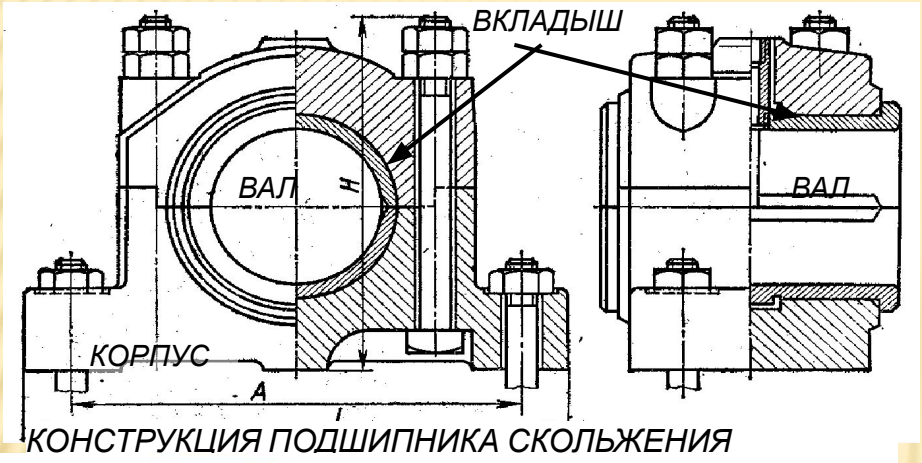
ПОДШИПНИКИ

Лекция №11

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ

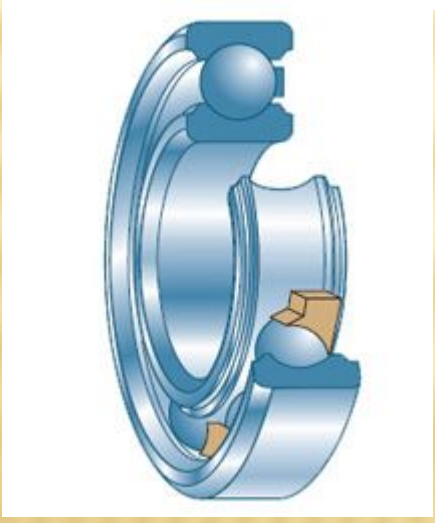
Подшипники служат опорой для валов и вращающихся осей.

Подшипники по виду трения различают:



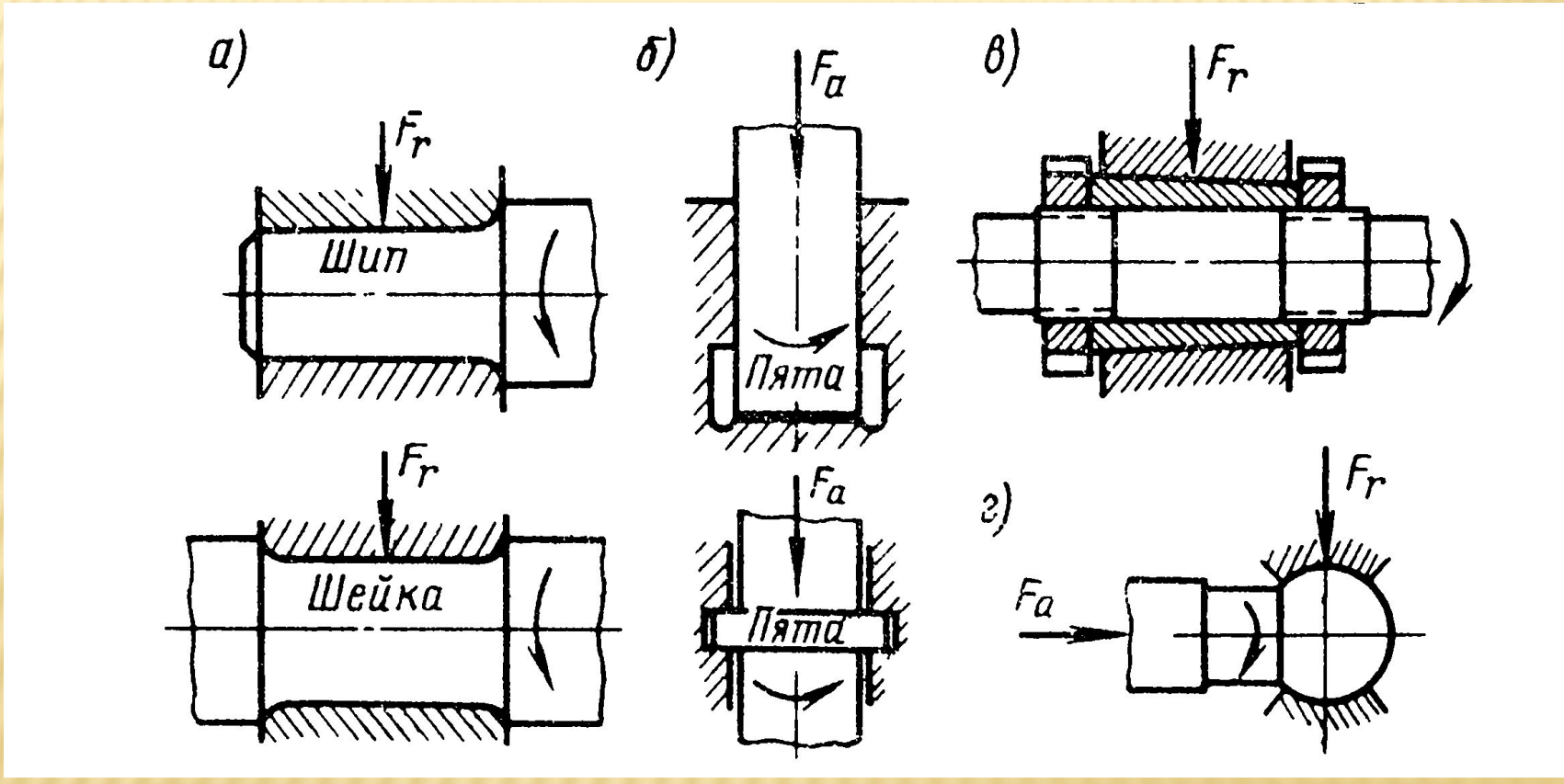
КОНСТРУКЦИЯ ПОДШИПНИКА СКОЛЬЖЕНИЯ

-подшипники скольжения, у которых опорный участок вала (цапфа - шип, шейка, пята) скользит по поверхности подшипника.



-подшипники качения, у которых трение скольжения заменяют трением качения посредствам установки шариков или роликов между опорными поверхностями подшипника и вала.

В зависимости от направления воспринимаемой нагрузки различают подшипники :
радиальные, служат для восприятия радиальных нагрузок;
упорные, или подпятники, служащие для восприятия осевых нагрузок - вдоль геометрических осей валов;
радиально-упорные, служащие для восприятия одновременно радиальных и осевых нагрузок.

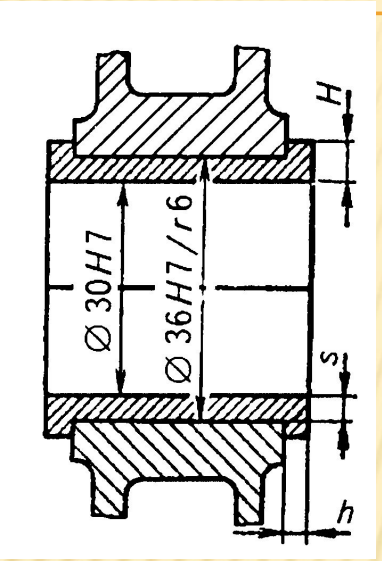


ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

Подшипники скольжения имеют ограниченное применение по сравнению с подшипниками качения и применяются в следующих случаях:

- для очень быстроходных валов (долговечность подшипников качения очень мала);
- для точной установки валов и осей;
- для валов очень большого диаметра (нет подшипников качения);
- для обеспечения условий сборки, когда подшипники должны быть разъемными, например, для коленчатого вала;
- при работе подшипников в воде, агрессивной среде и т.п. (подшипники качения неработоспособны);
- для тихоходных валов неответственных механизмов, когда подшипники скольжения оказываются проще по конструкции и дешевле подшипников качения.
- Недостатки:
- требуют постоянного надзора за состоянием смазки и нагревом;
- значительные потери в период пуска и плохой смазки;
- большой расход смазочного материала;

ВКЛАДЫШИ



Основным элементом подшипника является вкладыш .

