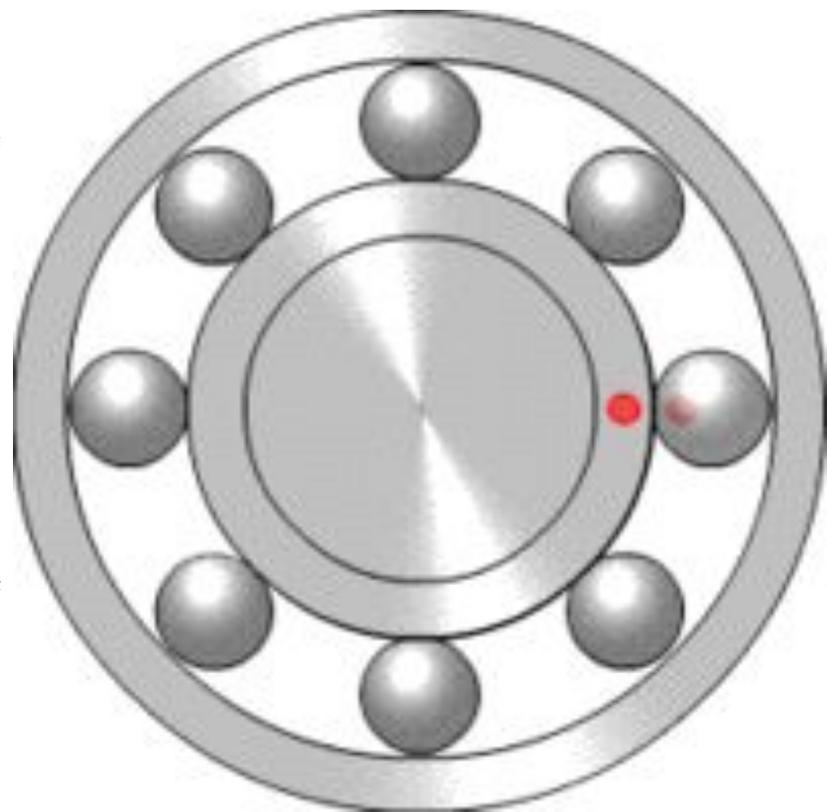


Подшипники качения

Подшипник — техническое устройство, являющееся частью опоры, которое поддерживает вал, ось или иную конструкцию, фиксирует положение в пространстве, обеспечивает вращение или линейное перемещение (для линейных подшипников) с наименьшим сопротивлением, воспринимает и передаёт нагрузку на другие части конструкции.

Основные типы подшипников: **подшипники качения**; подшипники скольжения; газодинамические подшипники; магнитные подшипники.

Подшипники качения работают преимущественно на **трении качения** (имеются только небольшие потери на трение скольжения между сепаратором и телами качения) поэтому по сравнению с подшипниками скольжения снижаются потери энергии на трение и уменьшается износ. Закрытые подшипники качения (имеющие защитные крышки) практически не требуют обслуживания (смазки), открытые — чувствительны к попаданию инородных тел, что может привести к разрушению подшипника.



Подшипники качения состоят из двух колец, тел качения (различной формы) и сепаратора, отделяющего тела качения друг от друга, удерживающего на равном расстоянии и направляющего их движение. По наружной поверхности внутреннего кольца и внутренней поверхности наружного кольца (на торцевых поверхностях колец упорных подшипников качения) выполняют желоба – дорожки качения, по которым при работе подшипника катятся тела качения.



Виды подшипников качения

Подшипники качения классифицируют по следующим признакам:

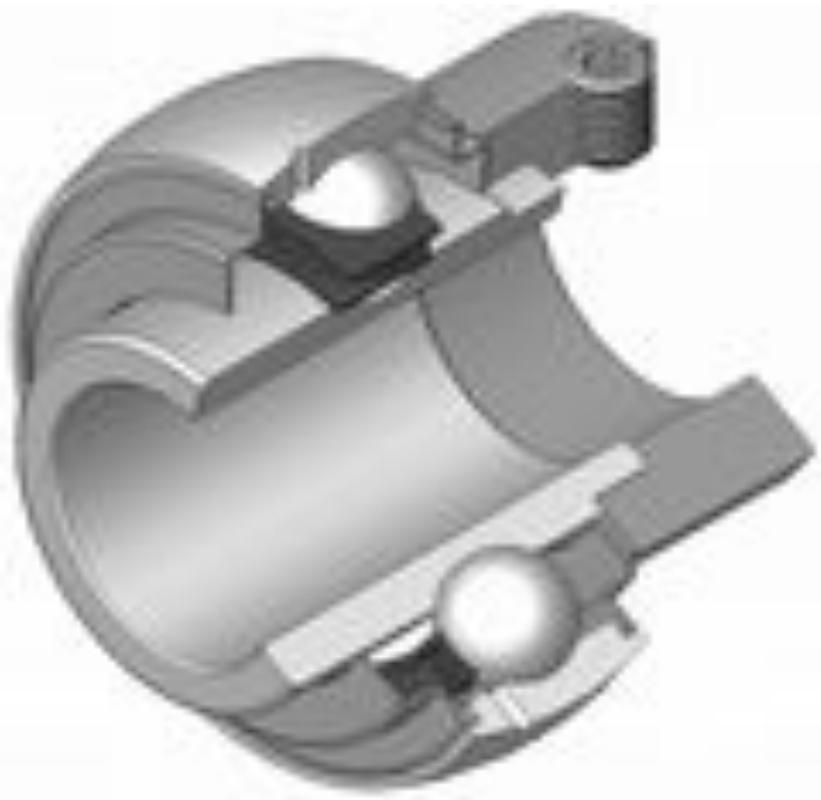
- по форме тел качения: *шариковые* и *роликовые*, причем последние могут быть цилиндрическими короткими, длинными и игольчатыми, а так же бочкообразными, коническими и витыми - пустотелыми;
- по направлению воспринимаемой нагрузки – *радиальные*, предназначенные для восприятия только радиальных или преимущественно радиальных сил, *радиально-упорные* – для восприятия радиальных и осевых сил - причём у регулируемых типов должна присутствовать осевая нагрузка. *Упорные*, для восприятия осевых сил, радиальную силу не воспринимают. *Упорно-радиальные* – для восприятия осевых и небольших радиальных сил;
- по числу рядов тел качения – *одно*, *двух* и *четырёхрядные*;
- по чувствительности к перекосам – *самоустанавливающиеся* (позволяют до 3° перекос) и *несамоустанавливающиеся*;
- с *цилиндрическим* или *конусным* отверстием внутреннего кольца;
- *сдвоенные* и др.



