
ПОДШИПНИКИ

ПЛАН ЛЕКЦИИ

- Классификация подшипников
- Подшипники качения: устройство, классификация, смазка
- Подбор подшипников качения по динамической грузоподъемности.
- Подшипники скольжения: назначение, типы, область применения.
- Материалы деталей подшипников скольжения, смазка подшипников, критерии работоспособности.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ

Подшипники служат опорой для валов и вращающихся осей.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ВИДУ ТРЕНИЯ:



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

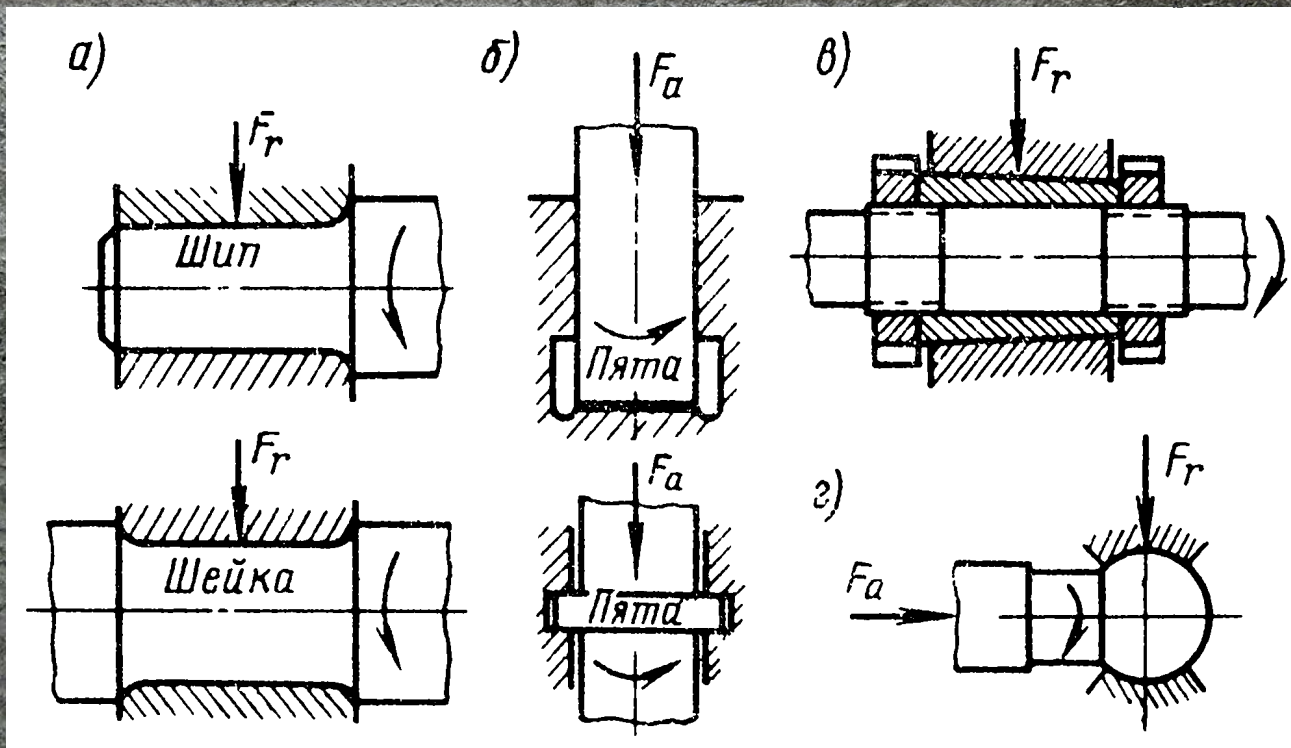
-ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ, у которых опорный участок вала (цапфа - шип, шейка, пята) скользит по поверхности подшипника.