Их устанавливают в специальном корпусе подшипника или непосредственно в корпус машины (станине, раме и т.д.).

Конструкции подшипников скольжения разнообразны и зависят от конструкции машины, в которой устанавливают подшипник. Чаще всего подшипники не имеют специального корпуса и их размещают непосредственно в станине или раме машины.

Корпус и вкладыш могут быть неразъемными или разъемными.

Разъем вкладыша выполнен перпендикулярно к нагрузке или близко к этому положению. При этом не нарушается непрерывность несущего масляного слоя.

Неразъемные подшипники проще по конструкции и дешевле разъемных, но они неудобны при монтаже осей и валов. Поэтому эти подшипники обычно применяют для кольцевых цапф соей и валов небольших размеров.

Разъемные подшипники очень удобны при монтаже осей и валов и допускают регулировку зазоров в подшипнике путем сближения крышки и основания. Поэтому преимущественное применение имеют разъемные подшипники скольжения.

.

МАТЕРИАЛЫ ВКЛАДЫША

Изнашиванию должен подвергаться вкладыш, а не цапфа вала, так как замена вала значительно дороже вкладыша.

Требования к вкладышам:

1) Достаточная износостойкость и высокая сопротивляемость заеданию.

2) Низкий коэффициент трения и высокая теплопроводность.

3) Высокая сопротивляемость хрупкому разрушению при действии ударных нагрузок и длительное сопротивление усталости.

Бронзы – оловянные, свинцовые, кремниевые, алюминиевые. Обладают высокими механическими характеристиками, но плохо прирабатываются и окисляют масло.

Чугун – хорошие антифрикционные свойства, но прирабатывается хуже, чем бронза (тихоходные и слабонагруженные подшипники). Наиболее применяемые – А4С – 1.

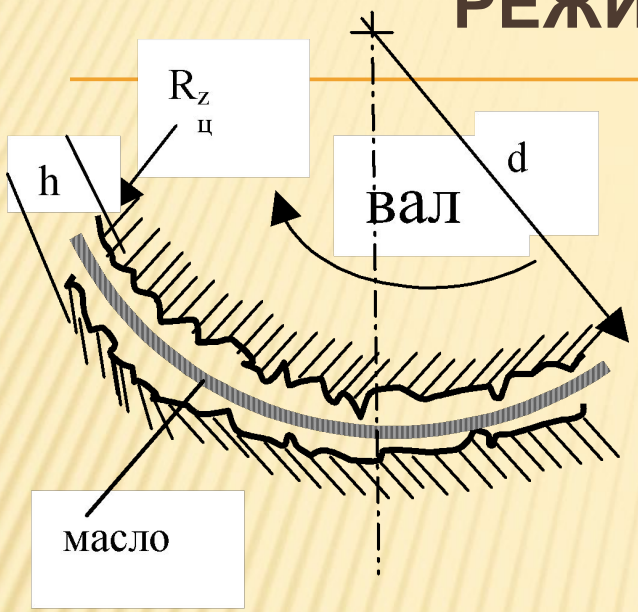
Баббит – на оловянной, свинцовой и др. основах – лучший материал для подшипников скольжения. Хорошо прирабатываются, мало изнашивает вал, стоек против заедания, не окисляет масло. Отрицательное свойство – хрупкость и высокая стоимость.

Пластмассы – на древесной (дсп) или хлопчатобумажной основе – текстоне. Дерево, резина и другие материалы могут работать при водяной смазке (гидротурбины).

Капроны – тонкий слой наносят на рабочую поверхность металлического вкладыша.

Металлокерамический вкладыш – прессованием при высоких температурах порошков бронзы или железа с добавлением графита, меди, олова или свинца. Неметаллические материалы устойчивы против заедания, хорошо прирабатываются, могут работать при смазывании водой, что имеет существенное значение подшипников насосов, пищевых машинах и т.д.

РЕЖИМЫ ТРЕНИЯ В ОПОРАХ



Трение в подшипнике определяет износ и нагрев подшипника , а также его К.П.Д.. Величина работы трения является основным показателем работоспособности подшипника.

В зависимости от толщины слоя смазочного материала различают жидкостное и полужидкостное трение

При жидкостном трении рабочая поверхность вала и вкладыша разделены слоем масла, толщена h которого больше суммы высот R_z неровностей поверхности, т.е. $h > R_{z\ цапфа} + R_{z\ подшипник.}$

Масло воспринимает внешнюю нагрузку, предотвращая соприкосновение рабочих поверхностей. т.е. их износ. Сопротивление движению в этом случае определяется только внутренним трением в смазочной жидкости.

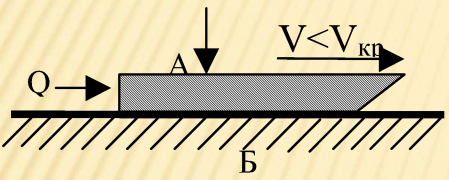
Величена коэффициент жидкостного трения располагается в пределах от 0.001 до 0.005.(эта величина может быть меньше коэффициента трения качения).

При полужидкостном трении в подшипнике будет смешанное одновременно жидкостное и сухое. Полужидкостное трение сопровождается износом трущихся поверхностей.

Граничное трение имеет место при небольших скоростях скольжения трущихся поверхностей , при этом толщина слоя смазки порядка 0.1мм.

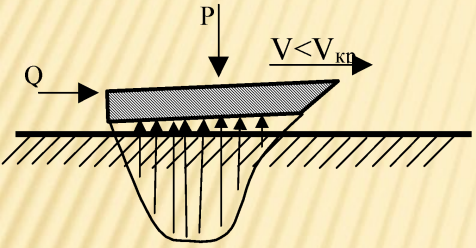
Самый благоприятный режим – режим жидкостного трения. Образование режима жидкостного трения является основным критерием расчета подшипников скольжения.

Исследование режима жидкостного трения в подшипниках основано на гидродинамической теории смазки.



Рассмотрим две пластины, залитые маслом и нагруженные силой P. Под действием силы Q, пластина А движется относительно Б со скоростью V

Если скорость мала, пластина А выжимает смазку с пластины Б, поверхности соприкасаются - полужидкостное трение.

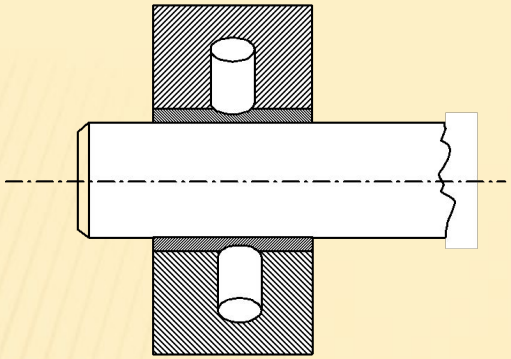


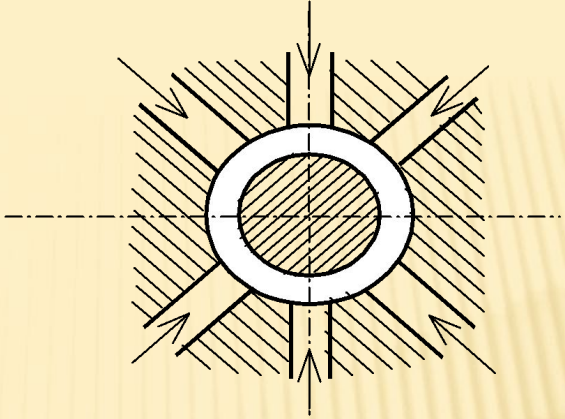
С увеличением скорости скольжения пластина А поднимается в масленом слое и принимает наклонное положение(глисер, водные лыжи). Между пластинами образуется сужающийся зазор. Протекание масла через этот зазор сопровождается образованием давления P которое уравновешивает внешнюю нагрузку.