Состоит из внутреннего и наружного колец, одного ряда шариков и сепаратора. Этот подшипник воспринимает радиальную нагрузку, но может воспринимать одновременно и осевую нагрузку, которая не должна превышать 70% от неиспользованной радиальной, представляющей собой разность между допускаемой и действующей радиальными нагрузками. Благодаря компактности, достаточной нагрузочной способности и долговечности, возможности воспринимать осевую нагрузку и сравнительно небольшой стоимости имеет широкое распространение во всех областях машиностроения.

Радиальный шариковый подшипник

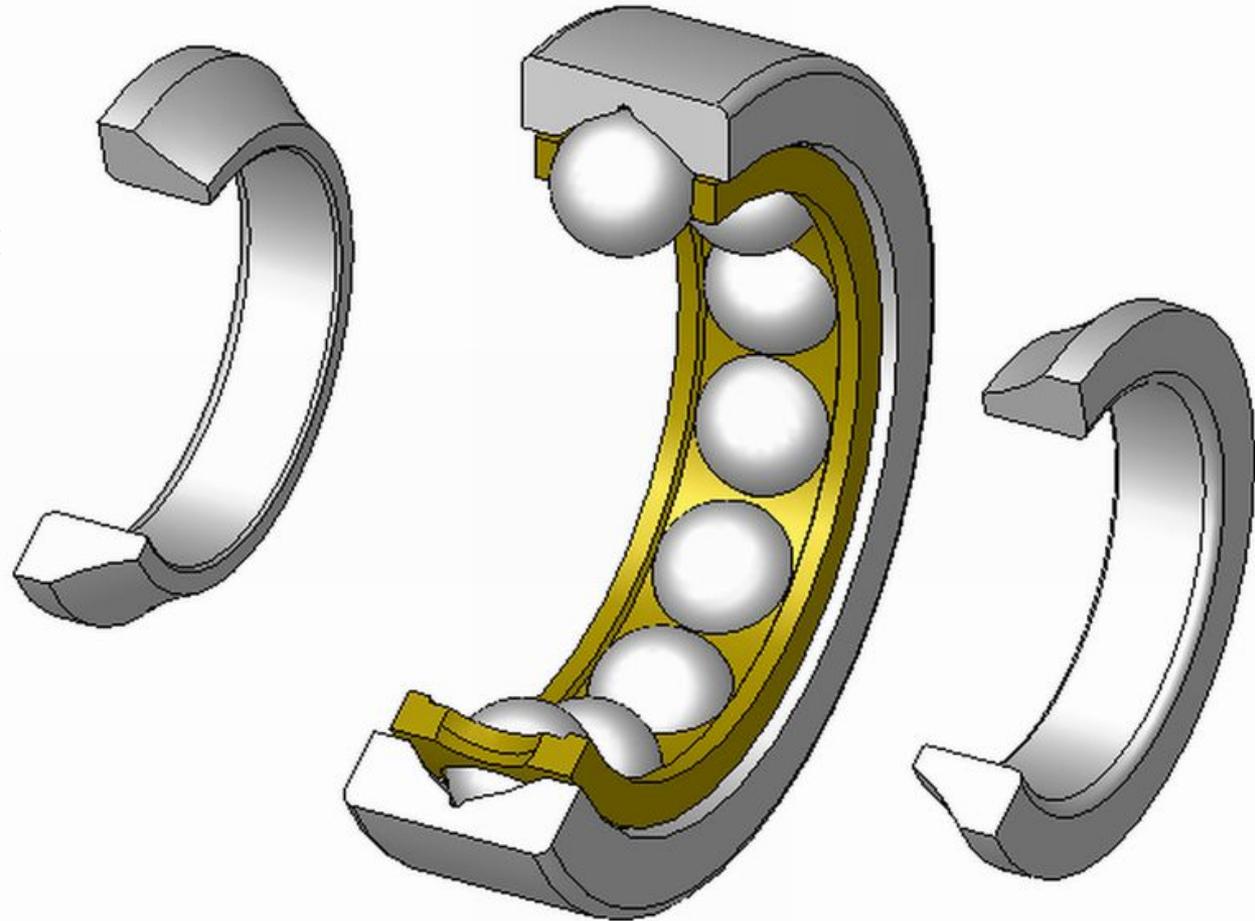




Радиальный шариковый
подшипник для
корпусных узлов

Радиально-упорный шариковый подшипник с четырёхточечным контактом

В шарикоподшипниках с четырёхточечным контактом, внутреннее и внешнее кольца являются разъемными, так как внутреннее кольцо расщепляется в радиальной плоскости. Подшипники воспринимают обе осевые нагрузки. Шарики имеют угол контакта 35° с каждым кольцом. Применяемые сепараторы, в основном, латунные.



