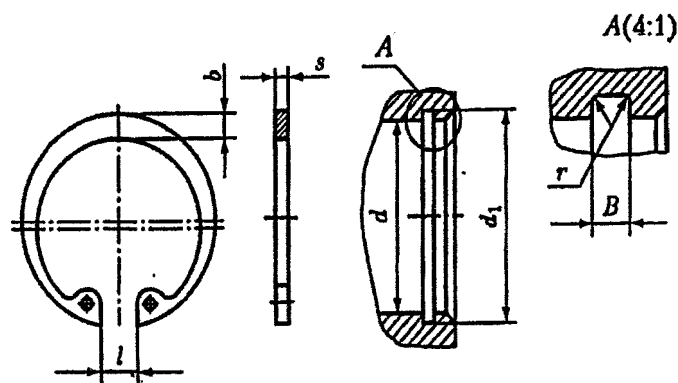


Рисунок 2.13 – Кольца пружинные упорные эксцентрические внутренние и канавки для них

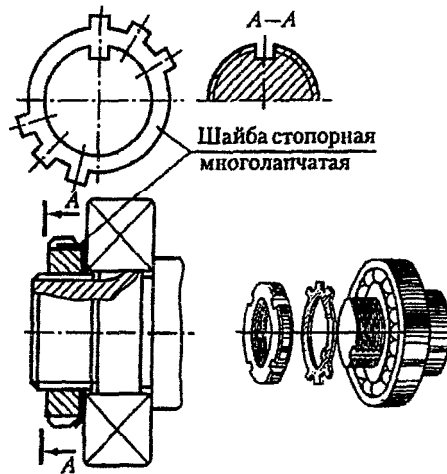


Рисунок 2.14 – Круглая шлицевая гайка со стопорной многолопчатой шайбой

3 ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

3.1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Подшипники качения служат в качестве опор вращающихся валов и осей и используют элементы качения: шарики и ролики.

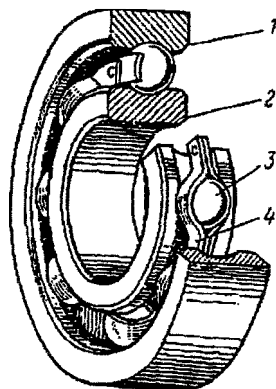
Типовая конструкция подшипника качения показана на рис. 3.1. Подшипник состоит из наружного 1 и внутреннего 2 колец, между которыми расположены тела качения 3. Для предохранения тел качения от соприкосновения между собой их отделяют друг от друга сепаратором 4, который существенно уменьшает потери на трение.

Кольца подшипников имеют желоба (канавки), служащие направляющими для тел качения.

В ряде конструкций одно или оба кольца (иногда сепаратор) могут отсутствовать. В данном случае тела качения катятся по дорожкам, выполненным на валу или в корпусе.

Основные достоинства подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения:

- а) меньшие моменты трения, особенно при пуске;
- б) полная взаимозаменяемость, готовность к эксплуатации без дополнительной подгонки или приработки;
- в) меньшие осевые габаритные размеры;
- г) простота обслуживания и малый расход смазочного материала (например, подшипники с защитными шайбами заполняют пластичным смазочным материалом при изготовлении и этого запаса хватает на весь срок работы);
- д) малая стоимость в связи с массовым производством;
- е) меньший расход цветных металлов.



1 – наружное кольцо; 2 – внутреннее кольцо; 3 – тела качения; 4 – сепаратор

Рисунок 3.1 – Подшипник качения

Недостатки подшипников качения:

- а) большие радиальные габаритные размеры;
- б) большие контактные напряжения, ограничивающие ресурс;
- в) малая жесткость;
- г) большое сопротивление вращению, шум и низкий ресурс при высоких частотах вращения;
- д) чувствительность к ударным и вибрационным нагрузкам.

Кольца и тела качения изготавливают из специальных шарикоподшипниковых высокоуглеродистых хромистых сталей марок ШХ15 и ШХ15СГ (здесь 15–0,15 % хрома; среднее содержание углерода 1...1,1 %). Сталь ШХ15СГ содержит дополнительно кремний и марганец. Находят применение и цементуемые легированные стали 18ХГТ, 20Х2Н4А и др. Кольца имеют твердость 61...65 HRCэ, тела качения – 63...67 HRCэ.

Кольца и тела качения подшипников, работающих при повышенных температурах (до 500 °С) или в агрессивных средах, изготавливают соответственно из теплопрочных или коррозионно-стойких сталей. Для подшипников, к которым предъявляются повышенные требования по ресурсу и надежности, применяют стали, подвергнутые специальным переплавам, уменьшающим содержание неметаллических включений (ШХ15-Ш), а также двойной переплав: электрошлаковый и вакуумно-дуговой (ШХ15-ШД).

Сепараторы изготавливают в большинстве случаев из мягкой углеродистой стали марок 08кп, 10кп. Сепараторы высокоскоростных подшипников выполняют массивными из текстолита, фторопласта, латуни, бронзы (материалы перечислены в порядке увеличения быстроходности).

Все большее распространение получают подшипники с шариками из керамики (нитрид кремния Si₃N₄). Этот материал обладает значительно более высокой, чем применяемые стали, теплопрочностью и контактной долговечностью. Плотность нитрида кремния составляет около 3,2 г/см³ (закаленной стали ШХ15 7,8г/см³). Благодаря этому при высокой частоте вращения развиваются меньшие центробежные силы. Коэффициент трения пары «нитрид кремния – сталь» меньше, чем пары «сталь – сталь». Поэтому тепловыделение при работе таких подшипников меньше, чем стальных. Кроме этого, нитрид кремния обладает высокой коррозионной устойчивостью, свойством электроизоляции, отсутствием магнитных свойств и стабильностью размеров.

Подшипники, имеющие кольца из стали (а шарики из нитрида кремния разработала и выпускает фирма SKF (Швеция)), применение их в опорах шлифовального электрошпинделя при скоростном параметре $n \cdot d_m = 2108000$ (здесь n – частота вращения, d_m – средний диаметр подшипника) позволило увеличить их долговечность в четыре раза в сравнении со стальными подшипниками [3].

Подшипники качения имеют международную стандартизацию и выпускаются в широком диапазоне габаритных размеров и массы. Известны миниатюрные подшипники с внутренним диаметром $d = 0,6$ мм, наружным диаметром $D = 2$ мм, шириной $B = 0,8$ мм и массой 0,015 г, а также особо крупные, у которых соответственно $d = 12$ м, $D = 14$ м, $B = 0,45$ м и масса 130 т. Кроме стандартных подшипников, по специальному обоснованию изготавливают нестандартные подшипники.

Машиностроительные предприятия стран СНГ используют подшипники, производимые как заводами этих стран, так и зарубежными производителями (инофирмами). Наибольшим спросом пользуются по-прежнему подшипники заводов стран СНГ. Однако ими производится не вся номенклатура, используемая приборо- и машиностроением. Кроме того, многие подшипники зарубежных фирм отличаются более высокой надежностью и долговечностью [3]. В Беларуси производство подшипников качения налажено на двух заводах: ОАО «Минский подшипниковый завод» и ОАО «Гомельский подшипниковый завод».

Из зарубежных производителей наиболее известными являются фирма SKF (Швеция), имеющая 80 подшипниковых заводов и представительств в большинстве стран мира, фирмы FAG и INA (Германия), фирма Timken (США).

К новому поколению можно отнести подшипники со встроенным датчиком, позволяющим получать следующие сведения: частоту, скорость и направление вращения, угол поворота наружного кольца относительно внутреннего и ускорение. Они находят применение в движущихся средствах, рулевых механизмах, электродвигателях, коробках передач, эскалаторах, системах управления различными механизмами, системах контроля наматывания в рулоны или разворачивания из них различных материалов, например бумаги или металлической ленты и пр. Потребление этих подшипников «с интеллектом» исчисляется миллионами. Данные по таким подшипникам фирмы SKF приведены в справочнике-каталоге [3].

3.2 КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Подшипники качения классифицируют по следующим основным признакам:

а) по **форме тел качения** (рис. 3.2 – шариковые (а) и роликовые (б...и)). Роликовые подшипники могут быть с роликами: цилиндрическими короткими (б), длинными (в), витыми (г), коническими (д), бочкообразными (е,ж), вогнутыми (з) и игольчатыми (и);

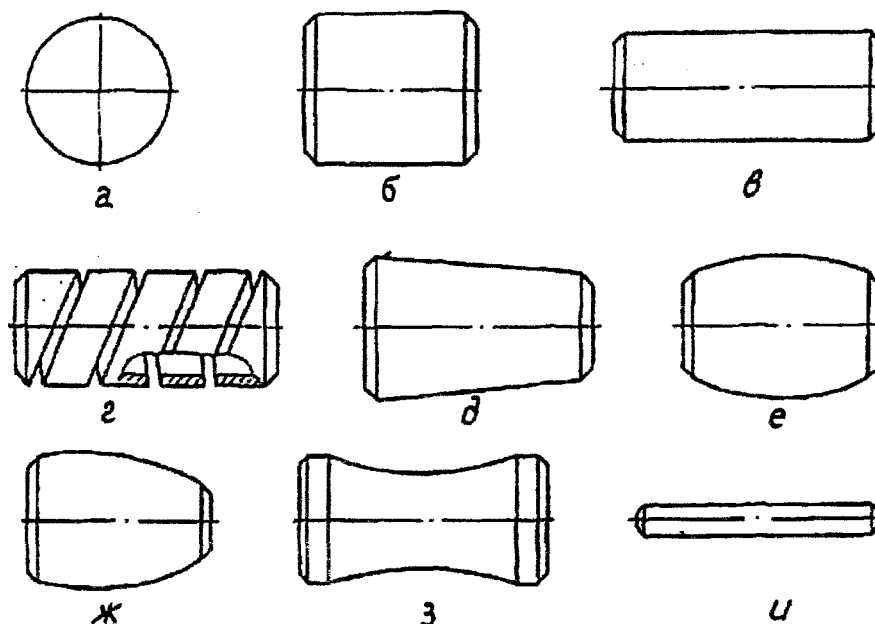


Рисунок 3.2 – Тела качения подшипников

б) по **направлению воспринимаемой нагрузки**:

- радиальные (воспринимают только радиальную нагрузку или радиальную и небольшую осевую);
- радиально-упорные (воспринимают комбинированную нагрузку – радиальную и осевую);
- упорные (воспринимают только осевую нагрузку);
- упорно-радиальные (воспринимают комбинированную нагрузку – осевую и небольшую радиальную);

в) по **числу рядов тел качения** – одно-, двух- и четырехрядные;

г) по **основным конструктивным признакам** – самоустанавливающиеся (например, сферические подшипники самоустанавливаются при перекосе осей вала и отверстия в корпусе до $2,5^\circ$) и несамоустанавливающиеся – все остальные (допустимый взаимный перекос колец от 1 до $8'$); с цилиндрическим или коническим отверстием внутреннего кольца; сдвоенные и др.

3.3 СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Условное обозначение подшипника качения состоит из основного обозначения и дополнительных обозначений (перед основным и после основного), например:

5-3180206ЕС17, где 3180206 – основное обозначение; 5 – дополнительное обозначение, представляемое через знак «тире» слева от основного; ЕС17 – дополнительное обозначение, проставляемое справа от основного.

3.3.1. Основное обозначение подшипников качения с диаметром отверстий от 20 до 495 мм включительно

Схема расположения цифр в основном обозначении данных подшипников приведена на рис. 3.3, количество цифр – от двух до семи. Нули, стоящие левее последней значащей цифры, опускаются.

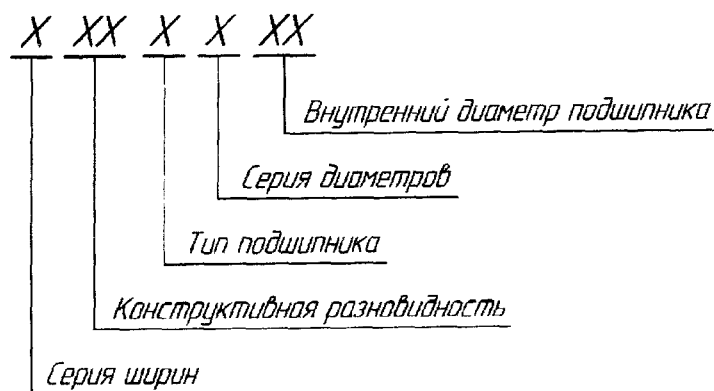


Рисунок 3.3 – Расположение цифр в основном условном обозначении подшипников с внутренними диаметрами от 20 до 500 мм (исключая подшипники с диаметрами 22, 28, 32 и 500 мм)

Две первые цифры справа образуют число, которое обозначает диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника. Для подшипников с $d = 20 \dots 495$ мм внутренний диаметр определяют умножением этого числа на 5. Так, подшипник 7209 имеет $d = 45$ мм, а подшипник 315 $d = 75$ мм.

Третья цифра справа обозначает **серию диаметров** и **совместно с седьмой цифрой**, обозначающей **серию ширин**, определяет **размерную серию подшипника** (рис. 3.4), которые установлены в межгосударственном стандарте ГОСТ 3478-2012.