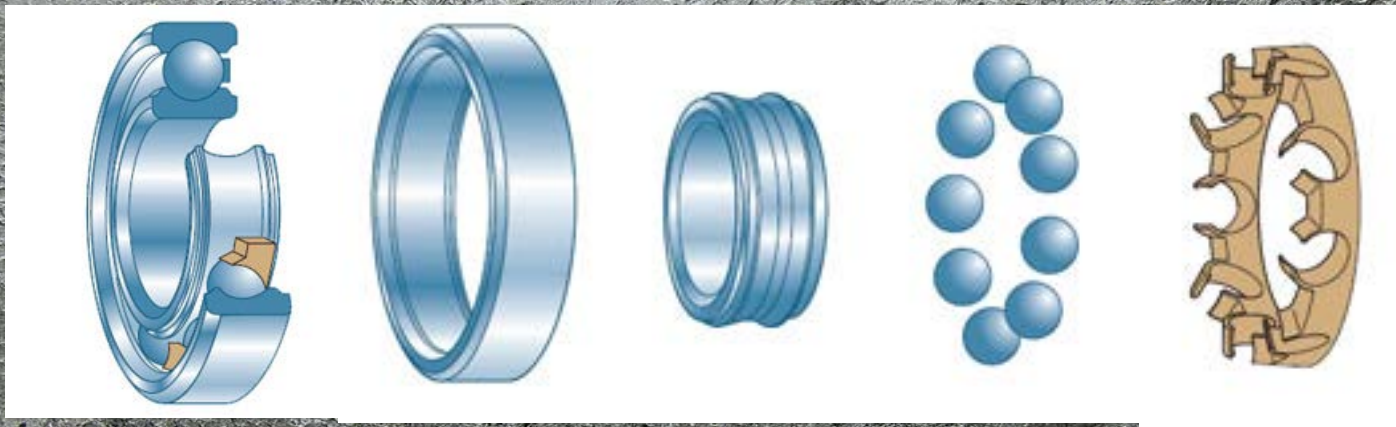
КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ

В зависимости от направления воспринимаемой нагрузки :

- РАДИАЛЬНЫЕ, (служат для восприятия радиальных нагрузок);
- УПОРНЫЕ, или подпятники (служат для восприятия осевых нагрузок - вдоль геометрических осей валов);
- РАДИАЛЬНО-УПОРНЫЕ (служат для восприятия одновременно радиальных и осевых нагрузок).



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 ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

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:

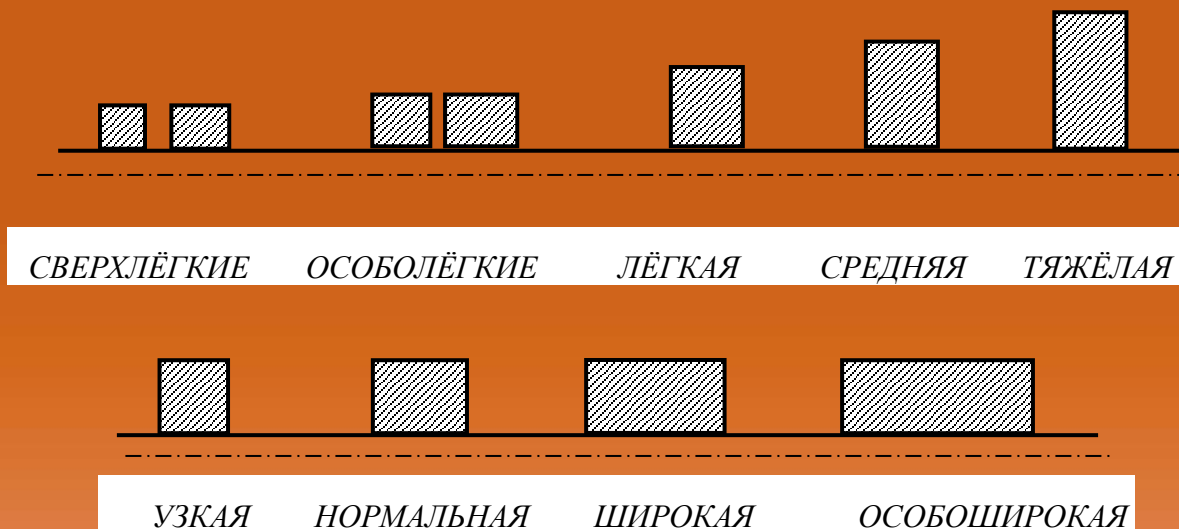
самоустанавливающиеся (сферические);
несамоустанавливающиеся.

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 $10 \leq d < 20$ мм, первая и вторая цифры справа 00; 01; 02; 03 соответствуют диаметрам 10; 12; 15; 17 мм. При $d \leq 9$ 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): P0, P6, P5, P4, P2. Допускается и цифровое обозначение классов точности подшипников: 0, 6, 5, 4, 2 *.