Самоустанавливающийся двухрядный радиальный шариковый подшипник 1

У самоустанавливающегося шариковых подшипников внутреннее кольцо имеет две дорожки качения. Внешнее кольцо - одну сферическую дорожку с центром кривизны, совпадающим с осью подшипника, благодаря чему ось внутреннего кольца, шариков и сепаратора может отклоняться в небольшом диапазоне от центра подшипника.

Таким образом автоматически корректируется незначительная несоосность вала и корпуса, вызванная погрешностями обработки либо монтажа.



Самоустанавливающийся двухрядный радиальный шариковый подшипник 2

Этот тип шарикоподшипников допускает работу в условиях взаимных перекосов осей колец до 4° из-за сферической поверхности дорожки качения наружного кольца и могут воспринимать осевые силы в обоих направлениях.

Самоустанавливающиеся шарикоподшипники часто имеют коническое или цилиндрическое отверстие для установки на валу с помощью закрепительных втулок.

Сепараторы, как правило, штампованные.

Подшипники могут выпускаться с уплотнениями, смазанными на весь срок службы.

Самоустанавливающиеся шариковые подшипники, установленные в корпус, образуют подшипниковый узел.



Радиальный роликовый подшипник

В подшипниках этого типа ролики цилиндрической формы имеют линейный контакт с дорожками качения. Цилиндрические подшипники обладают высокой радиальной грузоподъемностью, а также соответствуют рабочим режимам с высокими скоростями вращения. Выпускаются однорядные и двухрядные конструкции.





Некоторые цилиндрические роликоподшипники не имеют фланцев на наружном и внутреннем кольце, таким образом, могут иметь осевые смещения относительно друг друга. Могут применяться в качестве подшипника, крепящего свободный конец вала.

Цилиндрические роликовые подшипники, в которых одно из колец имеет два борта, а другое лишь один, воспринимают осевые нагрузки в одном направлении. Двухрядные цилиндрические подшипники имеют высокую радиальную жесткость и применяются в первую очередь в точных машинах. Устанавливаемые сепараторы в основном стальные и латунные, реже используются сепараторы из полиамида.



Упорный роликовый подшипник

Роликовые сферические подшипники особо долговечны даже в тяжелых условиях работы. Могут выпускаться в уплотненном исполнении, смазанные на весь срок службы и не требующие обслуживания. Роликовые радиальные сферические двухрядные подшипники отличаются от радиальных сферических двухрядных шарикоподшипников большей грузоподъемностью, но меньшей быстроходностью.





*Сферические
роликподшипники с
бочкообразными
роликами.*

В подшипниках этого типа ролики располагаются между внутренним кольцом, имеющим две дорожки качения, и наружным кольцом с одной сферической дорожкой.

Подшипники являются самоустанавливающимися, так как центр кривизны дорожки наружного кольца совпадает с осью подшипника. При отсутствии чрезмерных нагрузок, несоосность и отклонение вала либо корпуса автоматически корректируется.

Данные подшипники способны воспринимать радиальные и осевые нагрузки в обоих направлениях. Имеют высокие показатели радиальной грузоподъемности и могут применяться в условиях значительных и ударных нагрузок.

Упорный шариковый подшипник



Одинарные упорные шарикоподшипники состоят из шайбообразных колец с дорожками качения. Кольцо, примыкающее к валу, называется тугим кольцом упорного подшипника (внутреннее кольцо), наружное кольцо по-другому называется свободным кольцом. В двойных упорных шарикоподшипниках добавлено третье кольцо (центральное), являющееся свободным, и второй набор шариков.

Применяется также сферическое подкладное кольцо, устанавливаемое под свободным кольцом для компенсации несоосности и погрешностей монтажа. В подшипниках малого размера, как правило, применяются стальные штампованные сепараторы, в крупногабаритных - механически обработанные стальные либо латунные.



Конические роликоподшипники

Подшипники этого типа имеют конические ролики, направляемые бортом внутреннего кольца. Имеют высокую радиальную и осевую грузоподъемность в одном направлении. Устанавливаются, в основном, спаренными, так же, как и однорядные радиально-упорные подшипники.



В этом случае необходимый зазор достигается подбором осевого расстояния между внутренними или внешними кольцами двух противоположных подшипников. Поскольку оба подшипника являются разъемными, монтаж внутренних колец с сепараторами и внешних колец может осуществляться независимо.

В зависимости от величины угла контакта, **конические роликоподшипники** делятся на три типа: с нормальным, средним и увеличенным углом. Производятся также двух- и четырехрядные конические роликоподшипники. В основном применяются сепараторы из штампованной стали.



Радиально-упорный
роликовый подшипник



Самоустанавливающийся
радиально-упорный
роликовый подшипник

Игольчатые роликоподшипники содержат в качестве тел качения множество тонких роликов (иголок) длиной от 3 до 10 диаметров. Так как соотношение наружного диаметра подшипника к диаметру вписанной окружности является небольшим, игольчатые роликоподшипники имеют более высокую грузоподъемность