Так, подшипник 7209 – серии диаметров 2, а подшипник 315 – серии диаметров 3. Серии диаметров 2 и 3 получили наибольшее распространение и рекомендуются при выполнении курсовых проектов.

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника:

Шариковый радиальный однорядный.....	0
Шариковый радиальный сферический двухрядный.....	1
Роликовый радиальный с короткими цилиндрическими роликами.....	2
Роликовый радиальный сферический двухрядный.....	3
Роликовый радиальный с длинными цилиндрическими или игольчатыми роликами.....	4
Роликовый радиальный с витыми роликами.....	5
Шариковый радиально-упорный однорядный.....	6
Роликовый радиально-упорный с коническими роликами (конический).....	7
Шариковый упорный, шариковый упорно-радиальный.....	8
Роликовый упорный, роликовый упорно-радиальный.....	9

Приведенный для примера подшипник 7209 является роликовым радиально-упорным коническим, а подшипник 315 – шариковым радиальным однорядным (в обозначении подшипника 315, кроме цифры 0, обозначающей тип подшипника, все остальные цифры, стоящие левее её, будут тоже нули и по этой причине все четыре нуля, стоящие левее последней значащей цифры 3, не проставляются).

Пятая или пятая и шестая цифры справа обозначают конструктивную разновидность подшипников (наличие защитных шайб или уплотнений, канавки на наружном кольце под упорное кольцо, значение номинального угла контакта в радиально-упорных подшипниках, наличие упорного борта на наружном кольце, отсутствие сепаратора, исполнение с коническим отверстием во внутреннем кольце или установка его на закрепительной втулке и др.)

Если пятая и шестая цифры справа в обозначении подшипника отсутствуют, как, например, у подшипников 7209 и 315 или на пятом и шестом местах справа в обозначении стоят нули, как, например, у подшипника 3007205, то такие подшипники относятся к основному конструктивному исполнению (базовый типоразмер).

Седьмая цифра справа обозначает **серию ширин** и совместно с третьей цифрой справа, обозначающей **серию диаметров**, определяет **размерную серию подшипника**. **Серия ширин 0** в обозначении подшипника не указывается.

В соответствии с ГОСТ 3478-2012 для подшипников устанавливают:

- серию диаметров: 0, 8, 9, 1, 7, 2, 5, 3, 6 и 4;
- серию ширин или высот: 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3, 4, 5 и 6.

Серии диаметров указаны в порядке увеличения наружного диаметра подшипников при одинаковом диаметре отверстия. Серии ширин (высот) указаны в порядке увеличения ширины (высоты) подшипника при одинаковом диаметре отверстия (см. рис. 3.4). Сочетание диаметров и серии ширин (высот) есть размерная серия.

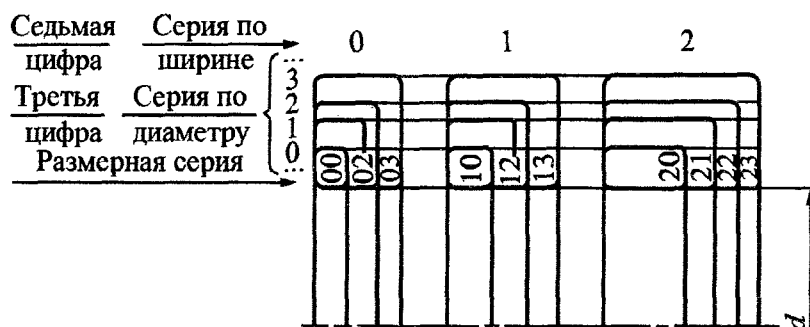


Рисунок 3.4 – Размерная серия подшипника [4]

Подшипники разных типов и серий отличаются размерами, массой m , базовой динамической грузоподъемностью и предельной частотой вращения $[n]$ (см. рис. 3.5). Наиболее быстроходными из представленных являются шариковые радиальные однорядные подшипники размерной серии (02). Подшипники размерной серии (04) менее быстроходные, но базовая динамическая грузоподъемность их выше. Следует отметить, что базовая динамическая грузоподъемность подшипника – это нагрузка (в Н или кН), которую подшипник может теоретически выдержать при базовом расчетном ресурсе, составляющем 1 млн оборотов, без появления признаков усталости не менее, чем у 90 % из определенного числа подшипников, подвергающихся испытаниям. Величина для каждого подшипника приводится в каталогах.

Роликовые радиально-упорные конические подшипники характеризует большая, чем у радиальных однорядных шарикоподшипников равных размеров, базовая динамическая грузоподъемность и меньшая предельная частота вращения $[n]$.

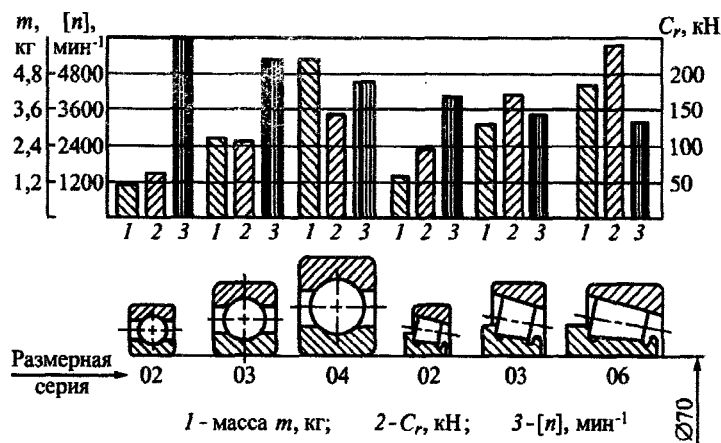


Рисунок 3.4 – Сравнительная характеристика шариковых радиальных однорядных и роликовых радиально-упорных конических подшипников различных размерных серий [4]

3.3.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Дополнительное условное обозначение, расположенное слева от основного обозначения подшипника качения. Слева от основного обозначения проставляют знаки, определяющие класс точности (8, 7, 0, нормальный, 6X, 6, 5, 4, T, 2), группу радиального зазора (0, 1, 2, 3, ..., 9; для радиально-упорных шариковых подшипников обозначают степень предварительного натяга: 1, 2, 3), ряд

моментов трения (1, 2, 3, ..., 9) и категорию подшипника (А, В, С). Знаки располагают в порядке перечисления – справа налево от основного обозначения подшипника и отделяют от него тире, например:

A125-3000205, где 3000205 – основное обозначение подшипника; 5 – класс точности; 2 – группа радиального зазора; 1 – ряд момента трения; А – категория подшипника.

Класс точности подшипника регламентирует величины предельных отклонений размеров, формы и расположения поверхностей его деталей.

Выше перечислены в порядке повышения точности все классы точности подшипников. Конкретные **классы точности** в зависимости от типа подшипника установлены ГОСТ 520-2011:

а) для шариковых и роликовых радиальных и шариковых радиально-упорных подшипников: **нормальный, 6, 5, 4, Т, 2;**

б) для роликовых радиально-упорных конических подшипников: **0, нормальный, 6Х, 6, 5, 4, 2;**

в) для упорных и упорно-радиальных подшипников: **нормальный, 6, 5, 4, 2.**

В общем машиностроении применяют подшипники классов точности *нормальный* и 6.

В изделиях высокой точности или работающих с высокой частотой вращения (шпиндельные узлы скоростных станков, высокооборотные электродвигатели и др.) применяют подшипники классов точности 5 и 4.

Подшипники класса точности 2 используют в гироскопических приборах.

Отметим некоторую особенность обозначения классов точности *нормальный* и 0.

Для всех подшипников, кроме роликовых радиально-упорных конических, для обозначения класса точности «*нормальный*» применяют знак «0».

Для роликовых радиально-упорных конических подшипников для обозначения класса точности 0 применяют знак «0», класса точности «*нормальный*» – знак «N», класс точности 6Х – знак «X».

В нашем примере подшипник 7209 – класса точности 0.

Эксплуатационные условия подшипников качения считаются нормальными, когда температура внутреннего кольца больше, чем наружного на 5...10 °С. При таких условиях требуемый радиальный зазор в подшипнике обеспечивается пределами нормальных групп зазора, указанных в таблицах стандарта, а в дополнительном условном обозначении подшипника он не указывается.

Показатели по моменту трения относятся только к точным подшипникам специального назначения.

В зависимости от класса точности, наличия требований к уровню вибраций, величине момента трения и других дополнительных технических требований установлены три категории подшипников: А – повышенные регламентированные нормы; В – регламентированные нормы; С – без дополнительных требований.

Соответствие категорий подшипников и их классов точности:

Категория	А	В	С
Класс точности	5, 4, Т, 2	0, нормальный, 6Х, 6, 5	0, нормальный, 6

В условном обозначении подшипников категории С знак категории не проставляют. Знак категории не указывают и для подшипников, не отнесенных к категориям А, В и С.

Дополнительное условное обозначение, расположенное справа от основного обозначения подшипника качения. Возможные знаки, указываемые справа от основного обозначения:

А – подшипник повышенной грузоподъемности;

Е – сепаратор выполнен из пластических материалов (полимеры, текстолит);

Л – сепаратор выполнен из латуни;

Д – сепаратор выполнен из алюминиевого сплава;

Б – сепаратор выполнен из безоловянной бронзы;

М – наличие модифицированного контакта;

К и Н – наличие конструктивных особенностей;

Т, Т1, ..., Т6 – специальная термообработка деталей подшипника для работы при повышенных температурах;

С1...С28 – код смазочного материала, которым заполнен подшипник закрытого типа (например, С2 – смазочный материал ЦИАТИМ – 221; С5 – ЦИАТИМ- 202; С17 – Литол - 24);

Ш – специальные требования по шумности работы;

Ю, Ю1, Ю2, Ю3 и т. д. – все детали подшипника или часть деталей из коррозионно-стойкой стали;

Х, Х1, Х2, Х3 и т. д. – кольца и тела качения или только кольца (в том числе одно кольцо) из цементуемой стали.

Обозначение подшипника наносится преимущественно на торцевой поверхности колец или на защитных шайбах (для подшипников закрытого типа). Обозначения подшипников малых размеров проставляют на упаковке.

Пример обозначения подшипника:

A 7 5 – 3180206 E T2 C2

где А – категория подшипника;

7 – группа радиального зазора;

5 – класс точности;

3180206 – основное обозначение;

Е – материал сепаратора (текстолит);

T2 – температура отпуска (250 °С);

C2 – смазочный материал ЦИАТИМ – 221.

В соответствии с основным обозначением 3180206 данный подшипник является шариковым радиальным однорядным (четвертая цифра справа – 0) с посадочным диаметром на вал 30 мм (первые две цифры справа, умноженные на 5, т. е. $06 \times 5 = 30$ мм), серии диаметров 2 (третья цифра справа), серии ширины 3 (седьмая цифра справа), с двухсторонним уплотнением (пятая и шестая цифры справа).

3.4 ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

3.4.1 Подшипники шариковые радиальные однорядные

Тип подшипников – 0.

Эти подшипники применяют в узлах со сравнительно легкими условиями эксплуатации и при отсутствии высоких требований к жесткости опор в радиальном и осевом направлениях (например, в коробках передач станков и транспортных средств, редукторах, электродвигателях малой и средней мощности, роликах конвейеров и различных механизмах с высокой частотой вращения). Они отличаются простотой конструкции, имеют невысокую стоимость. Однако эти подшипники не следует применять для валов червячных и конических передач.

Шариковые радиальные однорядные подшипники предназначены в основном для восприятия радиальной нагрузки, но могут воспринимать и осевые нагрузки в обоих направлениях. Удовлетворительно работают при перекосе колец на угол не более $3'$, а при увеличенном радиальном зазоре до $10'$. Однако перекосы ухудшают работу подшипника, вызывают вибрацию и снижают ресурс его работы. В сравнении с другими типами подшипников отличаются наименьшим моментом трения. Шариковые радиальные однорядные подшипники помимо основной конструкции, показанной на рис. 3.6 (а) имеют различные конструктивные исполнения (или разновидности). К их числу относятся подшипники с канавкой на наружном кольце исполнения 5000 (рис. 3.6, б) для упорного кольца, что упрощает осевое фиксирование подшипника и позволяет производить сквозную обработку отверстий корпуса.

Подшипники с защитной шайбой с одной стороны исполнения 60000 (рис. 3.6, в) или с двух сторон исполнения 80000 используют при работе в незагрязненных или слабо загрязненных помещениях с целью защиты рабочей зоны подшипника от пыли и грязи.

Для работы в загрязненных помещениях используют подшипники со встроенными уплотнениями: односторонним исполнения 160000 или двухсторонним исполнения 180000 (рис. 3.6, г).