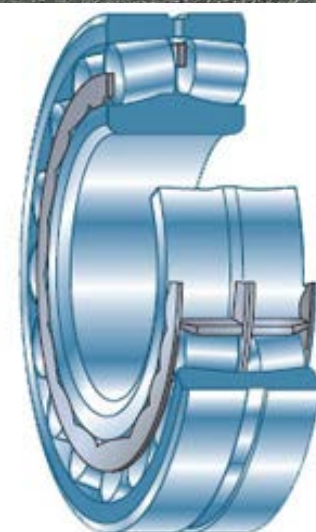
Буквы, проставленные правее от основного условного обозначения, характеризуют отличительные признаки подшипников (изменение металла, конструкции и др.). Например: Б - сепаратор из безоловянистой бронзы; Е - сепаратор из пластических материалов; Ш - специальные требования по шуму; Ю - все или часть деталей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

ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

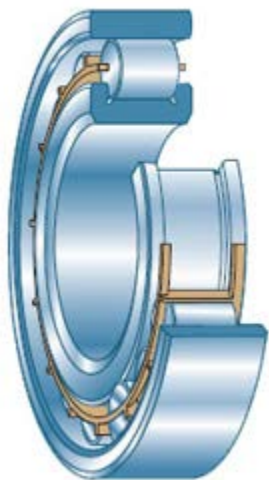


ШАРИКОВЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ
ОДНОРЯДНЫЙ ПОДШИПНИК

РОЛИКОВЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ СФЕРИЧЕСКИЙ
ДВУХРЯДНЫЙ ПОДШИПНИКИ

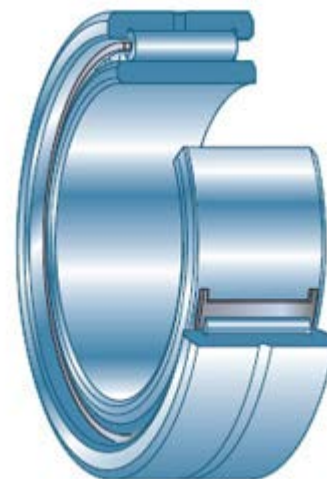


ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

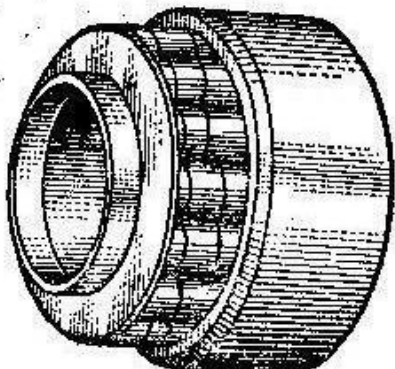


РОЛИКОВЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ ПОДШИПНИК С
КОРОТКИМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМИ РОЛИКАМИ

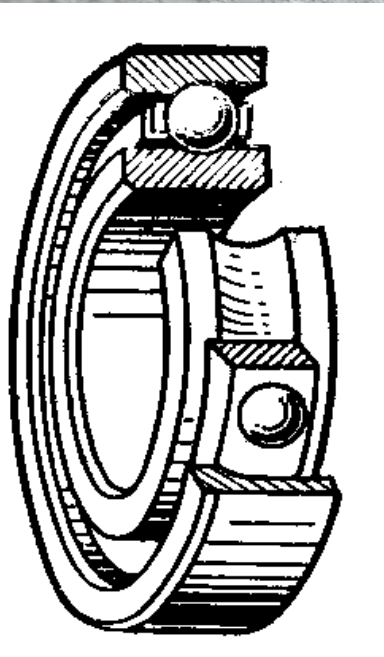
РОЛИКОВЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ ИГОЛЬЧАТЫЙ
ОДНОРЯДНЫЙ ПОДШИПНИК