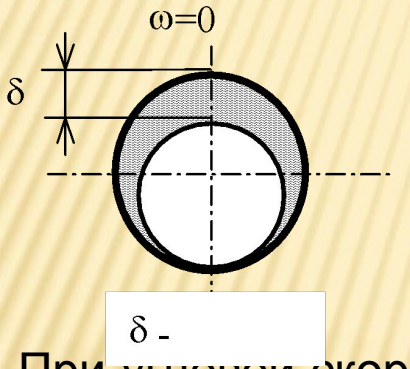
Переход к режиму жидкостного трения происходит при некоторой скорости называемой критической $V_{кр}$. Для работы подшипника в режиме жидкостного трения необходима подъемная сила создаваемая давлением жидкого смазочного материала.

Два способа создания “ поддерживающего ” давления: статический (гидростатический) и гидродинамический.

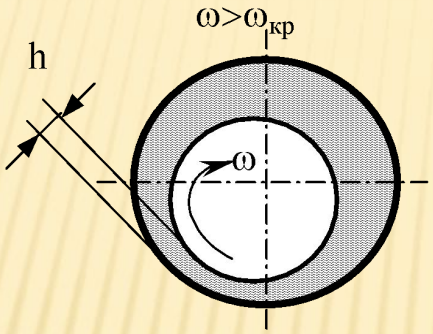
В гидростатических подшипниках давление в поддерживающем слое смазочного материала создают насосом, подающим смазочный материал в зазор между цапфой и подшипником. Гидростатические подшипники требуют для нормальной работы сложной гидросистемы, чтобы осуществлять подачу масла в зону высокого гидравлического давления (под цапфу).







δ -



Подавляющее большинство опор с жидкостным трением работает в условиях гидродинамического режима. В радиальных подшипниках клиновая форма зазора образуется за счет смещения центров цапфы вала и вкладыша.

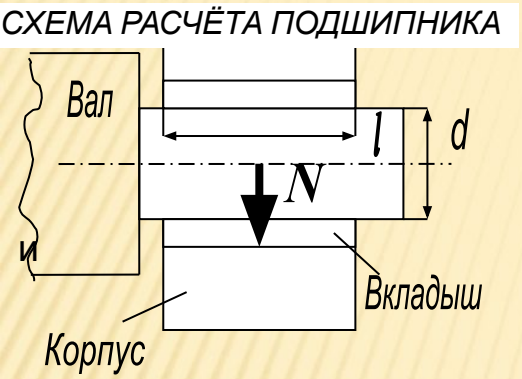
При угловой скорости $\omega > \omega_{кр}$ цапфа всплывает в масле и несколько смещается в сторону вращения. С увеличением угловой скорости увеличивается толщина разделяющего масляного слоя h.

Это происходит вследствие эксцентрического расположения цапфы в подшипнике. Под нагрузкой торцевые зазоры между цапфой и подшипником оказываются снизу меньшими, чем сверху. В результате переменный расход через зазор смазочного материала приводит к появлению требуемого давления и подъемной силы. Давление определяется зазором, радиальной силой и вязкостью материала.

ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Работа сил трения в опоре расходуется на нагрев и износ ее деталей.
Подшипники, работающие в режиме гидродинамического трения, изнашиваются только в периоды пуска и остановки машины, когда в клиновые зазоры вследствие малой относительной скорости не создается необходимое давление для образования толстого слоя смазки, разделяющего твердые поверхности.
При превышении установленных скоростей, недостатке смазки или больших давлениях возрастает температура подшипника и наступает заедание – наиболее опасный вид разрушения.
При действии переменных нагрузок (например, в поршневых двигателях) поверхность вкладыша может выкрашиваться вследствие усталости.
Обеспечение режима жидкостного трения является основным критерием расчёта большинства подшипников скольжения. При этом одновременно обеспечивается работоспособность по критериям износа и заедания.

Расчет подшипников, работающих при полужидком трении.



К таким подшипникам относятся подшипники грубых тихоходных механизмов; не установившейся режим работы, плохие условия подвода смазки.

Подшипники скольжения, работающие в режиме полусухого или полужидкостного трения, рассчитывают по среднему давлению P между цапфой и вкладышем и по произведению этого давления на окружную скорость скольжения цапфы, т.е. по величине pv.

$$P = \frac{P}{ld} \le [p] \qquad pv \le [pv]$$

P – радиальная нагрузка на подшипник, d – диаметр цапфы, l – длина подшипника, v – окружная скорость цапфы.

Диаметр d цапфы подшипника определяют конструктивно в зависимости от диаметра вала.

Длину вкладыша подшипника выбирает в зависимости от диаметра d. $l = \varphi d$

$\varphi = 0.5 \div 1.2$

Допускаемые значения [p] и [pv] определяют из опыта эксплуатации (справочники и спец. литература).

Расчет подшипников скольжения при жидкостном трении

При расчете подшипника обычно известны: цапфы d,нагрузка P и частота вращения n. Определяют длину подшипника l, зазор δ, сорт масла μ.

Большинством из неизвестных параметров задаются, основываясь на рекомендациях, выработанных практикой, и затем проверяют запас надежности подшипника по режиму жидкостного трения.

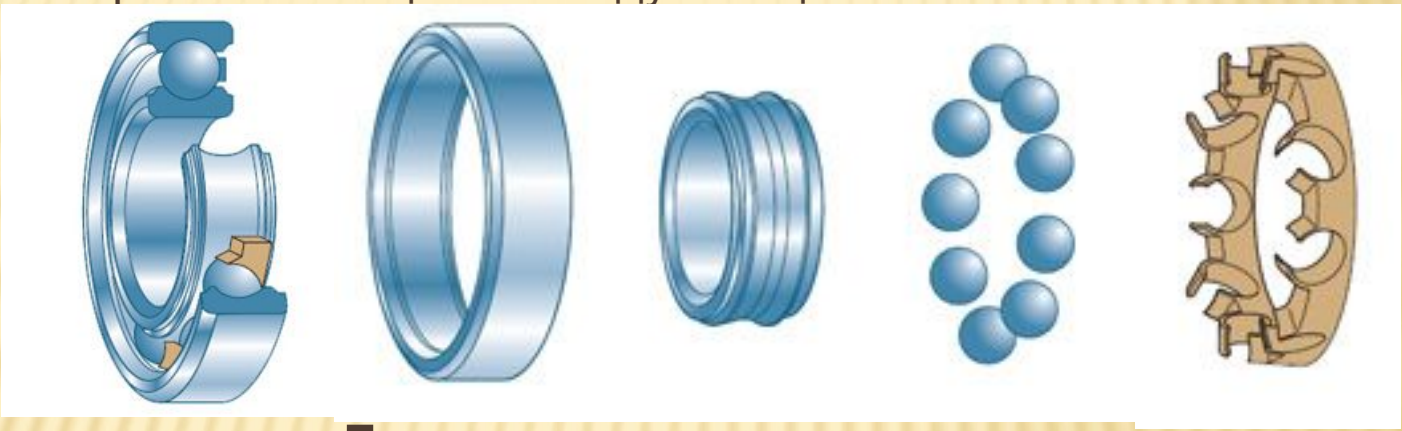
При выборе l/d учитывают конструктивные особенности (габариты, массу и пр.). Распространенные значения $l/d = 0.5 \div 1$. Выбранную величину l/d проверяют по [p] и [pv].

Далее в зависимости от давления P и окружной скорости цапфы V выбирают относительный зазор $\Psi = \frac{b}{d}$

Далее, задаются сортом масла и его средней рабочей температурой,– определяют расчетную вязкость масла μ). Затем определяют толщину масленого слоя h и определяют коэффициент запаса надежности подшипника по толщине масленого слоя.

ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

Подшипники являются опорами валов, осей и других вращающихся деталей машин. Подшипник представляет собой сборочную единицу, состоящую из тел качения (шариков или роликов), отделенных равномерно друг от друга сепаратором и располагающихся между кольцами.



Достоинства и недостатки

Достоинства:

- малые потери на трение;
- высокий КПД (до 0,995);
- незначительный нагрев;
- высокие надежность и нагрузочная способность;
- малые габаритные размеры в осевом направлении;
- невысокая стоимость вследствие массового производства;
- высокая степень взаимозаменяемости;
- простота в эксплуатации и малый расход смазки.