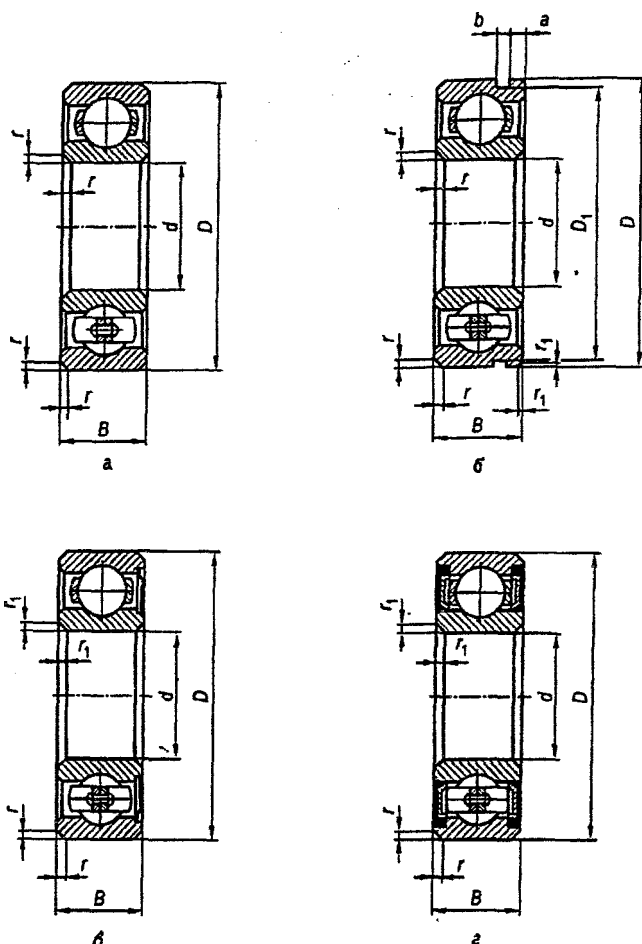
Подшипники с двумя защитными шайбами или уплотнениями являются подшипниками закрытого типа и поставляются заполненными пластичным смазочным материалом на заводе-изготовителе на весь срок службы. Это значительно облегчает техническое обслуживание подшипниковых узлов, особенно при установке подшипника в труднодоступных для смазывания местах конструкции. Следует отметить, что промывка таких подшипников перед монтажом недопустима. Специальных дополнительных уплотнений подшипники закрытого типа не требуют.

Сепараторы шариковых радиальных однорядных подшипников штампуют из тонколистовой стали, а в некоторых случаях – из латуни. Широко применяют корончатые сепараторы из полиамидных смол. И те и другие сепараторы базируются по телам качения.

Крупногабаритные подшипники, а также предназначенные для работы при высоких частотах вращения, имеют массивные сепараторы, базирование которых производится по бортам наружных колец. В качестве материала в данном случае используют пластмассы, бронзу, латунь, алюминиевые сплавы и др.

Подшипники стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 1 до 460 мм.

Примеры расшифровки условного обозначения подшипников шариковых радиальных однорядных:
204 – серия диаметров 2, серия ширин 0, основное конструктивное исполнение; диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника 20 мм; **305** – серия диаметров 3, серия ширин 0, основное конструктивное исполнение; диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника 25 мм.



а – основная конструкция (исполнение 0000); *б* – с канавкой на наружном кольце (исполнение 50000);
в – с одной защитной шайбой (исполнение 60000; с двумя защитными шайбами исполнение 80000);
г – с двухсторонним уплотнением (исполнение 180000);
 с односторонним уплотнением исполнение 160000

Рисунок 3.6 – Подшипники шариковые радиальные однорядные

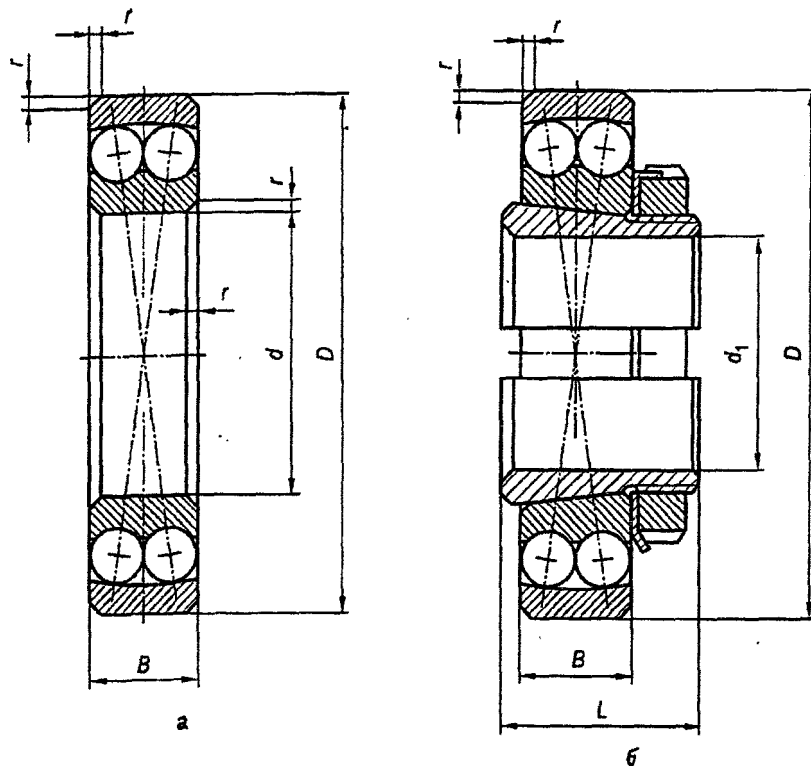
3.4.2 Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные

Тип подшипников 1.

Эти подшипники находят применение в опорах приводных валов конвейеров при установке подшипников в разных корпусах, опорах оси барабанов механизмов подъема грузов, опорах поворотных кранов, сателлитов планетарных передач, а также в различных механизмах, где наблюдается существенная несоосность посадочных мест для подшипников или когда неизбежны значительные прогибы валов или осей.

Шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники предназначены для восприятия радиальной нагрузки, а также небольших осевых нагрузок в обоих направлениях. Самоустанавливающаяся конструкция подшипника позволяет им нормально работать при перекосах внутреннего кольца до $2,5^\circ$ по данным [3] (по данным [2] перекося колец допускается до 4°).

Самоустанавливаемость подшипнику обеспечивает дорожка качения наружного кольца, выполненная по сферической поверхности, описанной из центра подшипника.



а – основная конструкция (исполнение 1000); б – с коническим отверстием внутреннего кольца для установки на валу с помощью закрепительной втулки (исполнение 11000)
Рисунок 3.7 – Подшипники шариковые радиальные сферические двухрядные

Помимо основной конструкции с цилиндрическим отверстием исполнения 1000 (рис. 3.7, а), изготавливаются подшипники с коническим отверстием внутреннего кольца (исполнение 11000) для установки на закрепительной втулке (рис. 3.7, б), которая в свою очередь устанавливается на цилиндрическом участке вала (гладком или выполненном с шейкой).

Сепараторы данных подшипников изготавливают штамповкой из тонколистовой стали или из полиамидных смол. У крупногабаритных подшипников сепараторы выполняют массивным (в основном латунными).

Подшипники стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 40 до 400 мм.

3.4.3 Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами

Тип подшипников – 2.

Эти подшипники предназначены главным образом для восприятия радиальных нагрузок. По быстроходности они почти не уступают шариковым радиальным однорядным, однако весьма чувствительны к перекосам колец. Даже небольшой перекос 1...2' приводит к существенному снижению ресурса подшипника.

Подшипник, представленный на рис. 3.8 (а) является основным для данного типа и обозначается 2000.

Подшипники без бортов на одном из колец (рис. 3.8, а, в) целесообразно использовать в качестве плавающей опоры, так как они допускают в определенных пределах осевые перемещения, компенсируя изменение длины вала вследствие температурных деформаций. Если на этом кольце выполнен с одной стороны борт (рис. 3.8, б, г), то такой подшипник фиксирует вал в одном осевом направлении и может кратковременно воспринимать небольшие нагрузки. Для фиксации вала в противоположном направлении во второй опоре обычно применяют такой же подшипник, но установленный в зеркальном отражении.

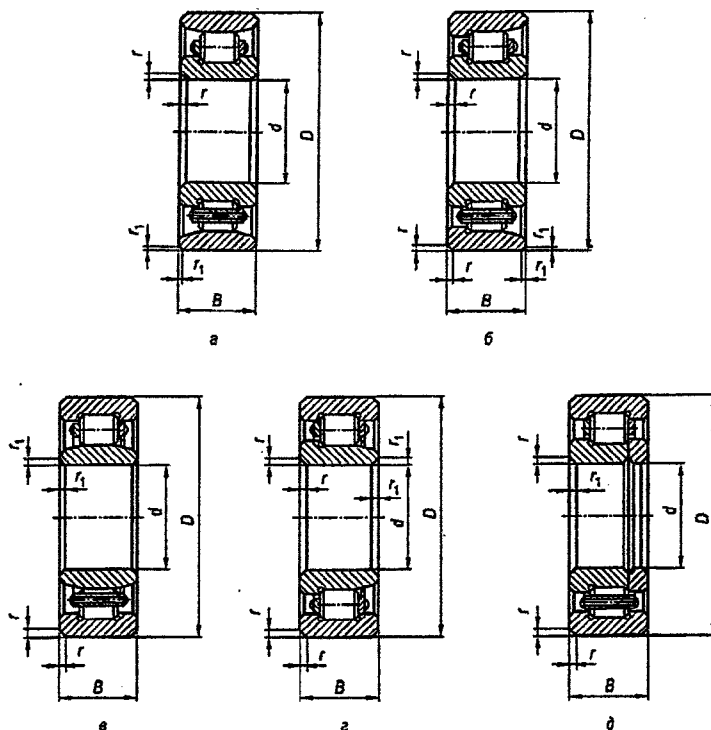
Функцию борта может выполнять упорное плоское кольцо (рис. 3.8, д). Подшипники с бортами на обоих кольцах могут воспринимать осевую нагрузку при условии, что она составляет не более 0,2...0,4 от радиальной в зависимости от размерной серии подшипника [2].

В тяжелонагруженных опорах станков и прокатных станов применяют двухрядные подшипники, которые обеспечивают высокую грузоподъемность и жесткость при относительно небольших радиальных габаритных размерах.

Сепараторы подшипников с короткими цилиндрическими роликами изготавливают как штампованными из листового металла, так и массивными из латуни, бронзы, полиамидных смол. Первые базируются по телам качения, вторые – по двухбортовому кольцу.

В диапазоне посадочных диаметров на вал от 15 до 260 мм подшипники стандартизованы.

Области применения: плавающие опоры валов, шпиндели металлорежущих станков, дорожно-транспортные машины, а также узлы различных механизмов, в которых требуется большая радиальная грузоподъемность.



а – основная конструкция (исполнение 2000); б – с однобортовым наружным кольцом (исполнение 12000); в – без бортов на внутреннем кольце (исполнение 32000); г – с однобортовым внутренним кольцом (исполнение 42000); д – с однобортовым внутренним кольцом и плоским упорным кольцом (исполнение 92000)

Рисунок 3.8 – Подшипники роликовые радиальные с короткими цилиндрическими роликами

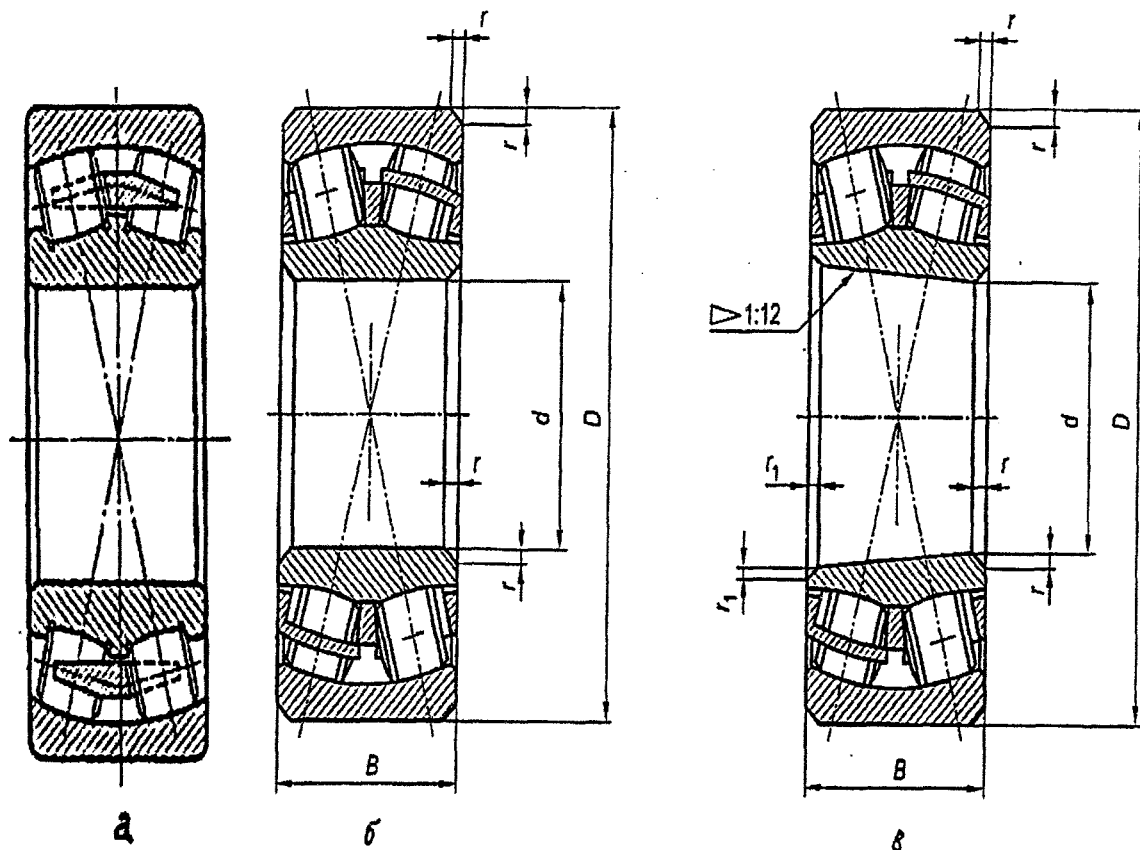
Пример расшифровки условного обозначения подшипников радиальных с короткими цилиндрическими роликами однорядных: 2104 – серия диаметров 1, серия ширины 0; основное конструктивное исполнение; диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника 20 мм; 2204 – серия диаметров 2, серия ширины 0, основное конструктивное исполнение; диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника 20 мм.