РОЛИКОВЫЙ РАДИАЛЬНЫЙ ПОДШИПНИК
С ВИТЫМИ РОЛИКАМИ

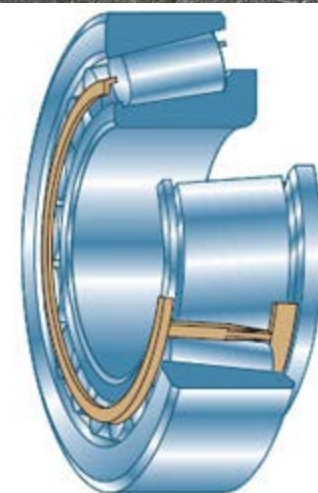


ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ



ШАРИКОВЫЙ РАДИАЛЬНО-УПОРНЫЙ ОДНОРЯДНЫЙ ПОДШИПНИК

РОЛИКОВЫЙ КОНИЧЕСКИЙ ПОДШИПНИК

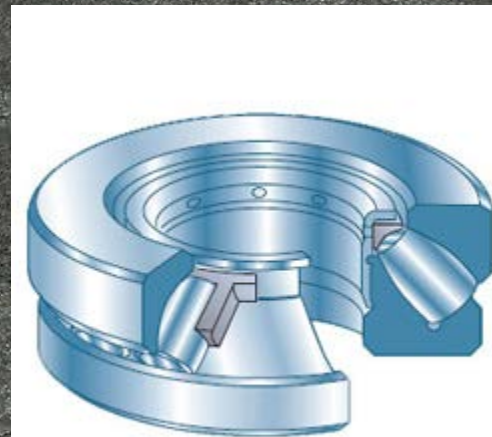


ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ



ШАРИКОВЫЙ УПОРНЫЙ ПОДШИПНИК

РОЛИКОВЫЙ УПОРНЫЙ ПОДШИПНИК



МАТЕРИАЛЫ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ

Тела качения и кольца изготавливают из специальных шарикоподшипниковых высокоуглеродистых хромистых сталей ШХ15, Ш20СГ, а также из цементуемых легированных сталей 18ХГТ, 20Х2Н4А.

Кольца имеют твердость $H = 61...66 \text{ HRC}$, тела качения $H = 63...67 \text{ HRC}$. Витые ролики изготавливают навиванием из стальной полосы.

Сепараторы чаще всего штампуют из мягкой углеродистой стали. Для высокоскоростных подшипников сепараторы изготавливают массивными из текстолита, фторопласта, латуни, бронзы.

Материалы перечислены в порядке увеличения быстроходности подшипников.

ПОДБОР ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ.

ВИДЫ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ

ПЛАСТИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ в виде вмятин (лунок) на дорожках качения колец, нарушающие работоспособность подшипника, наблюдаются в тихоходных подшипниках ($n \leq 1$ об/мин) при действии на них больших статических или ударных нагрузок.

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 $n \geq 10$ об/мин и сопровождается повышенным стуком и вибрациями.

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.

ПОДБОР ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПО ДИНАМИЧЕСКОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ.

Грузоподъёмность это постоянная нагрузка, которую группа идентичных подшипников выдержит в течение одного миллиона оборотов.

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.

ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

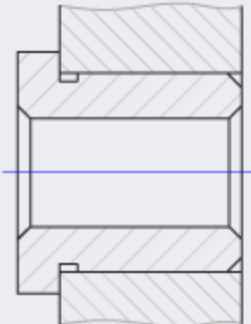
ДОСТОИНСТВА:

- ✘ Используются для очень быстроходных валов (долговечность подшипников качения очень мала);
- ✘ Используются для точной установки валов и осей;
- ✘ Используются для валов очень большого диаметра (нет подшипников качения);
- ✘ Используются для обеспечения условий сборки, когда подшипники должны быть разъемными, например, для коленчатого вала;
- ✘ Используются при работе подшипников в воде, агрессивной среде и т.п. (подшипники качения неработоспособны);
- ✘ Используются для тихоходных валов неответственных механизмов, когда подшипники скольжения оказываются проще по конструкции и дешевле подшипников качения.

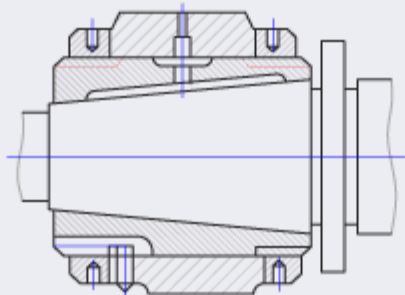
НЕДОСТАТКИ:

- ✘ требуют постоянного надзора за состоянием смазки и нагревом;
- ✘ значительные потери в период пуска и плохой смазки;
- ✘ большой расход смазочного материала;

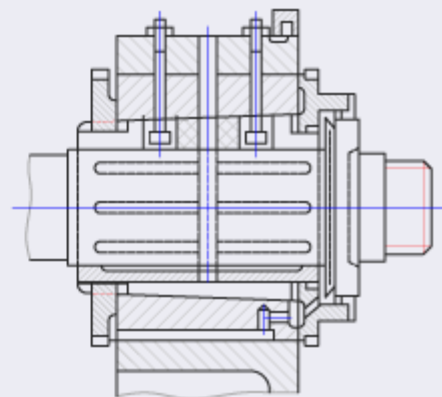
КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ



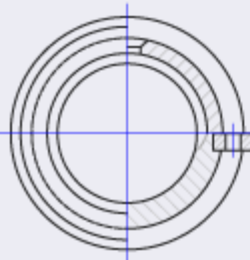
неразъемные нерегулируемые



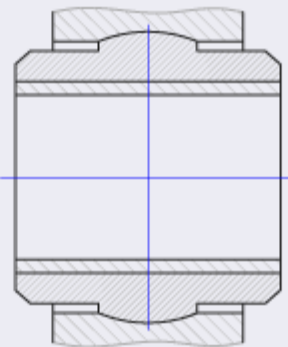
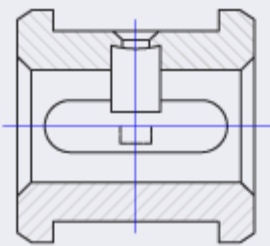
неразъемные регулируемые с внутренним конусом



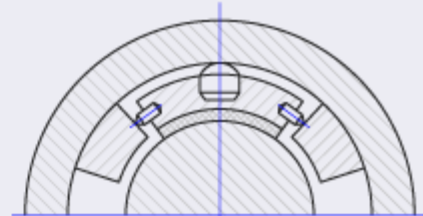
неразъемные регулируемые с наружным конусом



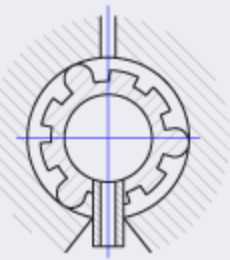
разъемные



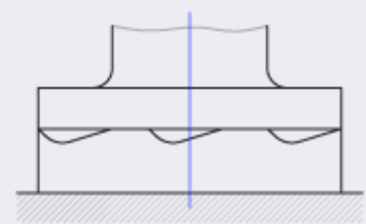
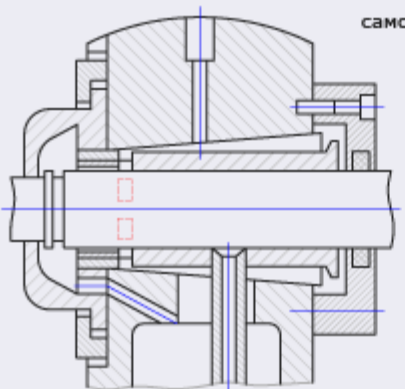
самоустанавливающиеся цельные



самоустанавливающиеся сегментные



многоклиновые цельные регулируемые



подпятник

МАТЕРИАЛЫ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Материал	Скорость скольжения, м/с	Удельная нагрузка, МПа	Область применения
Баббиты:			
оловянные Б88 Б83, Б83С	50	15-20	Заливка вкладышей, работающих с ударными нагрузками и высокой напряженностью
	50	10-15	
свинцовые Б16, БН	30	7,6-10	Заливка вкладышей, работающих при спокойной нагрузке и средней напряженности
кальциевые БКА, БК2	-	-	Заливка вкладышей при средних нагрузках и скоростях
Свинцовая бронза БрС30	50	15-20	Заливка стальных вкладышей, работающих при высоких скоростях и нагрузках
Оловянно-фосфористая бронза БР ОФ 10-1	10-15	15	Изготовление вкладышей для ответственных подшипников при высокой нагрузке и средних скоростях
оловянно-цинковые бронзы Бр ОЦС6-3-3, Бр ОЦС5-5-5	6-10	8-10	Вкладыши подшипников при средних скоростях и нагрузках
безоловянные Бр АЖ9-4, Бр АЖЮ-4-4	5-6	15	Вкладыши подшипников при работе с невысокими скоростями и повышенными нагрузками
Цинковые сплавы ЦАМ10-5Л, ЦАМ9-1.5Л	8-10	10-15	Заливка и изготовление целых вкладышей, работающих при средних скоростях и нагрузках с умеренной напряженностью
Антифрикционные чугуны АЧС-1, АЧС-2	5	20	Изготовление вкладышей для работы в паре с термически обработанным валом при безударной нагрузке
Металлокерамика, бронзографит, железографит	10-20	5-10	Изготовление вкладышей прессованием для работы с ограниченной смазкой Для смазки подшипников скольжения обычно используют жидкие минеральные масла. При малых скоростях и высоких нагрузках применяют пластичные смазочные материалы.

ВИДЫ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОДШИПНИКОВ

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.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Опишите конструкцию подшипника качения.
2. Каковы преимущества и недостатки подшипников качения по сравнению с подшипниками скольжения?
3. Какие формы тел качения используются для подшипников качения?
4. Приведите классификацию подшипников качения.
5. Назовите причины выхода из строя подшипников качения.
6. Какие подшипники называют подшипниками скольжения?
7. В каких случаях подшипники скольжения имеют преимущественное применение?
8. Из каких материалов изготавливаются подшипники скольжения?