Недостатки:

- пониженная долговечность при ударных и вибрационных нагрузках ;
- большое рассеивание долговечности из-за неодинаковых зазоров в подшипнике;
- ограниченная быстроходность из-за чрезмерного нагрева и опасности разрушения сепараторов от действия центробежных сил;
- ненадежность при работе в агрессивных средах (например, в воде);
- относительно большие радиальные размеры;
- неразъемность конструкции;
- шум при больших оборотах.

КЛАССИФИКАЦИЯ

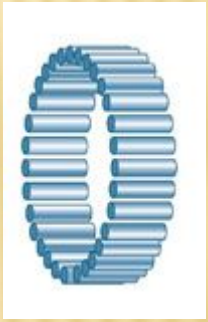
По направлению действия воспринимаемой нагрузки подшипники качения делятся на:

радиальные;
упорные;
радиально-упорные и упорно-радиальные.

По форме тел качения на:

шариковые;

роликовые:
цилиндрические короткие, конические, бочкообразные, игольчатые и витые.



По числу рядов тел качения на:

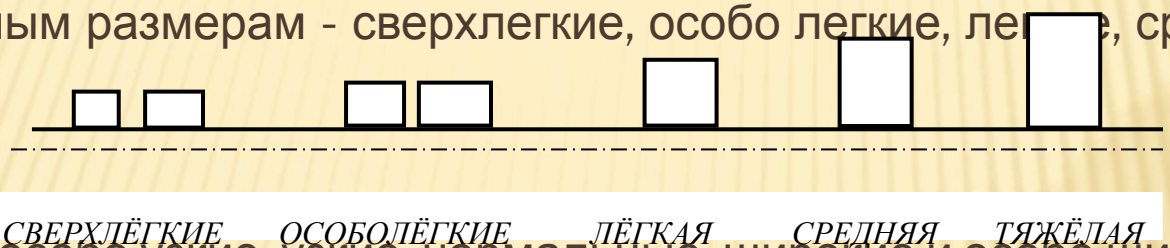
одно-; двух-; четырех- и многорядные.

По способности самоустанавливаться на:

самоустанавливающиеся (сферические);
несамоустанавливающиеся.

КЛАССИФИКАЦИЯ

По нагрузочной способности и габаритным размерам при одном и том же внутреннем диаметре подшипники делятся на серии:
по радиальным размерам - сверхлегкие, особо легкие, легкие, средние и тяжелые серии;



по ширине - особо узкие, узкие, нормальные, широкие и особо широкие серии.

Маркировка подшипников качения

Условное обозначение состоит из ряда цифр и букв, нанесенных на торце одного из колец подшипника.

Последние две цифры (крайние справа) обозначают внутренний диаметр подшипника. Если диаметр подшипника от 20 до 495 мм - обозначение 04...99. Для определения значения диаметра в миллиметрах необходимо эти цифры умножить на 5. Для подшипников, у которых $10 \le d < 20$ мм, первая и вторая цифры справа 00; 01; 02; 03 соответствуют диаметрам 10; 12; 15; 17 мм. При $d \le 9$ мм фактическому диаметру соответствует одна первая цифра стоящая перед 00.

Третья цифра справа обозначает серию подшипника по диаметру:
1 - особо легкая; 2 - легкая; 3 - средняя; 4 - тяжелая; 5 - легкая широкая; 6 - средняя широкая.

Четвертая цифра справа обозначает тип подшипника:
0 - радиальный шариковый; 1 - радиальный шариковый сферический; 2 - радиальный с короткими цилиндрическими роликами; 3 - радиальный роликовый сферический; 4 - радиальный роликовый с длинными роликами или игольчатый; 5 - радиальный роликовый с витыми роликами; 6 - радиально-упорный шариковый; 7 - роликовый конический; 8 - упорный шариковый; 9 - упорный роликовый.

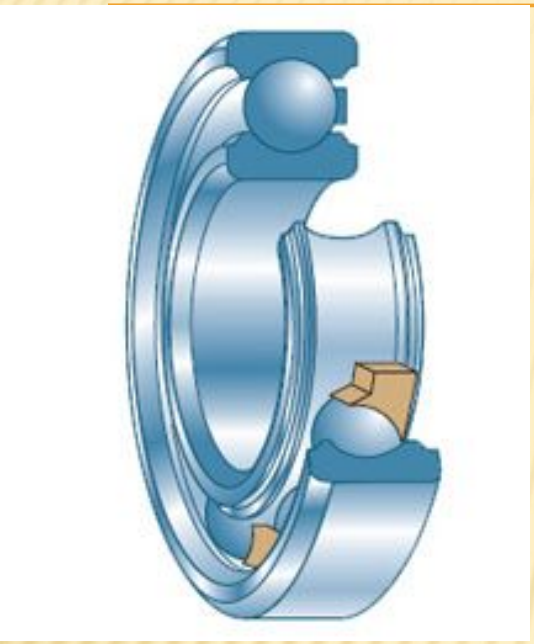
Пятая или пятая и шестая цифры справа обозначают конструктивные отклонения подшипника (канавки на наружном кольце, защитные шайбы и т. п.) от основной конструкции. Если после 0 слева нет цифр, то 0 в условном обозначении подшипника не проставляется.

Седьмая цифра справа обозначает серию подшипника по ширине.

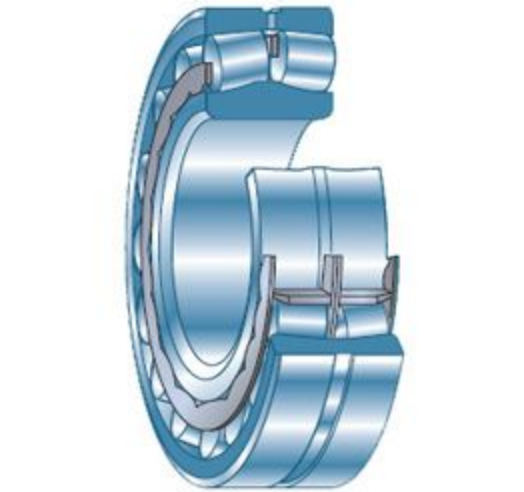
Цифры, стоящие через тире впереди цифр у основного обозначения подшипника, указывают его класс точности. Пять классов точности (в порядке повышения точности): РО, Р6, Р5, Р4, Р2. Допускается и цифровое обозначение классов точности подшипников: 0, 6, 5, 4, 2 *.

Буквы, проставленные правее от основного условного обозначения, характеризуют отличительные признаки подшипников (изменение металла, конструкции и др.). Например: Б - сепаратор из безоловянистой бронзы; Е - сепаратор из пластических материалов; Ш - специальные требования по шуму; Ю - все или часть деталей из коррозионно-стойкой стали.

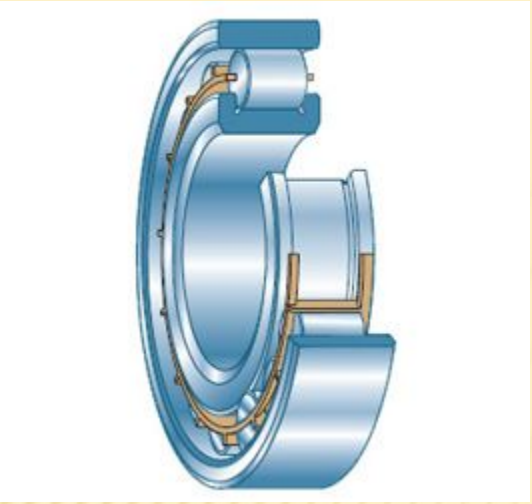
ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ



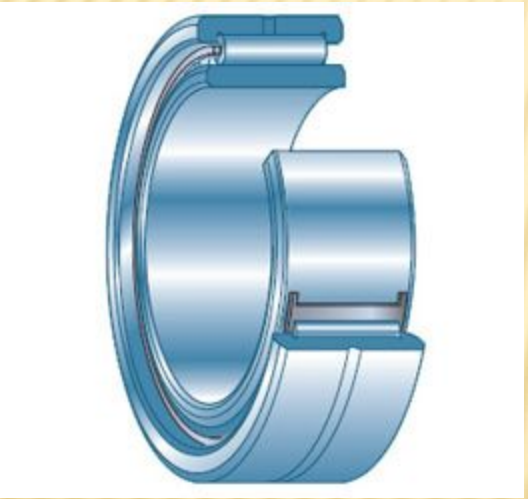
Шариковый радиальный однорядный подшипник самый распространенный в машиностроении. Предназначен для восприятия в основном радиальной нагрузки. Желобчатые дорожки качения позволяют воспринимать осевые нагрузки, действующие в обоих направлениях вдоль оси вала. Обеспечивает осевое фиксирование вала в двух направлениях. Он дешев, допускает достаточно большой перекос внутреннего кольца относительно наружного (до 0° 10'). При одинаковых габаритных размерах работает с меньшими потерями на трение и при большей частоте вращения вала, чем подшипники всех других конструкций.