3.4.4 Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные

Тип подшипников – 3.

Области применения этих подшипников те же, что и шариковых радиальных сферических двухрядных (рис. 3.7). Однако от последних они отличаются большей грузоподъемностью, но меньшей быстроходностью.

Подшипники являются самоустанавливающимися. Они очень чувствительны к осевым нагрузкам (двухсторонняя осевая нагрузка не должна превышать 25 % от неиспользованной допустимой радиальной нагрузки).



а – основная конструкция (исполнение 30000); б – с безбортовым внутренним кольцом и цилиндрическим отверстием (исполнение 53000); в – с безбортовым внутренним кольцом и коническим отверстием (исполнение 153000)

Рисунок 3.9 – Подшипники роликовые радиальные сферические двухрядные

Основное конструктивное исполнение данных подшипников – 3000 (двухрядный подшипник с бортами на внутреннем кольце и цилиндрическим отверстием), см. рис. 3.9 (а).

Помимо основного исполнения изготавливают также двухрядные подшипники с безбортовым внутренним кольцом и цилиндрическим отверстием исполнения 53 000 (рис. 3.9, б), а также с коническим отверстием исполнения 153 000 (рис. 3.9, в). Последние предназначены для установки на валу с помощью закрепительных втулок.

Сепараторы подшипников выполняют как штампованными из стали или латуни, так и массивными из бронзы, латуни и полиамидных смол.

В диапазоне посадочных диаметров на вал от 40 до 400 мм подшипники стандартизованы.

3.4.5 Подшипники роликовые радиальные с игольчатыми роликами

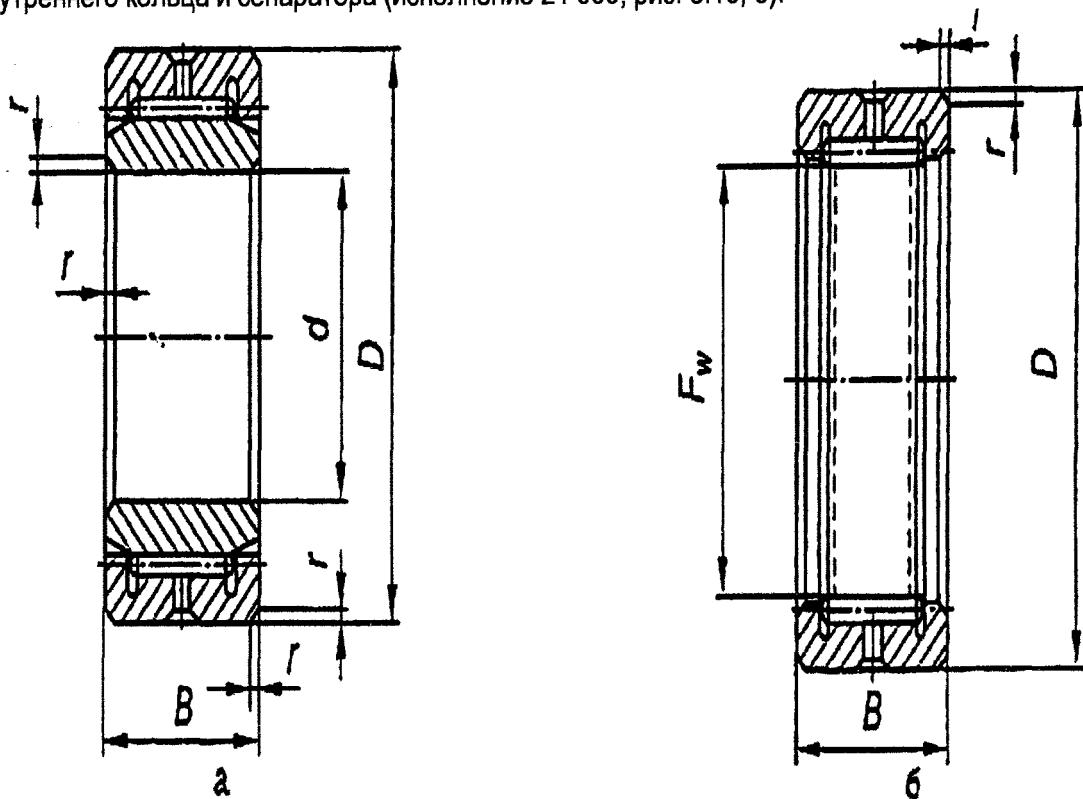
Тип подшипников – 4.

Радиальные роликовые подшипники с игольчатыми роликами (или иглами) имеют отношение длины роликов к их диаметру больше четырех и предназначены для восприятия только радиальной нагрузки. Осевые нагрузки эти подшипники не воспринимают и осевое положение вала не фиксируют. Перекосы внутренних колец относительно наружных у них недопустимы. По сравнению с шариковыми радиальными подшипниками они имеют существенно меньшие радиальные габариты при значительно большей грузоподъемности.

Игольчатые подшипники применяют при ограниченных радиальных размерах, а также при колебательном движении: крестовины шарниров карданных валов автомобилей и тракторов, планетарные передачи, кривошипные механизмы, рычаги управления и т. д.

Для увеличения нагрузочной способности иглы часто устанавливают без сепаратора, что позволяет увеличить их число (исполнение 74 000, рис. 3.10, а).

Для уменьшения радиальных габаритных размеров широко применяют игольчатые подшипники без внутреннего кольца и сепаратора (исполнение 24 000, рис. 3.10, б).



а – с наружным и внутренним кольцами без сепаратора (исполнение 74 000);

б – без внутреннего кольца и сепаратора (исполнение 24 000)

Рисунок 3.10 – Подшипники роликовые радиальные с игольчатыми роликами

Кольца подшипников могут изготавливаться массивными (точеными) или штампованными из тонколистовой стали.

3.4.6 Подшипники роликовые радиальные с витыми роликами

Тип подшипников – 5.

Эти подшипники предназначены для восприятия только радиальной нагрузки. Они могут воспринимать ударные нагрузки, действие которых смягчается податливостью роликов. Преимущество этих подшипников в том, что при ударах и толчках, а также при возможном перекосе роликов во время работы, последние, благодаря своей конструкции, предохраняются от поломки. Ролики изготавливают навивкой из ленты прямоугольного сечения.

Осевую нагрузку данные подшипники не воспринимают, осевое положение вала не фиксируют. Допускают некоторый (до 30') перекося внутреннего кольца относительно наружного вследствие упругих деформаций витых роликов. Отличаются малой чувствительностью к загрязнению внешней среды.

Области применения: тихоходные узлы, не требующие точности вращения (сельхозмашины, опоры катков рольгангов прокатных станков).

В ответственных узлах эти подшипники не применяются.

3.4.7 Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные

Тип подшипников – 6.

Эти подшипники предназначены для восприятия комбинированной нагрузки: радиальной и одно-сторонней осевой.

Осевая грузоподъемность этих подшипников зависит от угла контакта α , представляющего собой угол между плоскостью центров шариков и прямой, проходящей через центр шарика и середину площадки контакта шарика с дорожкой качения.

Подшипники выпускаются с углами контакта $\alpha = 12...40^\circ$. Подшипники с углом контакта $\alpha = 36^\circ$ и более применяют только в качестве сдвоенных.

В отличие от шариковых радиальных однорядных подшипников в радиально-упорных подшипниках на одном из колец выполнен скос (срез), что позволяет закладывать в подшипник больше шариков того же диаметра. Однако нагрузка от одного кольца к другому передается под углом. Поэтому при действии на подшипник радиальной нагрузки появляется осевая составляющая.

В качестве основной конструкции принят однорядный разъемный подшипник со съёмным наружным кольцом и углом контакта $\alpha = 12^\circ$ (исполнение 6000).

Однако наибольшее распространение получили неразъемные однорядные радиально-упорные подшипники со скосом на наружном кольце и углом контакта α (рис. 3.11, а):

исполнение 36000 – $\alpha = 12^\circ$;

исполнение 46000 – $\alpha = 26^\circ$;

исполнение 66000 – $\alpha = 36^\circ$.

Кроме этого, выпускаются подшипники со скосом на внутреннем кольце и углом контакта α (рис. 3.11, б):

исполнение 36000К – $\alpha = 15^\circ$;

исполнение 46000К – $\alpha = 25^\circ$.

В диапазоне посадочных диаметров на вал от 3 до 320 мм эти подшипники стандартизованы. Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники с разъемным внутренним кольцом (рис. 3.12, а) предназначены для восприятия радиальной и осевых нагрузок в обоих направлениях. Конструкция подшипника позволяет сократить осевые размеры узла и при монтаже не требует регулирования. Наибольшее распространение эти подшипники получили в авиационной промышленности.

Шариковые радиально-упорные однорядные подшипники с разъемным наружным кольцом (рис. 3.12, б) воспринимают радиальную и осевые нагрузки в обоих направлениях и также не требуют регулирования.

Подшипники с разъемным внутренним кольцом стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 10 до 340 мм, а подшипники с разъемным наружным кольцом – в диапазоне диаметров от 45 до 130 мм.

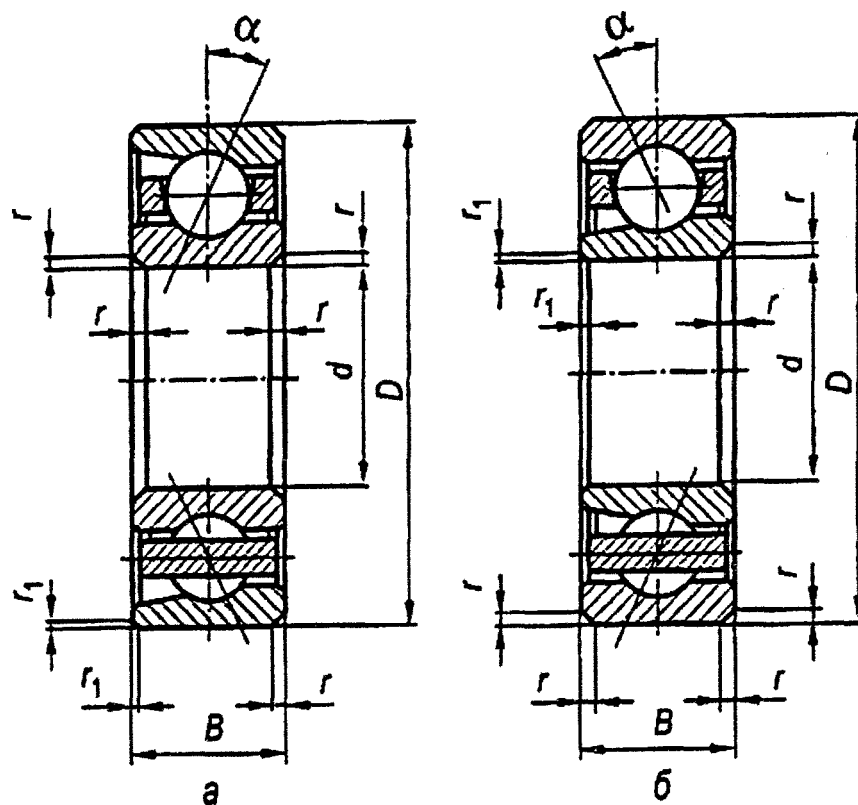
Для восприятия осевых нагрузок обоих направлений и при ограниченных диаметральных размерах применяют сдвоенные радиально-упорные подшипники с кольцами без разъемов (рис. 3.13). Подшипники специально комплектуют на заводе-изготовителе. На кольцах этих подшипников наносят специальные метки для правильной установки подшипников в узел. В случае выхода из строя одного подшипника заменяют весь комплект [2].

Для восприятия осевых нагрузок обоих направлений используют подшипники, сдвоенные по схемам Х (рис. 3.13, а) или О (рис. 3.13, б). Эти подшипники не требуют регулирования при монтаже.

При больших осевых нагрузках одного направления и стесненных габаритных размерах в радиальном направлении, а также для скоростных опор используют схему Т (от слова тандем) (рис. 3.13, в). Данная схема установки подшипников требует регулирования осевого зазора при монтаже.

Комплектация сдвоенных подшипников, особенно по схеме О, обеспечивает повышенную угловую жесткость опоры при прогибах вала.