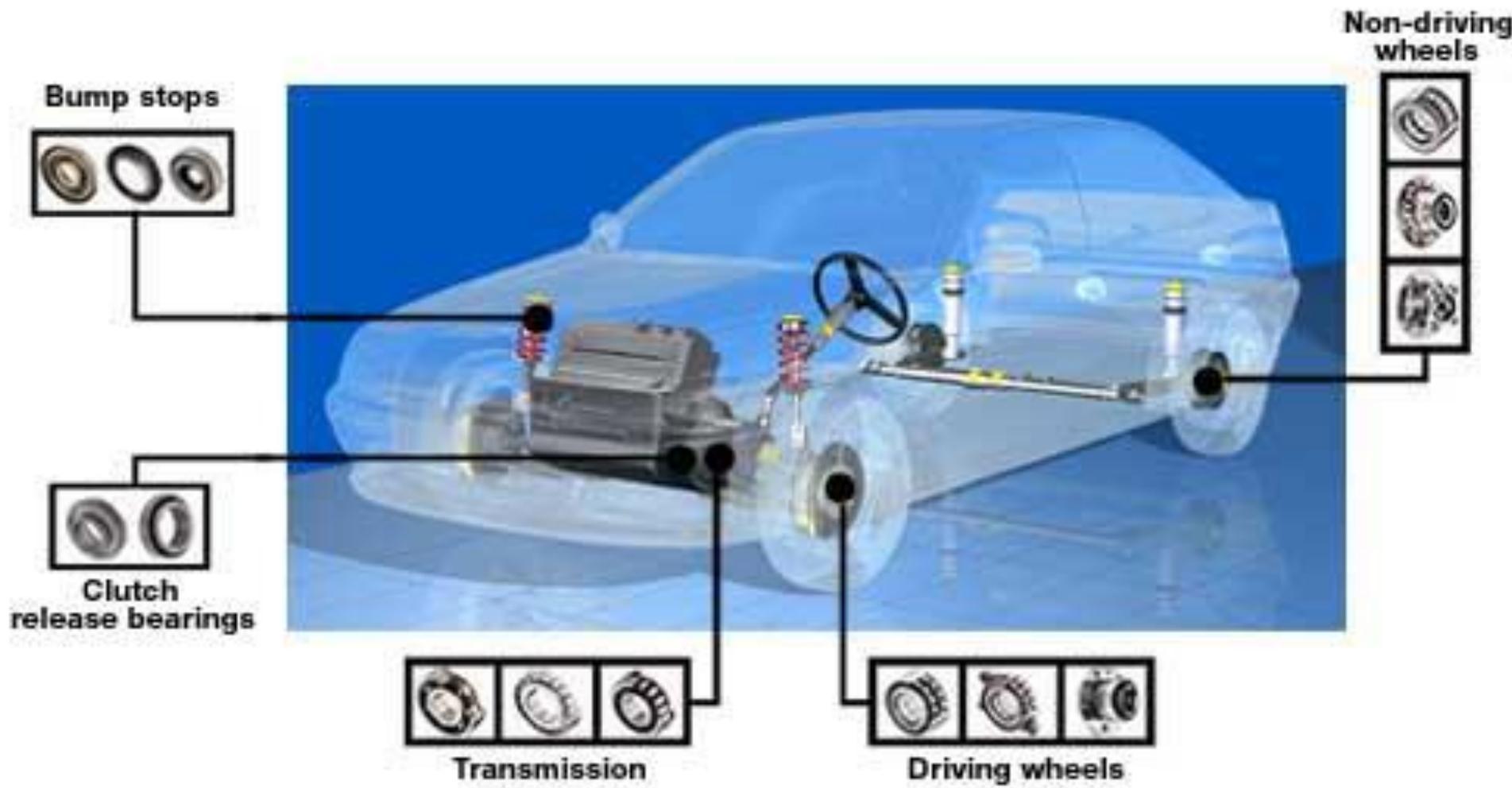


Подшипники данного типа обычно применяют при ограниченных радиальных размерах и при качательном движении.

Осевые нагрузки эти подшипники не воспринимают. Однако выпускаются и комбинированные подшипники, воспринимающие как радиальные, так и осевые нагрузки.

Среди выпускаемых **игольчатых роликовых подшипников** многие не имеют внутреннего кольца, что способствует уменьшению радиальных габаритов. Различаются подшипники со штампованным наружным кольцом и подшипники «сплошного» типа с механически обработанным наружным кольцом. Существуют также сепараторно- роликовые соединения без колец. Большинство подшипников имеют штампованные стальные сепараторы. Для восприятия высоких нагрузок иногда применяются подшипники без сепараторов с увеличенным **числом игл**.