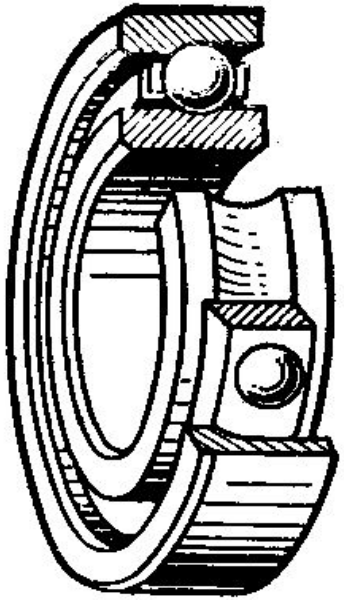
Шариковый и роликовый радиальный сферический двухрядный подшипники предназначены для радиальной нагрузки. Одновременно с радиальной может воспринимать небольшую осевую нагрузку обоих направлений. Дорожка качения на наружном кольце обработана по сфере. Поэтому подшипник способен работать при значительном (до 2...3°) перекосе внутреннего кольца относительно наружного. Способность самоустанавливаться и определяет область его применения.



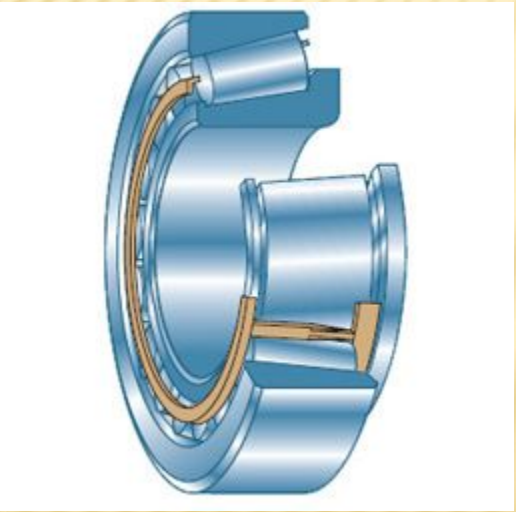
Роликовый радиальный подшипник с короткими цилиндрическими роликами воспринимает большие радиальные нагрузки, обладает значительно большей радиальной грузоподъемностью, чем шариковый радиальный однорядный равных габаритных размеров. Допускает осевое взаимное смещение колец. Чувствителен к относительному перекосу внутреннего и наружного колец (при перекосе возникает концентрация напряжений у краев ролика). Подшипник устанавливают на жестких коротких валах при повышенных требованиях к соосности посадочных мест. Применяют в качестве «плавающих опор» (для валов шевронных шестерен и др).



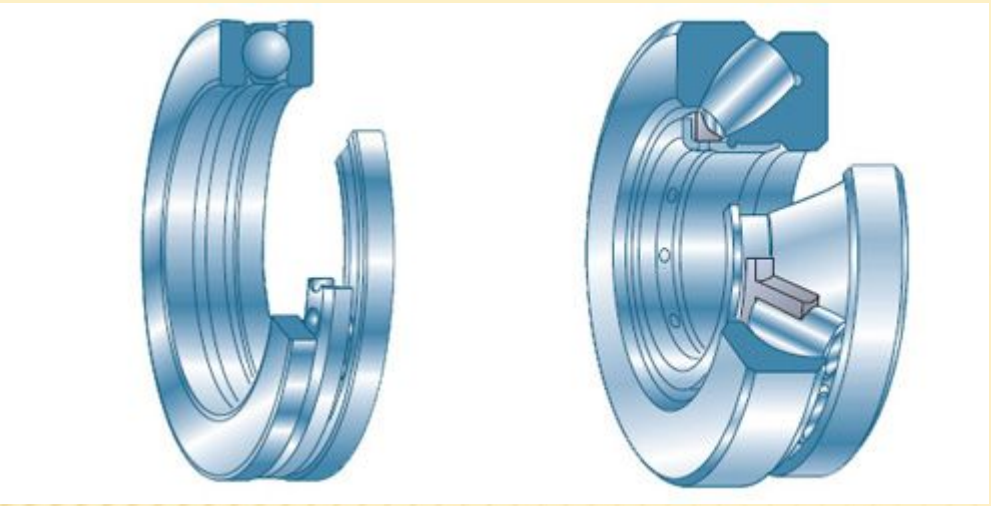
Роликовый радиальный игольчатый однорядный подшипник воспринимает только радиальную нагрузку. При сравнительно небольших диаметральных размерах обладает высокой радиальной грузоподъемностью. Из-за отсутствия сепаратора характеризуется высокими потерями на трение между иглами и низкой предельной частотой вращения. Перекос внутреннего кольца относительно наружного недопустим. Обычно используют для работы в режиме качателъного движения



Шариковый радиально-упорный однорядный подшипник предназначен для восприятия комбинированных (радиальных и осевых) нагрузок. Способность воспринимать осевую нагрузку зависит от угла контакта α: с увеличением угла контакта возрастает воспринимаемая подшипником односторонняя осевая нагрузка. Подшипники, смонтированные попарно, воспринимают осевые силы, действующие в обоих направлениях. При монтаже требует регулировки осевого зазора.



Роликовый конический **подшипник** воспринимает одновременно радиальную и одностороннюю осевую нагрузки. Обладает большой грузоподъемностью. По применению в машиностроении стоит на втором месте после шариковых радиальных однорядных. Чувствителен к относительному перекосу внутреннего и наружного колец. Подшипники устанавливают попарно на жестких коротких валах при повышенных требованиях к соосности посадочных мест. Применяют при средних и низких частотах вращения. При монтаже требует регулировки осевого зазора.



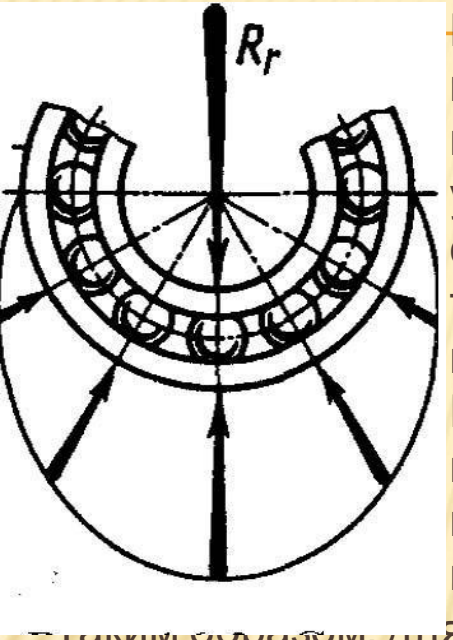
Шариковый и роликовый упорный подшипники воспринимают одностороннюю осевую нагрузку. Для восприятия осевых сил попеременно в обоих направлениях устанавливают двойные упорные подшипники. Во избежание заклинивания шариков от действия центробежных сил эти подшипники применяют при средней и низкой частоте вращения.

материалы деталей подшипников

Тела качения и кольца изготовляют из специальных шарикоподшипниковых высокоуглеродистых хромистых сталей ШХ15, Ш20СГ, а также из цементуемых легированных сталей 18ХГТ, 20Х2Н4А. Кольца имеют твердость Н = 61...66 HRC, тела качения Н = 63...67 HRC. Витые ролики изготовляют навиванием из стальной полосы.

Сепараторы чаще всего штампуют из мягкой углеродистой стали. Для высокоскоростных подшипников сепараторы изготовляют массивными из текстолита, фторопласта, латуни, бронзы. Материалы перечислены в порядке увеличения быстроходности подшипников.

ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА



Радиальная нагрузка A", действующая на подшипник, нагружает тела качения Одна половина подшипника не нагружена, а в другой нагрузка распределяется между телами качения в зависимости от угла, радиального зазора в подшипнике и точности геометрической формы его деталей. При работе подшипника в каждой точке контакта тел качения с внутренним и наружным кольцами возникают контактные напряжения, которые измеряются по нулевому циклу. Напряжения на внутреннем кольце больше, чем на наружном, так как на внутреннем кольце шарик соприкасается с выпуклой поверхностью (меньше площадка контакта), а на наружном - с вогнутой (больше площадка контакта).

Таким образом, для повышения долговечности подшипников целесообразно иметь вращающееся внутреннее кольцо и неподвижное наружное кольцо.

Циклическое перекатывание тел качения приврдит к появлению усталостной микротрещины. Постоянно прокатывающиеся тела качения вдавливают в нее смазку. Пульсирующее давление смазки расширяет и расшатывает микротрещину, приводя к **усталостному выкрашиванию** и к поломке кольца. Усталостное выкрашивание – основной вид выхода из строя подшипников качения. В подшипниках также возможны статические и динамические перегрузки, разрушающие как кольца, так и тела качения.

Работоспособность подшипника сохраняется при соблюдении двух критериев:

долговечность;

грузоподъёмность.

РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ

Пластические (остаточные) деформации.

Пластические деформации в виде вмятин (лунок) на дорожках качения колец, нарушающие работоспособность подшипника, наблюдаются в тихоходных подшипниках (n « 1 об/мин) при действии на них больших статических или ударных нагрузок. Поэтому основным критерием работоспособности тихоходных подшипников является расчет на базовую статическую грузоподъемность по остаточным деформациям.

Усталостное выкрашивание.

Усталостное выкрашивание рабочих поверхностей тел качения и дорожек качения колец подшипников в виде раковин или отслаивания (шелушения) происходит вследствие действия на них циклического контактного напряжения. Наблюдается у подшипников после работы при n »10 об/мин и сопровождается повышенным стуком и вибрациями. Поэтому основным критерием работоспособности подшипников, работающих при n » 10 об/мин, является расчет на базовую долговечность по усталостному выкрашиванию.

Абразивное изнашивание наблюдается при недостаточной защите подшипников от пыли, грязи (абразивных частиц). Это основной вид разрушения подшипников автомобильных, тракторных, строительных, горных машин.

Раскатывание колец и тел качения. Этот вид разрушения связан с ударами и вибрационными перегрузками, неправильным монтажом.

РАСЧЁТ НОМИНАЛЬНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКА

Номинальная долговечность это число циклов (или часов), которые подшипник должен проработать до появления первых признаков усталости. Существует эмпирическая (найденная из опыта) зависимость для определения номинальной долговечности

$$L_n = (C / P)^{\alpha}, \quad [\text{млн. оборотов}],$$

где C – грузоподъёмность, P – эквивалентная динамическая нагрузка, $\alpha = 0{,}3$ для шариков, $\alpha = 0{,}33$ для роликов.

Номинальную долговечность можно вычислить и в часах

$$L_h = (10^6 / 60\, n)\, L_n, \quad [\text{часов}],$$

где n – частота вращения вала.

Эквивалентная динамическая нагрузка это такая постоянная нагрузка, при которой долговечность подшипника та же, что и при реальных условиях работы. Для радиальных и радиально упорных подшипников подразумевается радиальная нагрузка, а для упорных и упорно-радиальных - центральная осевая нагрузка.

Эквивалентная динамическая нагрузка вычисляется по эмпирической формуле

$$P = (V X F_r + Y F_a) K_Б K_T,$$

где F_r, F_a – радиальная и осевая реакции опор;

V – коэффициент вращения вектора нагрузки ($V = 1$ если вращается внутреннее кольцо, $V = 1{,}2$ если вращается наружное кольцо)

X, Y – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок, зависящие от типа подшипников, определяются по справочнику;

$K_Б$ – коэффициент безопасности, учитывающий влияние динамических условий работы ($K_Б = 1$ для передач, $K_Б = 1{,}8$ для подвижного состава),

K_T – коэффициент температурного режима (до $100°C$ $K_T = 1$).

Грузоподъёмность это постоянная нагрузка, которую группа идентичных подшипников выдержит в течение одного миллиона оборотов. Здесь для радиальных и радиально упорных подшипников подразумевается радиальная нагрузка, а для упорных и упорно-радиальных - центральная осевая нагрузка. Если вал вращается медленнее одного оборота в минуту, то речь идёт о статической грузоподъёмности C_0, а если вращение быстрее одного оборота в минуту, то говорят о динамической грузоподъёмности C. Величина грузоподъёмности рассчитывается при проектировании подшипника, определяется на экспериментальной партии подшипников и заносится в каталог.

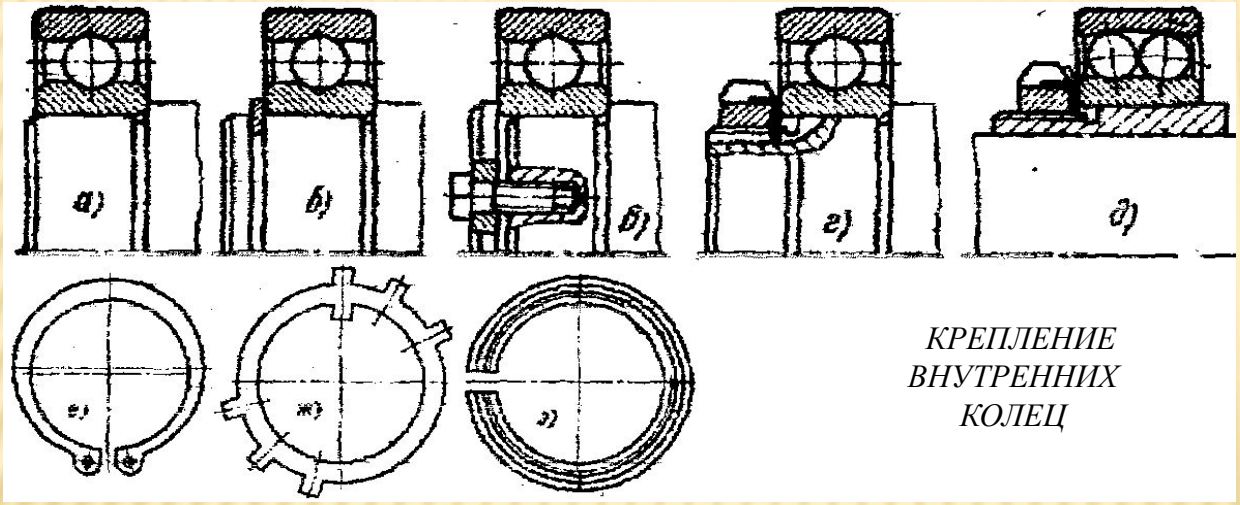
Методика выбора подшипников качения

Методика выбора состоит из пяти этапов:

1. Вычисляется требуемая долговечность подшипника исходя из частоты вращения и заданного заказчиком срока службы машины.
2. По найденным ранее реакциям опор выбирается тип подшипника (радиальный, радиально-упорный, упорно-радиальный или упорный), из справочника находятся коэффициенты радиальной и осевой нагрузок X, Y.
3. Рассчитывается эквивалентная динамическая нагрузка.
4. Определяется требуемая грузоподъёмность $C = P^*L^{(1/\alpha)}$.
5. По каталогу, исходя из требуемой грузоподъёмности, выбирается конкретный типоразмер ("номер") подшипника, причём должны выполняться два условия:
   грузоподъёмность по каталогу не менее требуемой;
   внутренний диаметр подшипника не менее диаметра вала.

КРЕПЛЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ НА ВАЛУ И В КОРПУСЕ

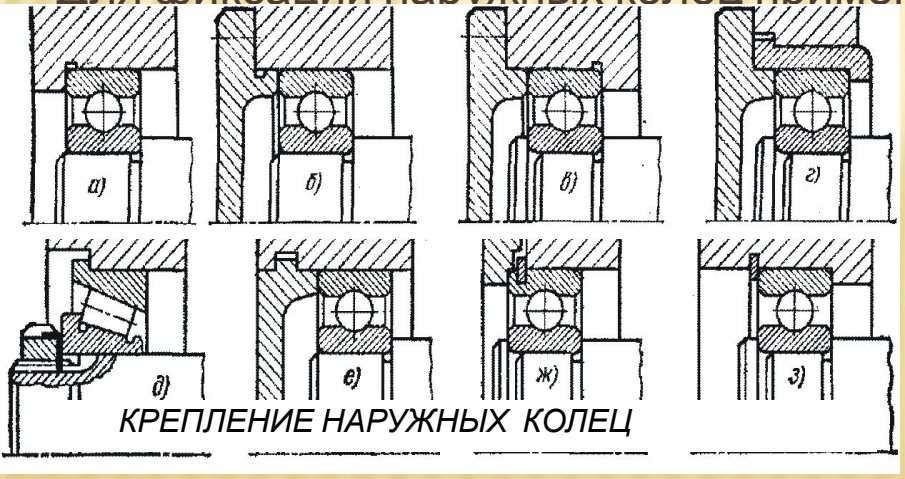
Для восприятия осевых нагрузок кольца подшипника закрепляют на валу и в корпусе.



КРЕПЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ КОЛЕЦ

Для закрепления внутренних колец на валу применяются различные средства:
уступы вала (а);
пружинные стопорные кольца (б,е);
торцовые шайбы (в);
упорные гайки (г,ж);

Для фиксации наружных колец применяют:

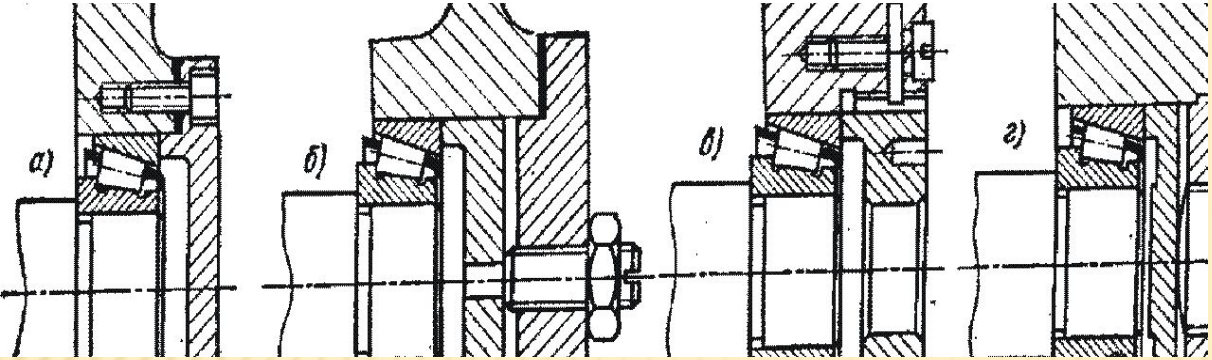


КРЕПЛЕНИЕ НАРУЖНЫХ КОЛЕЦ

уступы в корпусе и стакане (а); крышки (б);
крышки и уступы (в,г);
упорные борта (д);
врезные крышки при разъёмных корпусах (е);
пружинные кольца (ж,з).

Радиально-упорные подшипники требуют осевого регулирования, которое делается смещением наружного кольца:

ОСЕВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ

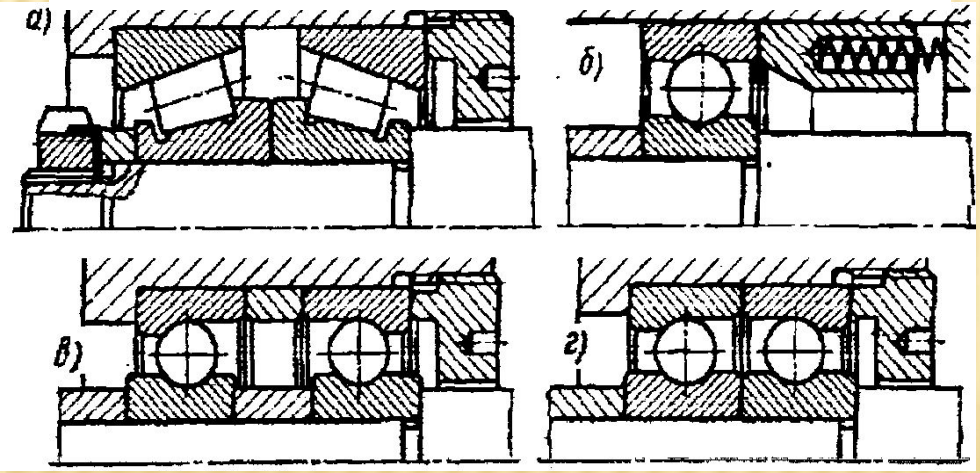


прокладками из металла (а);
крепёжным винтом (б,г) при малых осевых силах;
резьбовой крышкой или кольцом (в).

Жёсткость подшипников и их предварительный натяг

Деформации подшипников качения примерно равны деформациям валов. Поддержание высокой жёсткости подшипниковых узлов обеспечивает точность вращения системы. Максимальную жёсткость имеют точные роликоподшипники.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАТЯГ ПОДШИПНИКОВ

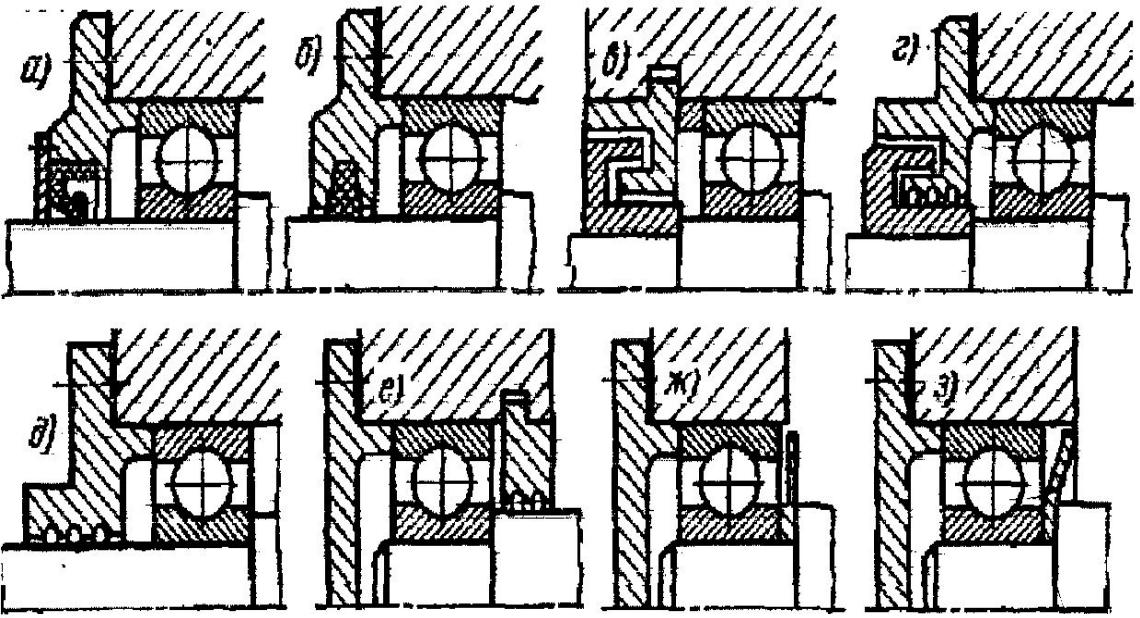


Жёсткость увеличивается предварительным натягом, суть которого в выборке зазоров и начальном сжатии тел качения. Это достигается взаимным осевым смещением колец посредством:
затяжки резьбы (а);
пружинами (б);
установкой втулок (в);
шлифовкой торцов колец (г).

Излишний преднатяг приводит к усилению износа сепаратора из-за набегания на него части тел качения и отставания другой части из-за разных их диаметров.

УПЛОТНЯЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Это специальные детали, выполненные из мягких упругих материалов (мягкие металлы, резина, пластмасса, войлок и т.п.), которые предотвращают вытекание смазки из подшипниковых узлов и попадание в них загрязнения.



УПЛОТНЕНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ

По принципу действия уплотнения разделяются на:

контактные манжетные, войлочные, с металлическими кольцами (а,б), применяются на низких и средних скоростях, дают плотный контакт подвижных и неподвижных деталей;

щелевые и лабиринтные, препятствуют протеканию жидкостей и даже газа через каскад щелей и камер (в,г,д,е), так, типовая букса грузового вагона имеет четырёхкамерное лабиринтное уплотнение;

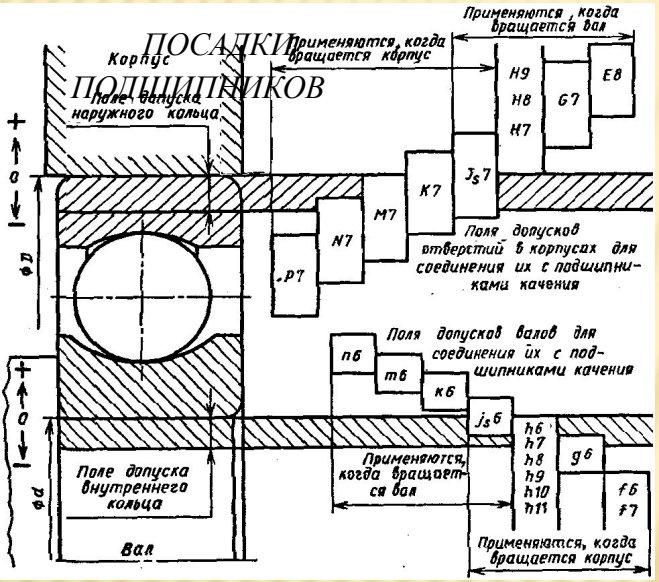
центробежные (ж,з);

комбинированные.

Известны конструкции подшипников со встроенными уплотнениями.

ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ НА ВАЛ И В КОРПУС

Подшипники являются стандартными узлами, поэтому валы и корпуса должны приспосабливаться к ним. Внутренние кольца сажают на вал по системе отверстия, а наружные в корпус по системе вала. При том, что поле допусков внутреннего кольца направлено не в тело, а к центру, посадки на вал получаются более плотными, чем обычно в системе отверстия.



В зависимости от режима работы машины, чем больше нагрузка и сильнее толчки, тем более плотными должны быть посадки и наоборот. Посадки роликоподшипников должны быть более плотными в связи с большими нагрузками.

Посадки радиально-упорных подшипников плотнее, чем у радиальных, у которых посадочные натяги искажают зазоры.

Посадки крупных подшипников из-за больших сил назначают плотнее, чем у средних и мелких.

Рекомендации по выбору посадок по мере роста нагрузок в опорах можно сформулировать следующим образом:

Допуски валов при вращающемся вале – ***j_s6; k6; m6; n6***.

Допуски валов при вращающемся корпусе – ***g6; h6***.

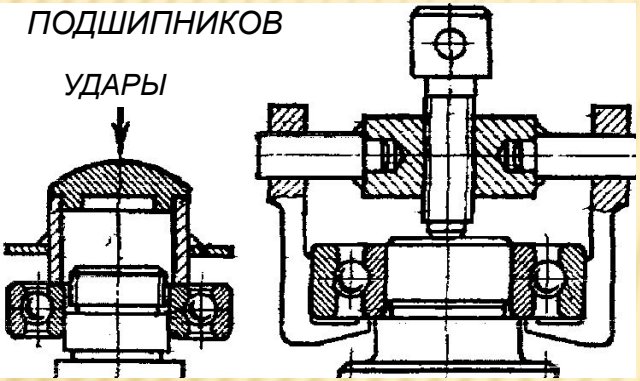
Допуски корпуса при вращающемся вале – ***H7; H6; J_s7; J_s6; K7***.

Допуски корпуса при вращающемся корпусе – ***K7; M7; N7; P7***.

МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ ПОДШИПНИКОВ

Нередко наблюдаются случаи, когда повреждения подшипников вызваны небрежным, безграмотным монтажом и демонтажом.
Подшипники со значительным натягом на валу следует монтировать нагретыми в масле или охлаждать вал сухим льдом. В остальных случаях подшипники можно напрессовывать на вал с помощью пресса.

МОНТАЖ И ДЕМОНТАЖ ПОДШИПНИКОВ



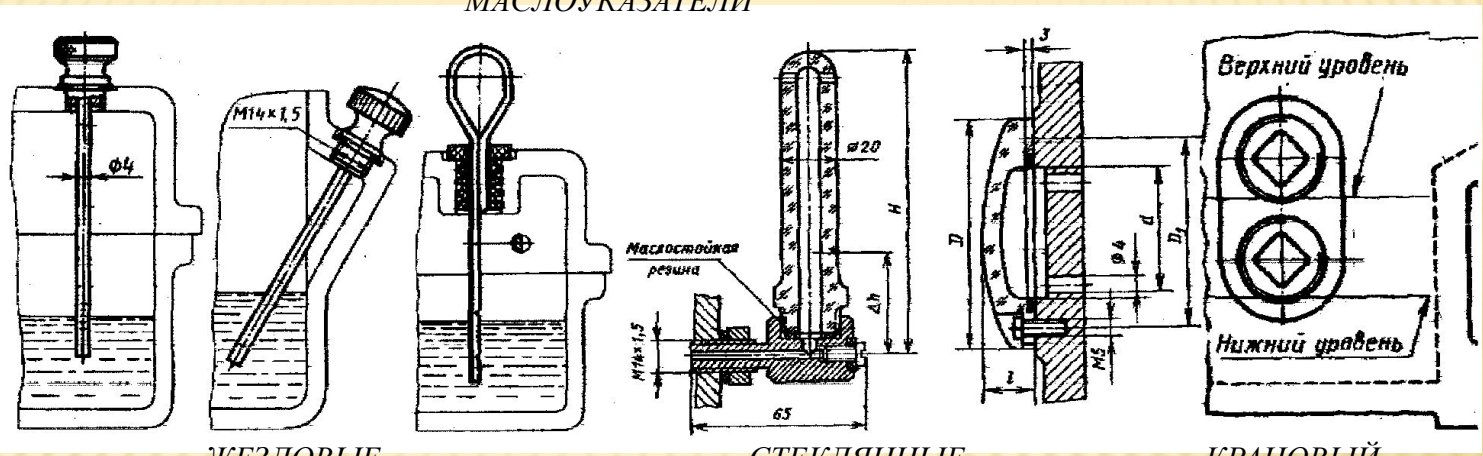
Посадка подшипника ударами молотка через оправку из мягкого металла допустима только при малых натягах для мелких и средних подшипников.
Демонтаж допускается только с помощью специальных съёмников. Общий принцип: **усилие прикладывается только к тому кольцу, которое установлено с натягом** и не должно передаваться на тела качения.

Смазка подшипников качения

Применяется как для снижения трения, так и для повышения теплоотвода. Пластичные (густые) смазки более легки в обслуживании, меньше расходуются, удобны в применении в труднодоступных местах, куда закладываются при сборке, заполняют и герметизируют зазоры. Их недостаток в том, что в конструкции требуется предусматривать специальные полости. Эту полость первоначально заполняют на ***2/3*** объёма при $n \leq 1500$ ***об/мин*** или на ***1/2*** объёма при $n > 1500$ ***об/мин***

В дальнейшем обычно через каждые три месяца через специальные устройства (пресс-маслёнки) добавляют свежую смазку, а через год её меняют с предварительной разборкой и промывкой узла. При консистентной смазке необходимо применение щелевых, лабиринтных и центробежных уплотнений.

МАСЛОУКАЗАТЕЛИ



ЖЕЗЛОВЫЕ *СТЕКЛЯННЫЕ* *КРАНОВЫЙ*

Жидкие смазки применяются при более высоких температурах, когда густые плавятся и вытекают. Обеспечивают минимальные потери на трение. Обычный способ в случае нижнего расположения червяка – организация масляных ванн (например, картер двигателя и т.п.), в которых масло налито до уровня нижнего тела качения. В зубчатых передачах колёса погружают не более чем на высоту зуба, во избежание больших потерь на перемешивание масла. Уровень масла контролируется щупом - маслоуказателем, как, например, в двигателях легковых автомобилей.

Разбрызгивание масла внутри корпуса механизмов происходит с помощью специальных лопастей-крыльчаток либо зубчатых колёс и применяется для создания масляного тумана, который способствует выравниванию температуры и теплоотводу от механизма.