Область применения сдвоенных подшипников – шпиндели шлифовальных станков, фиксирующие опоры валов-червяков, центрифуги и т. д.



а – со скосом на наружном кольце с углом контакта α $\alpha = 12^\circ$ (исполнение 36 000); $\alpha = 26^\circ$ (исполнение 46 000); $\alpha = 36^\circ$ (исполнение 66 000); б – со скосом на внутреннем кольце с углом контакта α $\alpha = 15^\circ$ (исполнение 36 000 К); $\alpha = 25^\circ$ (исполнение 46 000 К)
Рисунок 3.11 – Подшипники шариковые радиально-упорные однорядные

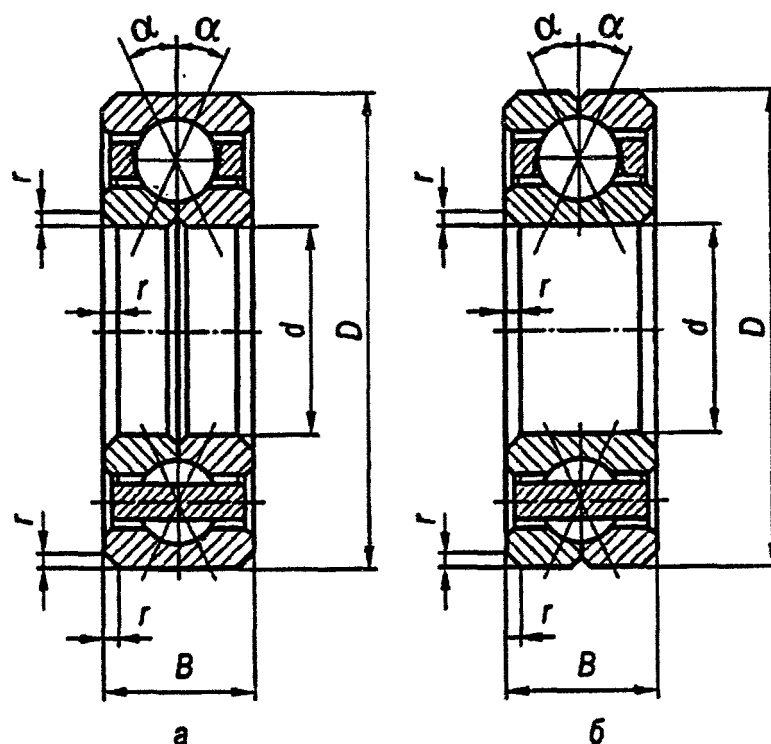
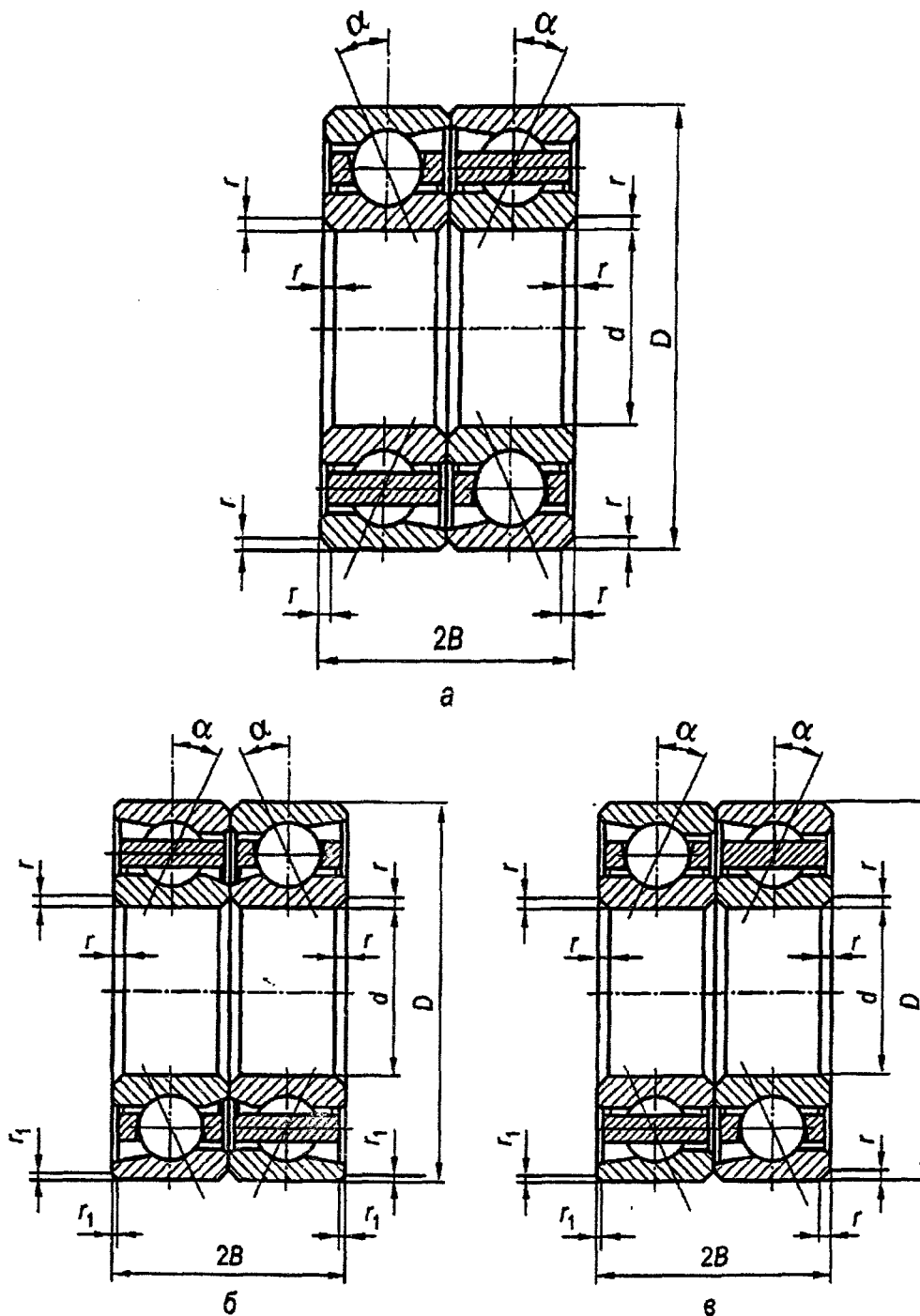


Рисунок 3.12 – Подшипник шариковый радиально-упорный с разъемным внутренним (а) и наружным (б) кольцом



а – схема X; б – схема O; в – схема T
Рисунок 3.13 – Схемы установки сдвоенных подшипников

3.4.8 Подшипники роликовые радиально-упорные с коническими роликами

Тип подшипников – 7.

Однорядный подшипник (рис. 3.14, а) предназначен для восприятия совместно действующих радиальной и односторонней осевой нагрузок. Без осевой нагрузки этот подшипник работать не может.

Однорядные подшипники применяют в редукторах с цилиндрическими косозубыми, коническими и червячными передачами. Подшипники являются разъемными и требуют регулирования осевого зазора.

При проектировании узлов с коническими роликоподшипниками следует обращать внимание на установочные размеры (см. далее рис. 3.20), чтобы обеспечить свободное вращение сепаратора.

У большинства подшипников угол конуса наружного кольца α , называемый углом контакта, находится в пределах $10...18^\circ$ (основная конструкция исполнения 7000). Однако выпускают подшипники

с увеличенными углами контакта ($\alpha = 20...30^\circ$) исполнения 27 000, которые способны воспринимать повышенную осевую нагрузку. Обычно подшипники с углами контакта $\alpha = 25...30^\circ$ применяют только в качестве сдвоенных.

Подшипники повышенной грузоподъемности с $\alpha = 10...18^\circ$ имеют обозначение 7000 А, а с углами $\alpha \geq 20^\circ$ – обозначение 27000 А.

Помимо основной конструкции 7000 выпускают подшипники с бортом на наружном кольце исполнений 67 000 и 67 000 А (рис. 3.14, б), что позволяет производить сквозную расточку в стаканах (например, при установке валов конических шестерен) и корпусах.

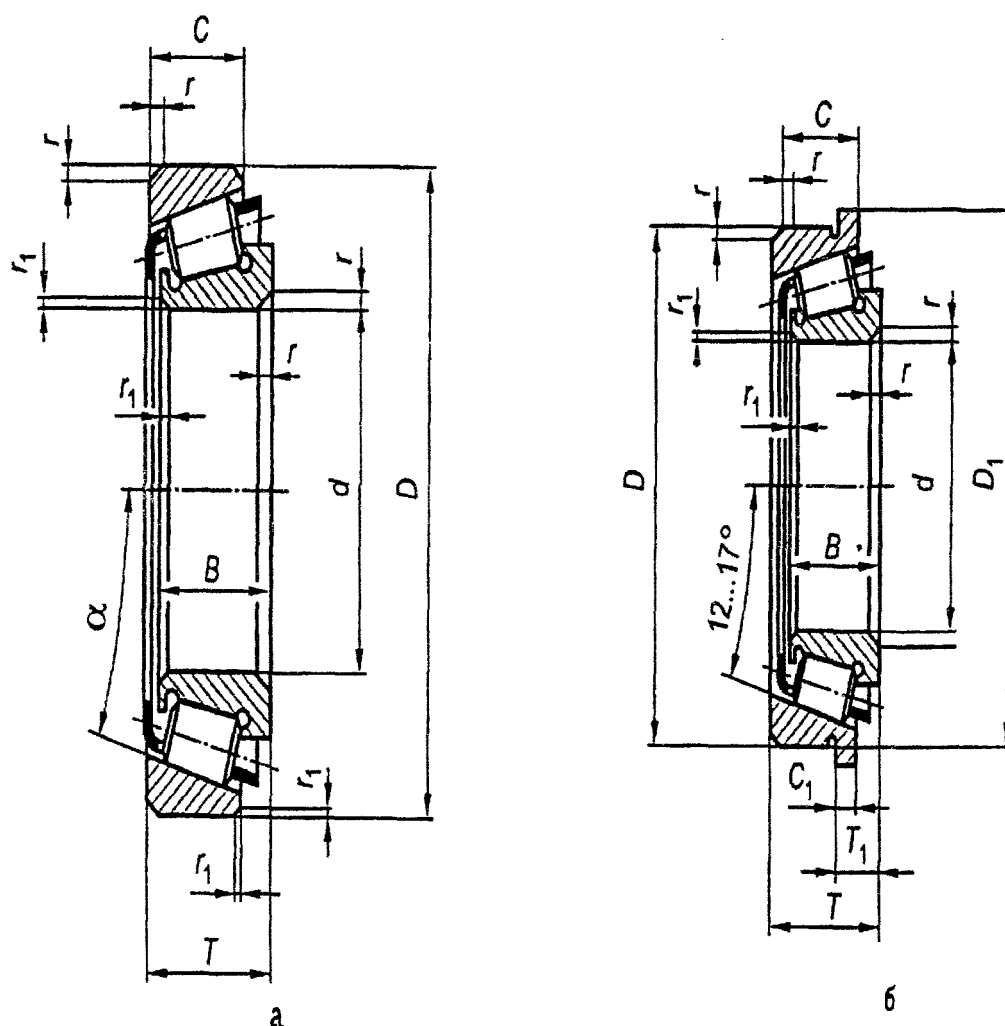
Два однорядных подшипника в паре могут работать только при радиальной нагрузке.

Для восприятия совместно действующих большой радиальной и двухсторонней осевой нагрузок изготавливают двухрядные подшипники с внутренним дистанционным кольцом исполнения 97 000 (рис. 3.15, а). Двухрядный подшипник с упорным бортом на наружном кольце имеет обозначение 697 000 (рис. 3.15, б).

Двухрядные подшипники не требуют осевого регулирования и могут работать без осевой нагрузки.