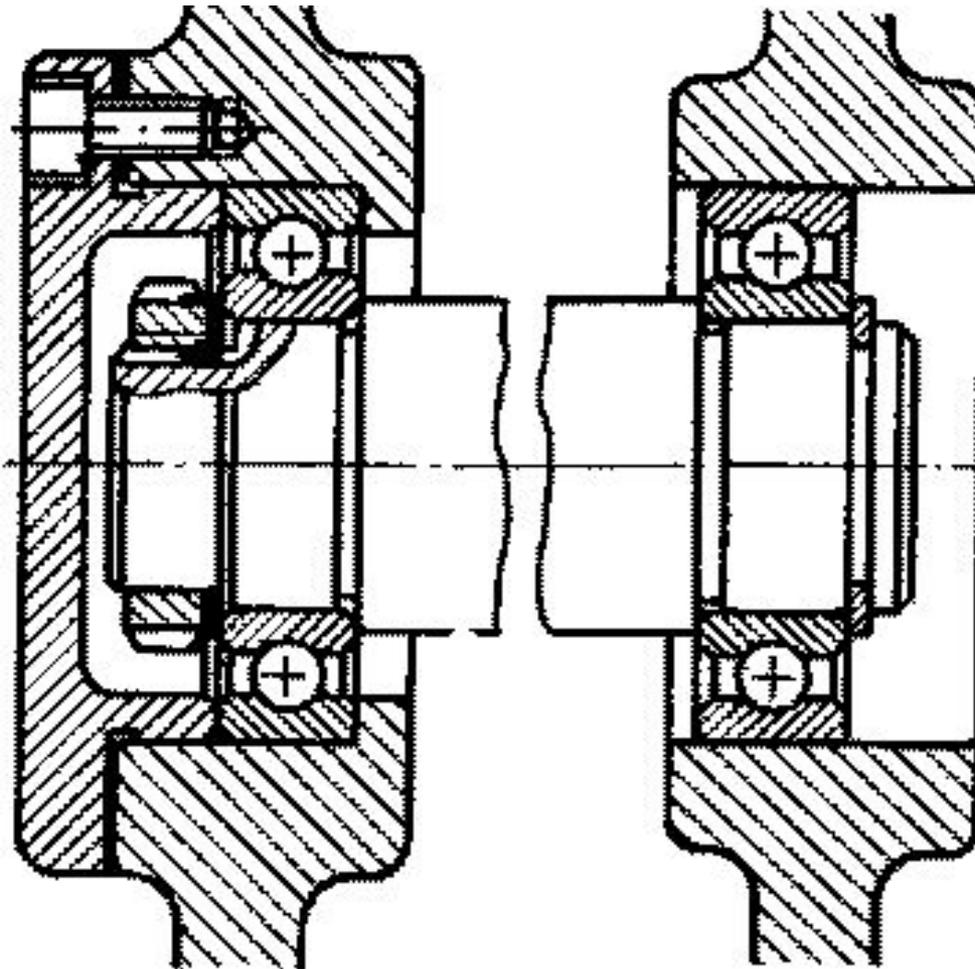




Установка, смазка и уплотнение подшипников

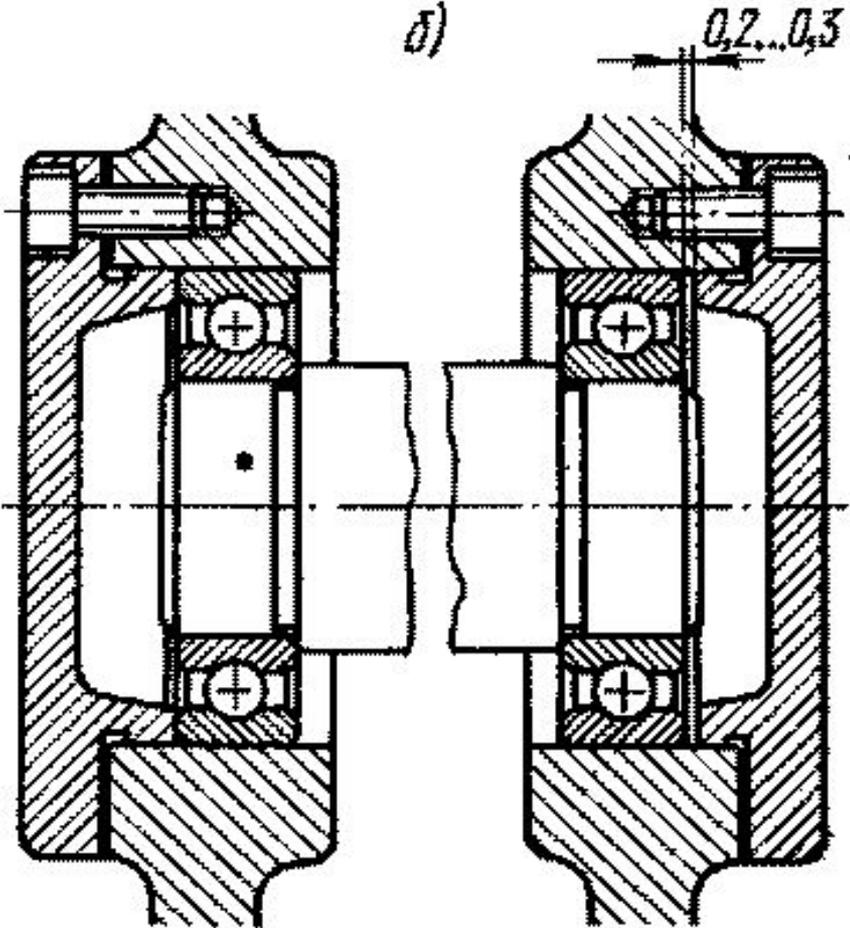
Подшипники качения должны точно фиксировать положение вала и не испытывать дополнительных нагрузок от температурной деформации вала, перетяжки при монтаже и т. п..

Длинные валы могут иметь значительные температурные деформации, и поэтому крепление их в корпусе осуществляется одной неподвижной опорой, другие опоры этих валов выполняют плавающими, т. е. допускающими осевое перемещение вала. Для осуществления свободных осевых перемещений наиболее подходит радиальные роликоподшипники с цилиндрическими роликами и радиальные шарикоподшипники с незакрепленными наружными кольцами.