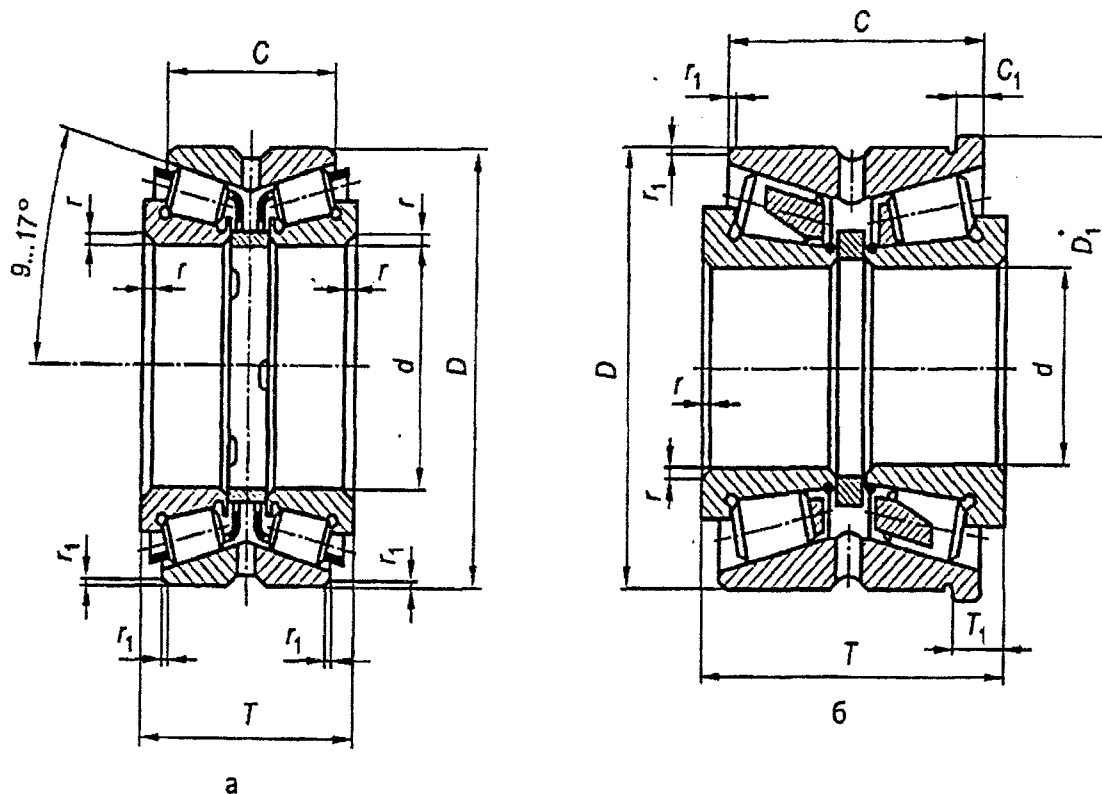
Сепараторы большинства подшипников выполняют штампованными из стали. Крупногабаритные подшипники выпускаются с массивными сепараторами.

Кроме редукторов, конические роликоподшипники применяют в коробках передач, шпинделях металлорежущих станков, колесах автомобилей, кранов, вагонеток и самолетов, а также в катках гусеничных тракторов и в задних мостах автомобилей и тракторов.



а – однорядный с углом контакта α : $\alpha = 10...18^\circ$ (исполнение 7000); $\alpha \geq 20^\circ$ (исполнение 27 000); однорядный повышенной грузоподъемности с углом контакта α : $\alpha = 10...18^\circ$ (исполнение 7000 А); $\alpha \geq 20^\circ$ (исполнение 27 000 А); б – однорядный с упорным бортом на наружном кольце (исполнение 67000, повышенной грузоподъемности – 67 000 А)

Рисунок 3.14 – Подшипники роликовые радиально-упорные с коническими роликами



а – двухрядный с внутренним дистанционным кольцом (исполнение 97 000); *б* – двухрядный с внутренним дистанционным кольцом и упорным бортом на наружном кольце (исполнение 697 000)
Рисунок 3.15 – Подшипники роликовые радиально-упорные с коническими роликами

Примеры расшифровки условного обозначения подшипников роликовых радиально-упорных конических однорядных: **7206А** – серия диаметров 2, серия ширин 0, основное конструктивное исполнение; диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника 30 мм; **7309** – серия диаметров 3, серия ширин 0, основное конструктивное исполнение; диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника 45 мм.

3.4.9 Подшипники шариковые упорные

Тип подшипников – 8.

Область применения этих подшипников – опоры колонн поворотных кранов, крюковые подвески грузоподъемных машин (для установки крюка), в червячных редукторах для установки вала червяка при больших осевых нагрузках, вращательные центры металлорежущих станков, выжимные подшипники сцеплений транспортных средств и т. п.

Одинарные упорные шарикоподшипники (рис. 3.16) предназначены для восприятия только осевых нагрузок и только в одном направлении. Размеры наружных и внутренних диаметров колец отличаются. На рис. 3.16 верхнее кольцо диаметром отверстия d предназначено для установки на вал по посадке с натягом, а нижнее – для установки в корпус. Подшипники отличаются высокой грузоподъемностью и сравнительно небольшими частотами вращения (ограничены центробежными силами и гироскопическими моментами, действующими на шарики). В диапазоне посадочных диаметров на вал от 10 до 480 мм одинарные упорные шарикоподшипники стандартизованы. Основная конструкция одинарного подшипника имеет исполнение 8000 Н. Буква Н в обозначении подшипника показывает, что диаметральные размеры свободного кольца (на рис. 3.16 – нижнего) соответствуют международному стандарту.

Двойные упорные шарикоподшипники (рис. 3.17) предназначены для восприятия только осевых нагрузок, но в обоих направлениях. Подшипники стандартизованы в диапазоне посадочных диаметров на вал от 20 до 120 мм. У двойного упорного подшипника на вал по посадке с натягом устанавливаются среднее кольцо (на рис. 3.17 диаметр посадочного отверстия обозначен d_2).

Сепараторы упорных шариковых подшипников (одинарных и двойных) изготавливают в основном штамповкой из стали, а также могут выполнять массивными из стали или бронзы.

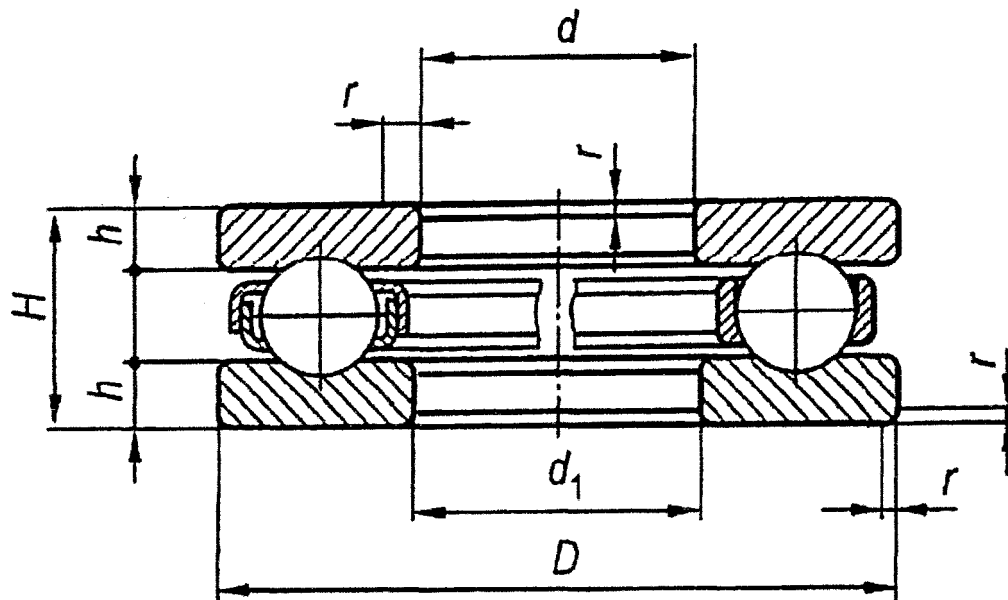


Рисунок 3.16 – Подшипник шариковый упорный одинарный исполнения 8000H ($d_1 \geq d + 2$)

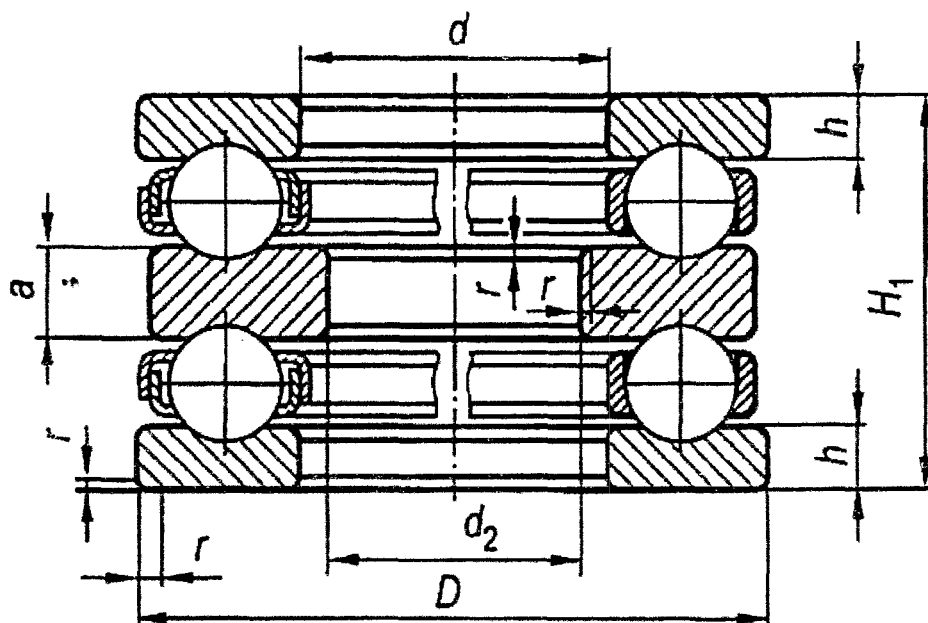


Рисунок 3.17 – Подшипник шариковый упорный двойной исполнения 38 000 H

3.4.10. Подшипники шариковые упорно-радиальные одинарные

Тип подшипников – 8 (как и шариковых упорных).

Эти подшипники предназначены для восприятия больших осевых нагрузок и только в одном направлении при малых потерях на трение, а также для одновременного восприятия больших односторонних осевых нагрузок и небольших радиальных. Однако чаще всего эти подшипники применяют для восприятия только осевых нагрузок.

Подшипники с углами контакта $\alpha = 45$ и 60° широко используются в узлах ходовых винтов станков и других механизмах, где требуется легкость вращения при больших осевых нагрузках. Данные подшипники допускают более высокие частоты вращения, чем упорные подшипники.

На рис. 3.18 показан шариковый радиально-упорный одинарный подшипник с углом контакта $\alpha = 60^\circ$ исполнения 168 000. В узлах машин широко применяются нестандартные подшипники данного типа.

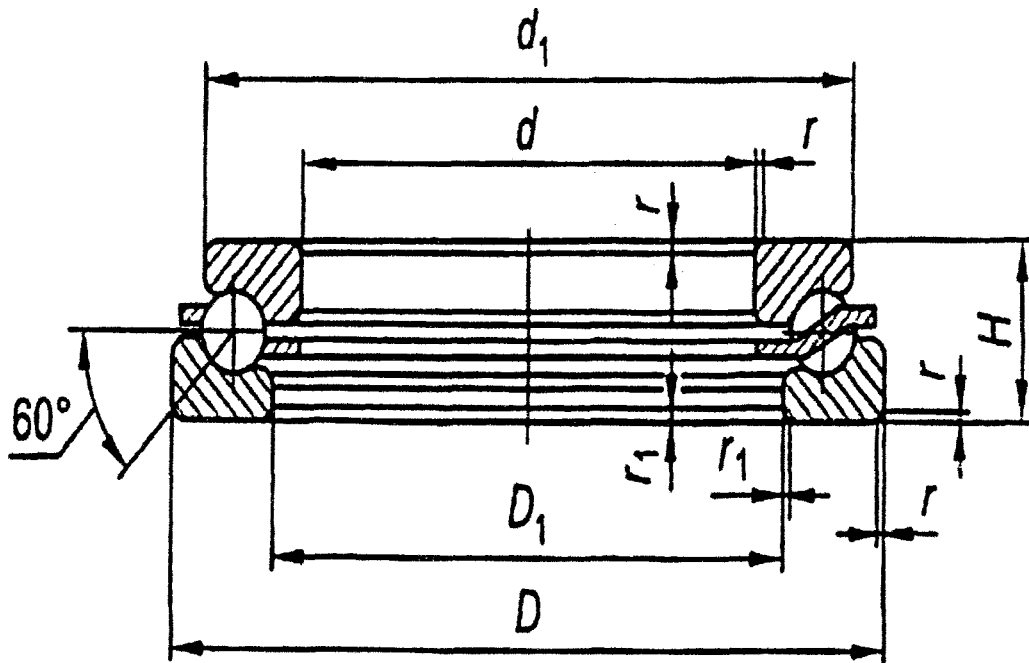


Рисунок 3.18 – Подшипник шариковый упорно-радиальный одинарный исполнения 168 000

3.4.11 Подшипники роликовые упорно-радиальные сферические

Тип подшипников – 9.

Эти подшипники предназначены для восприятия больших осевых нагрузок в одном направлении и одновременно небольших радиальных (до 0,5 осевой).

Упорно-радиальный роликовый сферический подшипник с бочкообразными роликами исполнения 39 000 показан на рис. 3.19. Подшипник имеет возможность некоторой самоустановки.

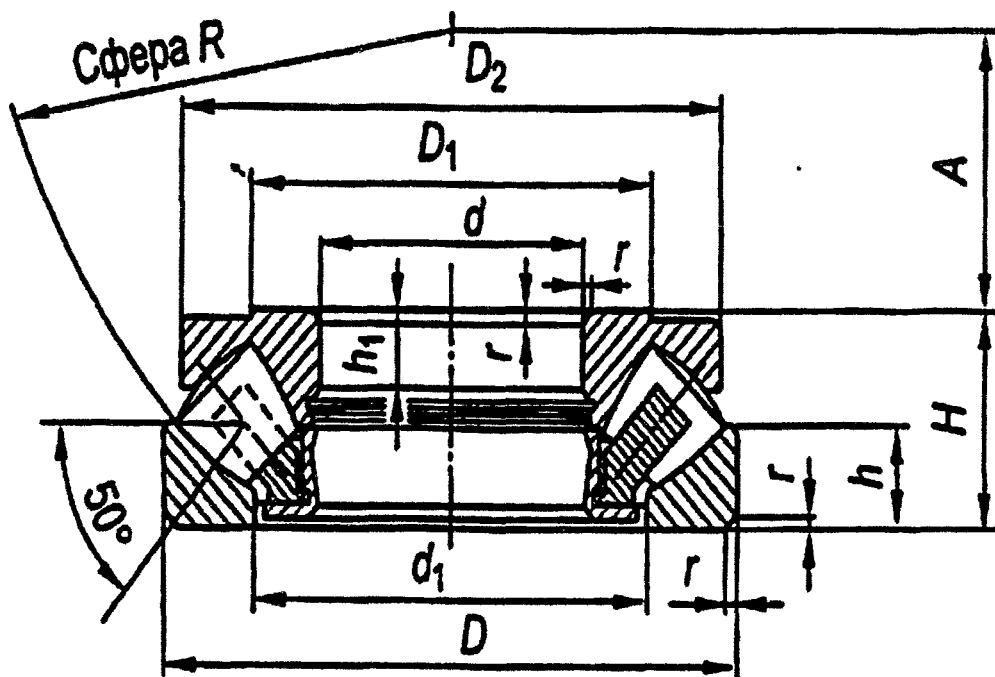


Рисунок 3.19 – Подшипник роликовый упорно-радиальный сферический исполнения 39 000

3.5 УСТАНОВОЧНЫЕ РАЗМЕРЫ И ОСЕВЫЕ ЗАЗОРЫ В ПОДШИПНИКАХ

При конструировании подшипниковых узлов должны быть обеспечены достаточные зазоры между деталями подшипника и поверхностями деталей, контакт с которыми не предусмотрен.

В узлах с регулируемыми подшипниками должна быть обеспечена возможность регулирования осевых зазоров при их монтаже.

Для радиальных и радиально-упорных шариковых подшипников, а также радиальных роликовых подшипников, зазоры между смежными деталями и торцами колец (рис. 3.20) должны быть не менее указанных в табл. 3.1.

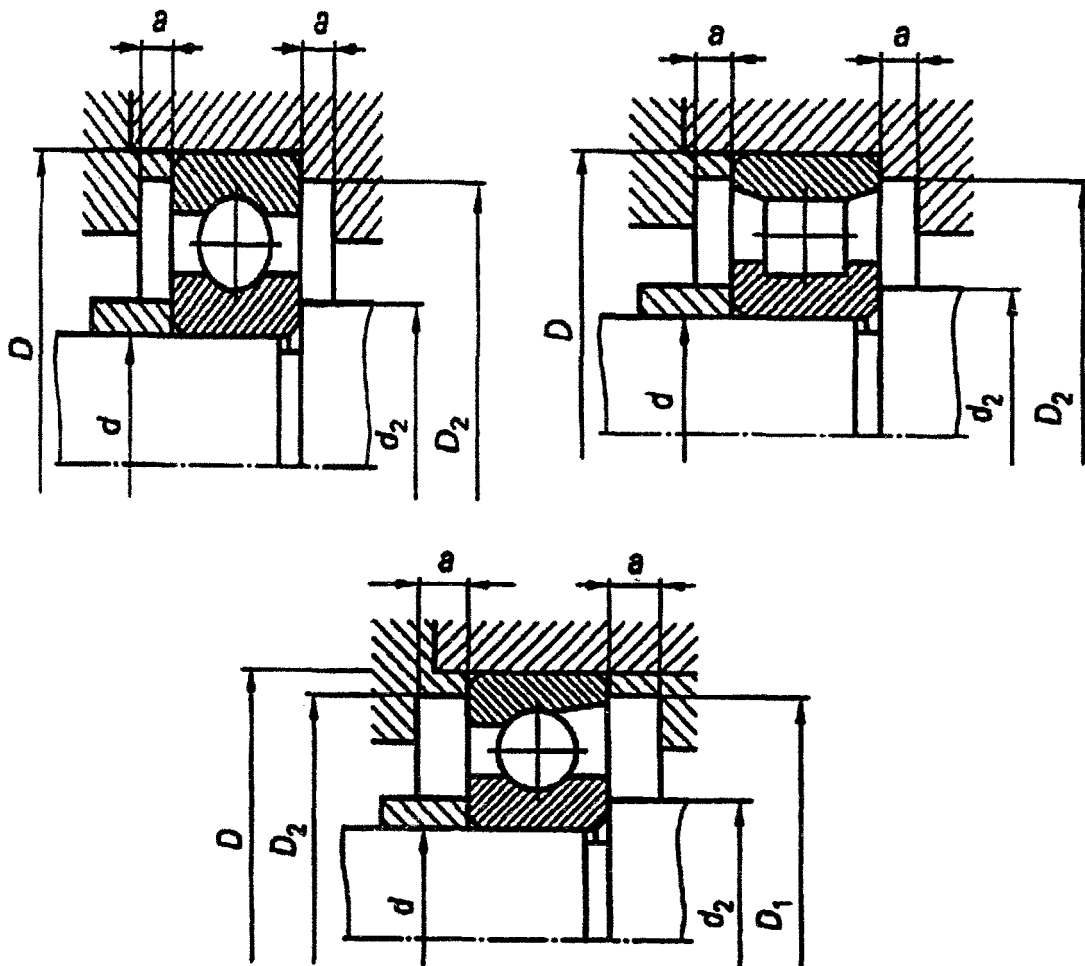


Рисунок 3.20 – Установочные размеры для подшипников качения

Таблица 3.1 – Минимальный боковой зазор для подшипника, мм

d	
12–50	2
55–120	3
125–240	4

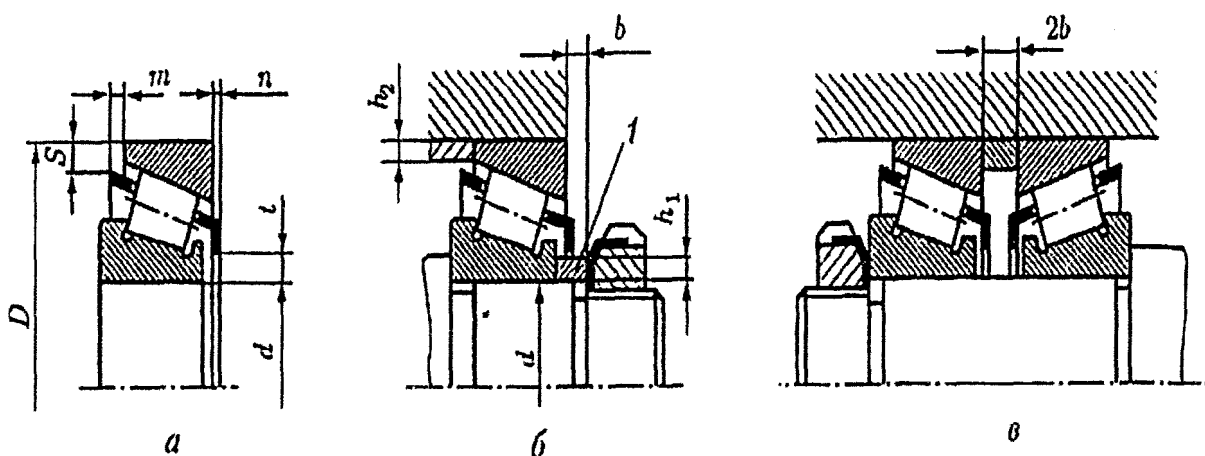
В роликовых радиально-упорных конических подшипниках сепаратор выступает за пределы наружного кольца на величины « m » и « n » (рис. 3.21, а). Это следует учитывать при установке смежных с подшипниками деталей, например, шлицевых гаек (рис. 3.21, б) или при установке двух рядом расположенных подшипников (рис. 3.21, в). Смежная деталь должна отстоять от торца наружного кольца конического роликоподшипника на $\delta = 3 \dots 6$ мм. Чтобы цилиндрические поверхности смежных деталей не касались сепаратора, высоты h_1 и h_2 не должны превышать значений [5]:

(3.1)

(3.2)

Для подшипников с углом контакта $\alpha \geq 20^\circ$:

(3.3)



1 – дистанционное кольцо

Рисунок 3.21 – Установочные размеры для роликовых радиально-упорных конических подшипников [2]

По этой причине, если крепление внутреннего кольца подшипника на валу производится круглой шлицевой гайкой (рис. 3.21, б), то между торцами внутреннего кольца подшипника и гайки устанавливают дистанционное кольцо 1. Примерно половиной своей длины кольцо 1 заходит на вал диаметром d , выполненный под установку подшипника, а оставшейся длиной перекрывает канавку для выхода инструмента при нарезании резьбы.

Предельные значения диаметров и (см. рис. 3.20) определяют по минимальной высоте заплечиков вала и корпуса (см. табл. 3.2):

(3.4)

(3.5)

Наибольшая галтель вала (корпуса) должна быть меньше координаты фаски кольца подшипника (см. табл. 3.2; здесь обозначена).

Таблица 3.2 – Размеры элементов вала (корпуса), мм

Координата фаски подшипника	Наибольшая галтель вала (корпуса)	Высота заплечиков вала (корпуса)
0,3–0,5	0,2	1,0
0,8	0,5	2,0
1,0	0,6	2,5
> 1,0	0,6	1,8

Примечания:
 1) для вала ;
 2) для корпуса

В нерегулируемых подшипниках, например радиальных, осевые зазоры между кольцами и телами качения созданы на заводе-изготовителе.

Регулирование осевого зазора в подшипниках проводится обычно при сборке подшипникового узла для регулируемых радиально-упорных подшипников (см. табл. 3.3 и 3.4).

Осевые зазоры в регулируемых радиально-упорных подшипниках устанавливаются при монтаже путем взаимного осевого перемещения их колец. Значение требуемого осевого зазора (осевой игры) зависит от размеров подшипников, расстояния между ними, угла контакта, а также разности температур корпуса и вала. В табл. 3.3 и 3.4 указаны осевые зазоры при расстоянии между подшипниками не более l_{max} и разности температур корпуса и вала не более 10...20 °С [2].

Таблица 3.3 – Осевые зазоры для регулируемых радиально-упорных шариковых подшипников

d , мм	Осевой зазор, мкм, при номинальном угле контакта α , равном		l_{max}
	10–16°	$\geq 20^\circ$	
До 30	20...40/30...50	10...20/ –	8d
Св. 30 до 50	30...50/40...70	15...30/ –	7d
Св. 50 до 80	40...70/50...100	20...40/ –	6d
Св. 80 до 120	50...100/60...150	30...50/ –	5d

Примечания

1) в числителе – для сдвоенных подшипников, в знаменателе – для разнесенных подшипников;
2) l_{max} – наибольшее расстояние между разнесенными подшипниками

Таблица 3.4 – Осевые зазоры для регулируемых конических радиально-упорных роликовых подшипников

d , мм	Осевой зазор, мкм, при номинальном угле конуса α , равном		l_{max}
	10–16°	$\geq 20^\circ$	
До 30	20...40/40...70	–	14d
Св. 30 до 50	40...70/50...100	20...40/ –	12d
Св. 50 до 80	50...100/80...150	30...50/ –	11d
Св. 80 до 120	80...150/120...200	40...70/ –	10d

Примечания:

1) в числителе – для сдвоенных подшипников, в знаменателе – для разнесенных подшипников;
2) l_{max} – наибольшее расстояние между разнесенными подшипниками

Способы регулирования осевого зазора зависят от конкретной конструкции подшипникового узла. Наиболее распространенными способами являются:

а) смещение наружных колец набором тонких металлических прокладок, устанавливаемых между фланцем привертной крышки и корпусом или стаканом;

б) смещение внутреннего кольца подшипника по валу шлицевой гайкой;

в) с помощью компенсаторных колец, устанавливаемых между наружным кольцом подшипника и закладной крышкой;

г) с помощью регулировочных винтов большого диаметра, вворачиваемых в закладную крышку и корпус.

Контролируют осевой зазор подшипниковых узлов индикатором часового типа путем измерения осевого перемещения вала из одного крайнего положения в другое.

Для сдвоенных радиально-упорных шариковых подшипников осевые зазоры не регулируют, так как заводы их поставляют с легким, средним и большим предварительным натягом в зависимости от требуемых условий работы.

Не требуют осевого регулирования при сборке и двухрядные конические роликоподшипники.

4 СМАЗЫВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ. КПД

Смазывание подшипников. Смазочные материалы в подшипниках уменьшают трение и шум, отводят теплоту, защищают подшипник от коррозии, заполняют зазоры в уплотнениях, обеспечивая герметизацию подшипникового узла.

Применяют жидкие и пластичные смазочные материалы.

Наиболее распространены **жидкие смазочные материалы**, так как подшипники смазывают тем же маслом, что и детали передач. В редукторах и коробках передач часто применяют подачу масла к подшипникам разбрызгиванием из масляной ванны. Масло разбрызгивается одним из быстро вращающихся колес. При окружной скорости колес ≥ 1 м/с брызгами масла покрыты все детали передач и внутренние поверхности стенок корпуса. Стекающее с колес, валов и со стенок корпуса масло попадает в подшипники, обеспечивая таким образом их смазывание.