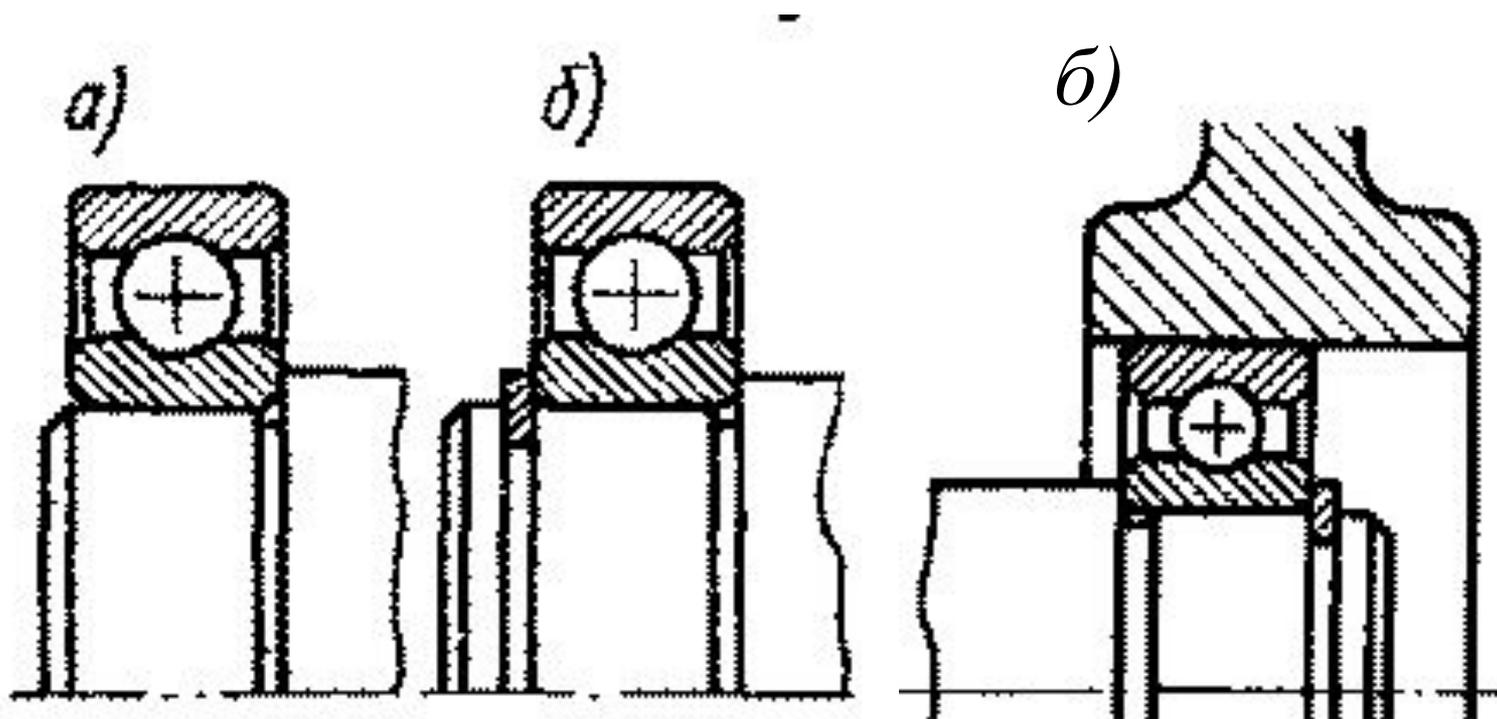
Короткие валы при отсутствии значительного нагрева можно крепить посредством двух опор, с тем чтобы одна из них удерживала вал в одном, а другая — в другом осевых направлениях.

Для предупреждения защемления тел качения в радиальных подшипниках предусматривают осевой зазор 0,2..0,3 мм между крышкой подшипника и наружным кольцом, а в радиально-упорных — осевую регулировку путем изменения общей толщины набора прокладок между фланцем крышки подшипника и его корпусом.

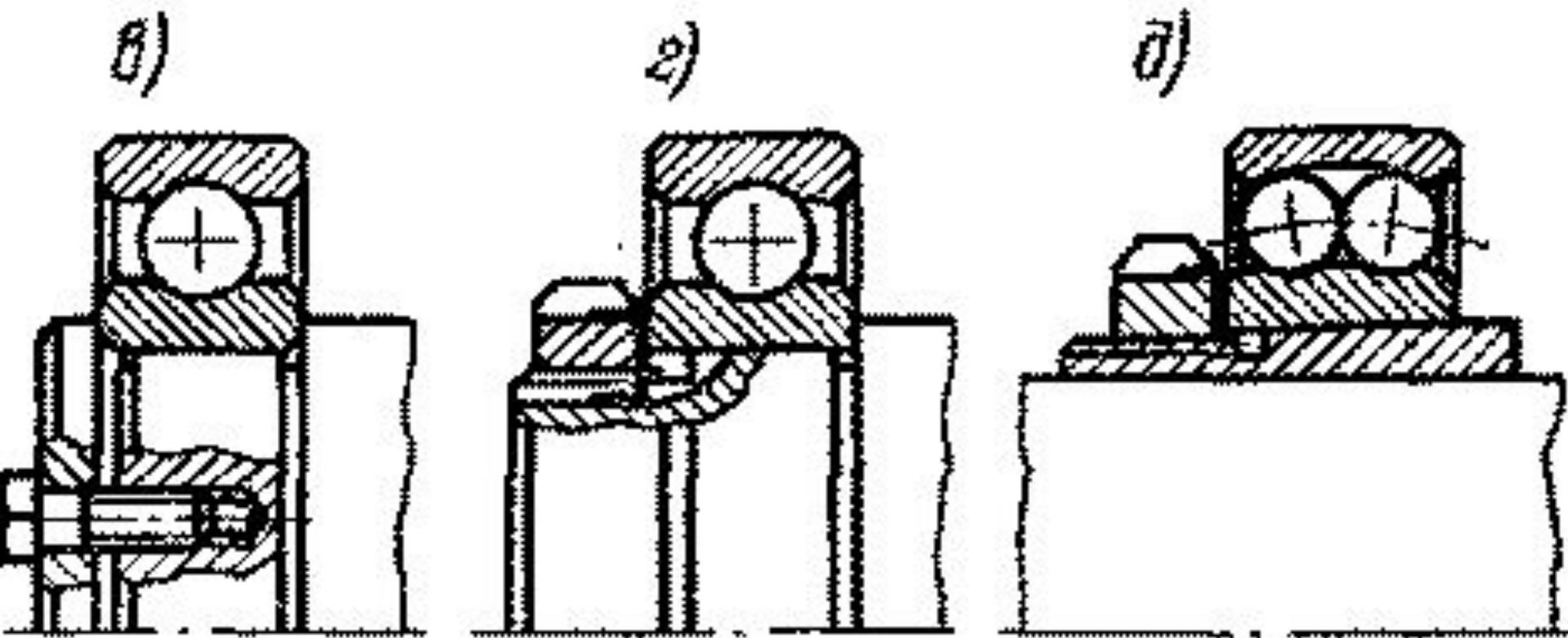


Внутренние кольца подшипников часто закрепляют на валах посредством только соответствующей посадки.

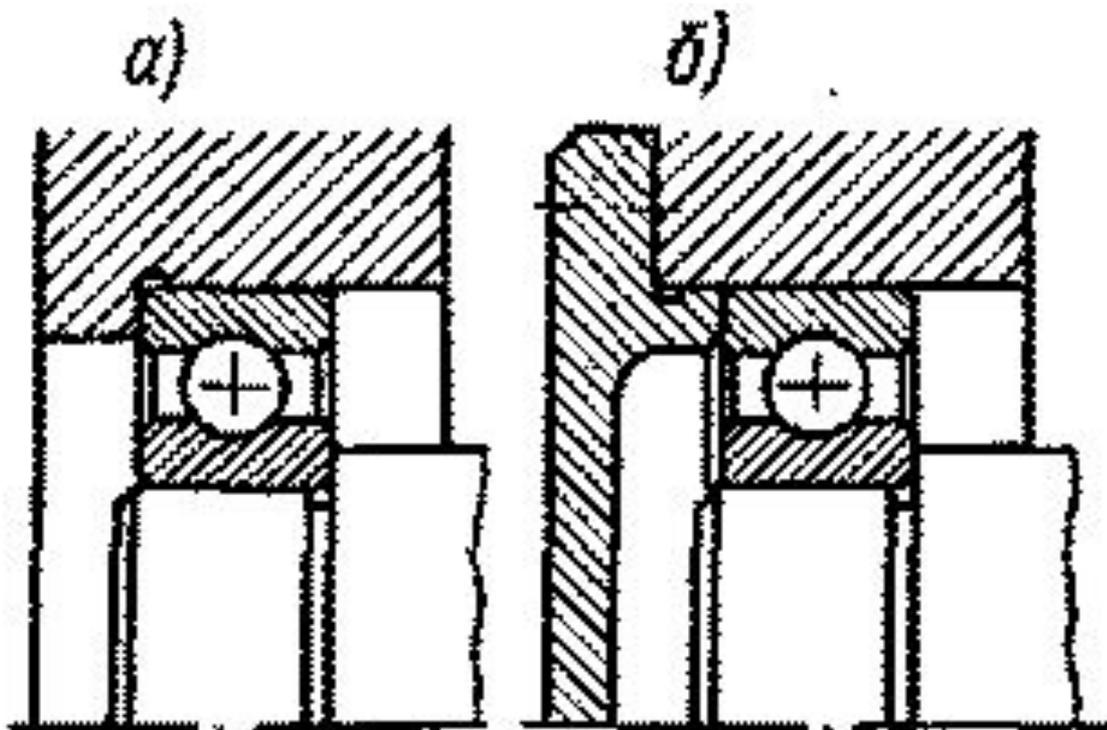
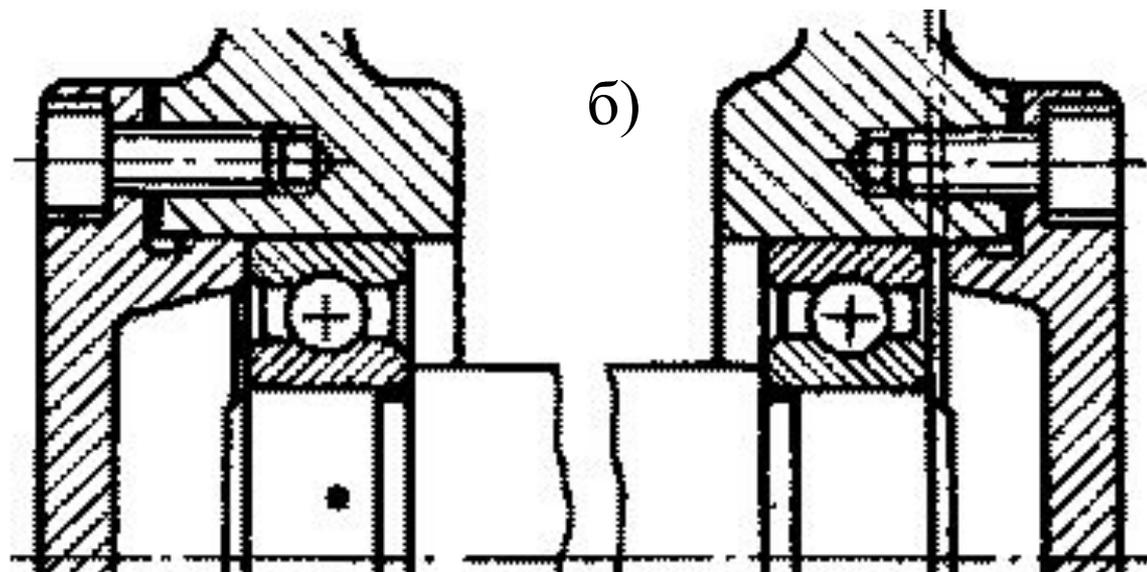
Внутренние кольца подшипников дополнительно закрепляют на валу: уступом вала, распорной трубкой и пружинным стопорным кольцом, закладываемым в кольцевую канавку вала (б),