Если доступ к подшипникам стекающего по стенкам корпуса масла затруднен, как, например, в конструкции вала конической шестерни (рис. 4.1), то используют различные конструктивные решения для облегчения доступа масла к подшипникам. Так, для смазывания подшипников вала конической шестерни на фланце корпуса в плоскости разреза делают канавки, а крышке корпуса скосы (рис. 4.1). В канавки со стенок крышки корпуса стекает разбрызгиваемое колесом масло и через отверстия в стакане попадает к подшипникам.

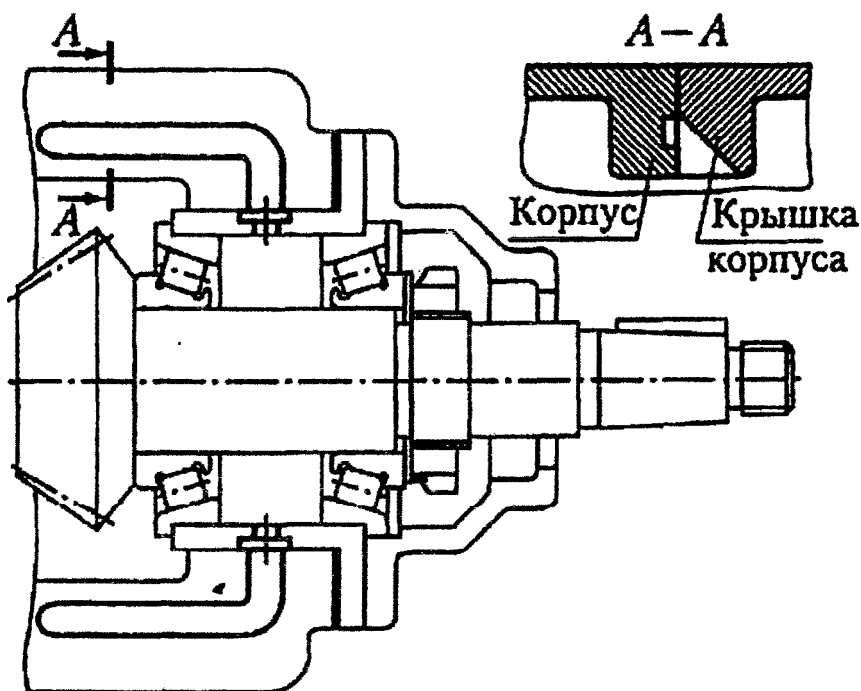


Рисунок 4.1 – Вариант конструктивного решения облегчения смазывания подшипников вала конической шестерни [5]

При окружной скорости колеса, погруженного в масляную ванну, менее 1 м/с не наблюдается разбрызгивания масла и, соответственно, невозможно смазывание подшипников разбрызгиванием. В этом случае в редуктор (коробку передач) встраивают насос. Насос подает масло в распределительное устройство, от которого по отдельным трубкам его подводят к подшипникам.

Если применение насоса нежелательно, то подшипники смазывают **пластичным смазочным материалом** (ПСМ). Обычно используют многоцелевой ПСМ *Литол-24* (ГОСТ 21150-87), который применяется при температурах от -40 до $+130$ °С и отличается высокой стабильностью. *Литол-24* относят к перспективному ПСМ, им рекомендуется заменять старые сорта ПСМ: *Солидол С*, *Пресс-солидол С*, *Солидол Ж* и *Пресс-солидол Ж*.

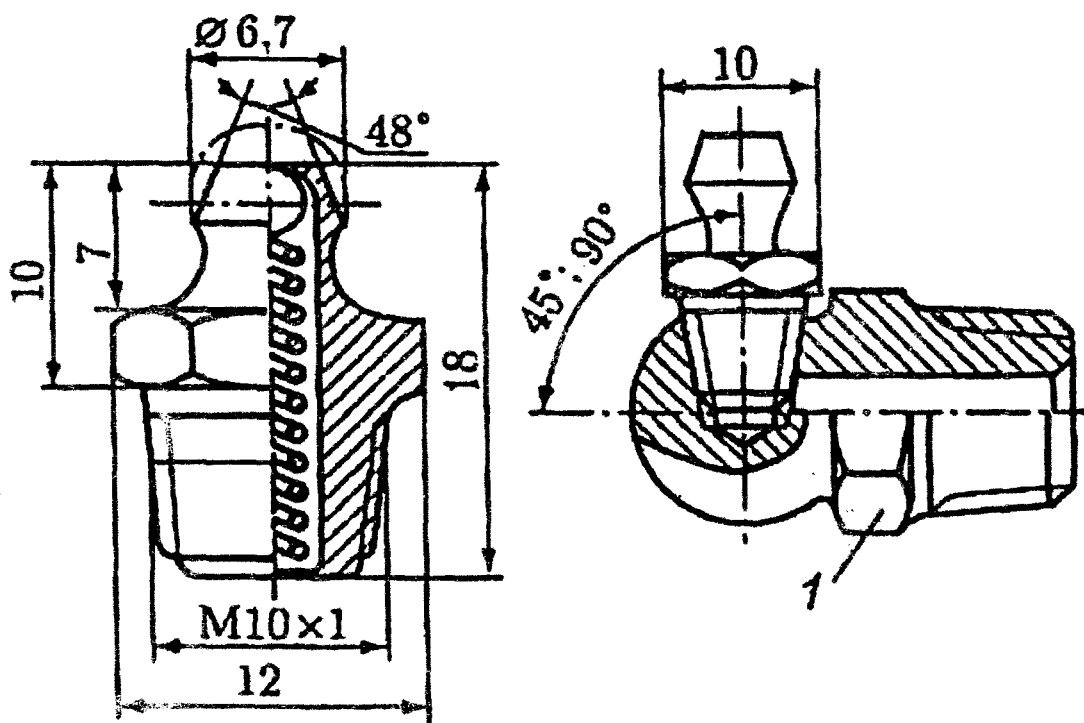
К многоцелевым ПСМ относят и ЦИАТИМ - 221 (ГОСТ 9433 – 80), который может использоваться при температурах от -60 до $+150$ °С (его также используют и при работе в вакууме).

К морозостойкому сорту общего назначения относится ПСМ ЦИАТИМ-201 (ГОСТ 6267 – 74), предназначенный для работы при температурах от –60 до +90 °С.

При смазывании подшипников пластичным смазочным материалом открытые подшипники (без встроенных защитных шайб или уплотнений) в обязательном порядке должны быть снабжены внутренними уплотнениями (мазеудерживающими или контактными уплотнительными шайбами). Смазочный материал должен занимать 1/2... 1/3 объема свободного пространства корпуса подшипникового узла.

Для подачи в подшипники пластичного смазочного материала применяют пресс-масленки (рис. 4.2). Смазочный материал подают под давлением специальным шприцем. В некоторых случаях для удобства подвода шприца применяют переходной штуцер 1 (рис. 4.2).

Значительно упрощает конструкцию узлов машин применение подшипников качения с двумя уплотнениями (например, шариковых радиальных, тип 180000, ГОСТ 8882 - 75) или защитными шайбами (тип 80000, ГОСТ 7242 – 81), смазочный материал в которые заложен при изготовлении и сохраняется в течении всего срока эксплуатации подшипника [4, 5].



1 – переходной штуцер

Рисунок 4.2 – Пресс-масленка для подачи пластичного смазочного материала в корпус подшипникового узла

КПД. В подшипниках качения наряду с трением качения наблюдается трение скольжения тел качения о сепаратор, а также скольжение в уплотнениях и в смазочном материале. Для одной пары подшипников качения принимают КПД = 0,99 ... 0,995.

5 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

На основании изучения материала, изложенного в п. 2...4, а также изучения конструкции образцов подшипников, подшипниковых узлов цилиндрических и червячных редукторов, студент составляет отчет, который должен содержать: **тема лабораторной работы, ответы на контрольные вопросы и задания.**

Контрольные вопросы и задания

1. Перечислите элементы подшипниковых узлов.
2. Назначение крышек подшипников, их виды.
3. Назначение уплотнительных устройств, виды уплотнений.
4. Примеры внешних уплотнений. Примеры внутренних уплотнений.

5. Укажите, что используется для крепления внутренних колец подшипников на валах.
6. Укажите, что используется для крепления наружных колец подшипников в корпусе.
7. Назначение подшипников качения (кратко), перечислите основные детали подшипника качения.
8. Достоинства подшипников качения. Чему равен КПД подшипника качения?
9. Недостатки подшипников качения.
10. Основное обозначение подшипников качения с внутренними диаметрами от 20 до 500 мм (рис. 3.3).
11. Как отличаются по размерам подшипники разных серий ширины с одинаковым диаметром отверстия? Как отличаются по размерам подшипники разных серий диаметров с одинаковым диаметром отверстия? Какие параметры определяют размерную серию подшипника?
12. Заполните таблицу 5.1 с основными характеристиками подшипников.
13. Для варианта, указанного преподавателем (см. таблицу 5.3), выполните расшифровку условного обозначения подшипников в соответствии с таблицей 5.2.
14. Какие требования предъявляются к конструкции и размерам корпуса и вала в подшипниковых узлах? Что они должны обеспечить? Как создаются требуемые радиальные и осевые зазоры в нерегулируемых подшипниках качения?
15. Укажите способы регулирования осевого зазора для регулируемых радиально-упорных подшипников. Как контролируют осевой зазор в подшипниковых узлах?
16. Какие функции выполняют смазочные материалы в подшипниках качения?
17. Когда применяют пластичные смазочные материалы (ПСМ) для смазывания подшипников? Приведите примеры ПСМ. Какие уплотнения применяют в подшипниках при использовании ПСМ. Что применяется для подачи ПСМ в подшипники?
18. Когда применяют жидкие смазочные материалы для смазывания подшипников? Какие способы подачи масла используют.

Таблица 5.1 – Характеристика основных типов подшипников (пример заполнения)

Тип подшипника (в соответствии с пп. 3.4.1–3.4.10)	Воспринимаемая нагрузка (радиальная, осевая в одном направлении и т. п.)	Пример условного обозначения (исполнения)	Особенности конструкции или область применения (кратко)
Подшипники шариковые радиальные однорядные	Радиальная	204 305	простота конструкции, невысокая стоимость, могут воспринимать небольшие осевые нагрузки в обоих направлениях
....			

Таблица 5.2 – Расшифровка условного обозначения подшипников (вариант № ___)

№ п/п	Условное обозначение подшипника	Тип подшипника	Серия диаметров	Серия ширины	Диаметр d отверстия внутреннего кольца подшипника, мм
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					

Таблица 5.3 – Исходные данные для расшифровки условного обозначения подшипников

Вариант	Подшипник 1	Подшипник 2	Подшипник 3	Подшипник 4	Подшипник 5
1.	207	306	7206A	7304A	2104
2.	208	307	7207A	7305A	2107
3.	209	308	7208A	7306	2110
4.	210	309	7209	7307A	2111
5.	211	310	7210A	7308A	2113

Вариант	Подшипник 1	Подшипник 2	Подшипник 3	Подшипник 4	Подшипник 5
6.	212	311	7211	7309	2204
7.	213	312	7212A	7310A	2205
8.	214	313	7214A	7311A	2206
9.	215	314	7215	7312	2207
10.	216	315	7216A	7313A	2209
11.	217	316	7217A	7314A	2307
12.	218	317	7218A	7315A	2306
13.	219	318	7219A	7317	2212
14.	220	319	7220	7318A	2211
15.	217	320	7204A	7320	2210

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания к лабораторной работе «Изучение конструкций подшипниковых узлов» по курсу «Детали машин» для студентов технических специальностей / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет, кафедра "Техническая эксплуатация автомобилей"; сост. Ф. М. Санюкевич. – Брест : БрГТУ, 2011. – 66 с.
2. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учеб. пособие / Б. А. Байков [и др.]; под ред. О. А. Ряховского, О. П. Леликова. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 400 с.
3. Черменский, О. Н. Подшипники качения: Справочник – каталог / О. Н. Черменский, Н. Н. Федотов. – М. : Машиностроение, 2003.- 576 с.
4. Леликов, О. П. Основы расчета и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин» / О. П. Леликов. – М. : Машиностроение, 2007. – 464 с.
5. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.

Учебное издание

Составители:

*Монтик Сергей Владимирович
Березуцкая Светлана Олеговна
Волощук Антон Анатольевич*

Методические указания

к выполнению лабораторной работы
«Изучение конструкций подшипниковых узлов»
по дисциплине **«Детали машин»**
для студентов технических специальностей

Часть 1

Ответственный за выпуск: Монтик С. В.
Редактор: Митлошук М. А.
Компьютерная вёрстка: Рогожина Ю. А.
Корректор: Дударук С.А.

Подписано в печать 26.10.2021 г. Формат 60x84 1/8. Бумага «Performer».
Гарнитура «Times New Roman». Усл. печ. л. 4,18. Уч. изд. л. 4,5. Заказ №1158. Тираж 40 экз.
Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный
технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г.