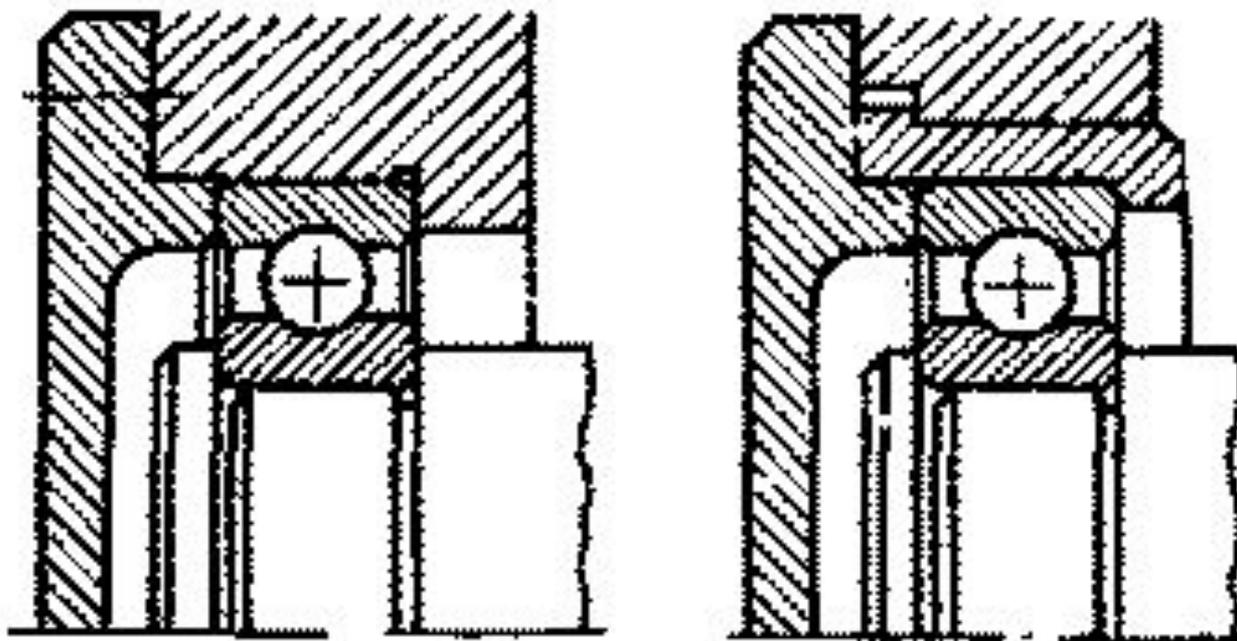
Закрепляют на валу: торцевой шайбой, закрепленной на валу винтами (в); упорной гайкой со стопорной шайбой, в которой внутренний зуб входит в паз на валу, а один из наружных зубьев отгибается в шлиц гайки (г), и другими средствами закрепления. Закрепление внутренних колец подшипников качения на валах постоянного диаметра (например, трансмиссионного) осуществляют с помощью конической разрезной закрепительной втулки и упорной гайки со стопорной шайбой (д).



Наружные кольца подшипников качения закрепляют во вращающемся корпусе посредством соответствующей посадки (обычно напряженной или плотной) и дополнительно следующими средствами: для устранения возможности перемещения в одном осевом направлении — уступом (запечиком, буртиком) в корпусе (а), стакане или в крышке подшипника (б).



Для устранения возможности перемещения в обоих осевых направлениях закрепляют - сочетанием уступов в корпусе и крышке (*в*) или в стакане и крышке (*г*). Для перемещающихся колец плавающих подшипников или для колец радиально-упорных подшипников качения, подлежащих осевому перемещению в процессе регулирования их установки, предусматривают соответствующую посадку.

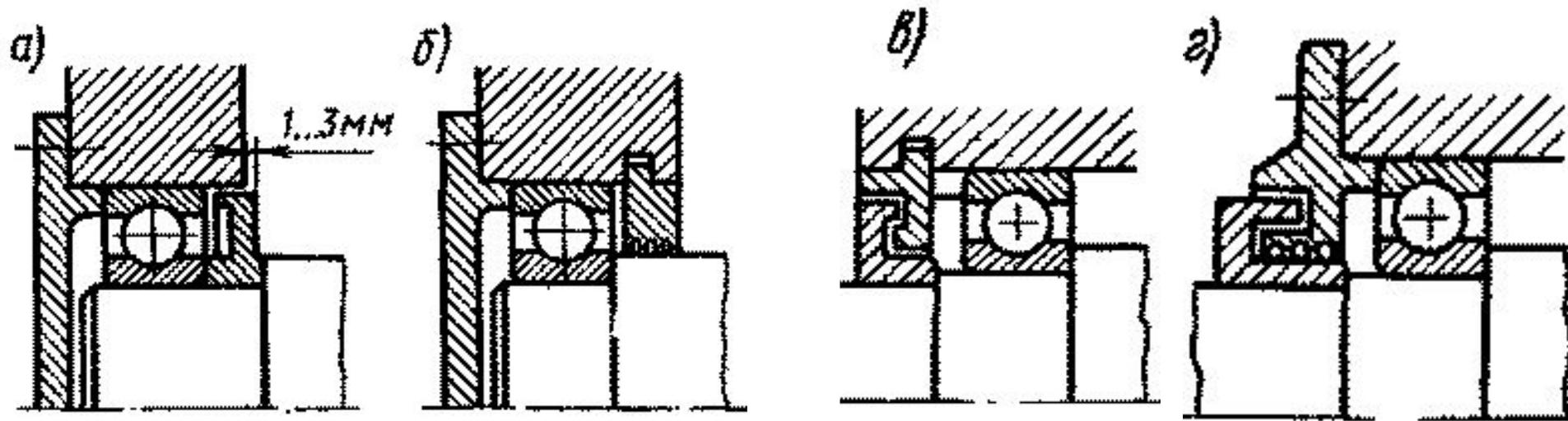


Смазка подшипников качения влияет на их долговечность, уменьшает трение между телами качения, кольцами и сепаратором, предохраняет их от коррозии и способствует охлаждению подшипника. Для смазки подшипников качения применяют консистентные мази и жидкие минеральные масла. Консистентные мази применяют при температуре подшипника $<90 \dots 100$ °С. Допускаемая температура при жидкой смазке $<120 \dots 150$ °С, а иногда и выше. Жидкая смазка более эффективна в отношении уменьшения потерь на трение и охлаждения подшипника.

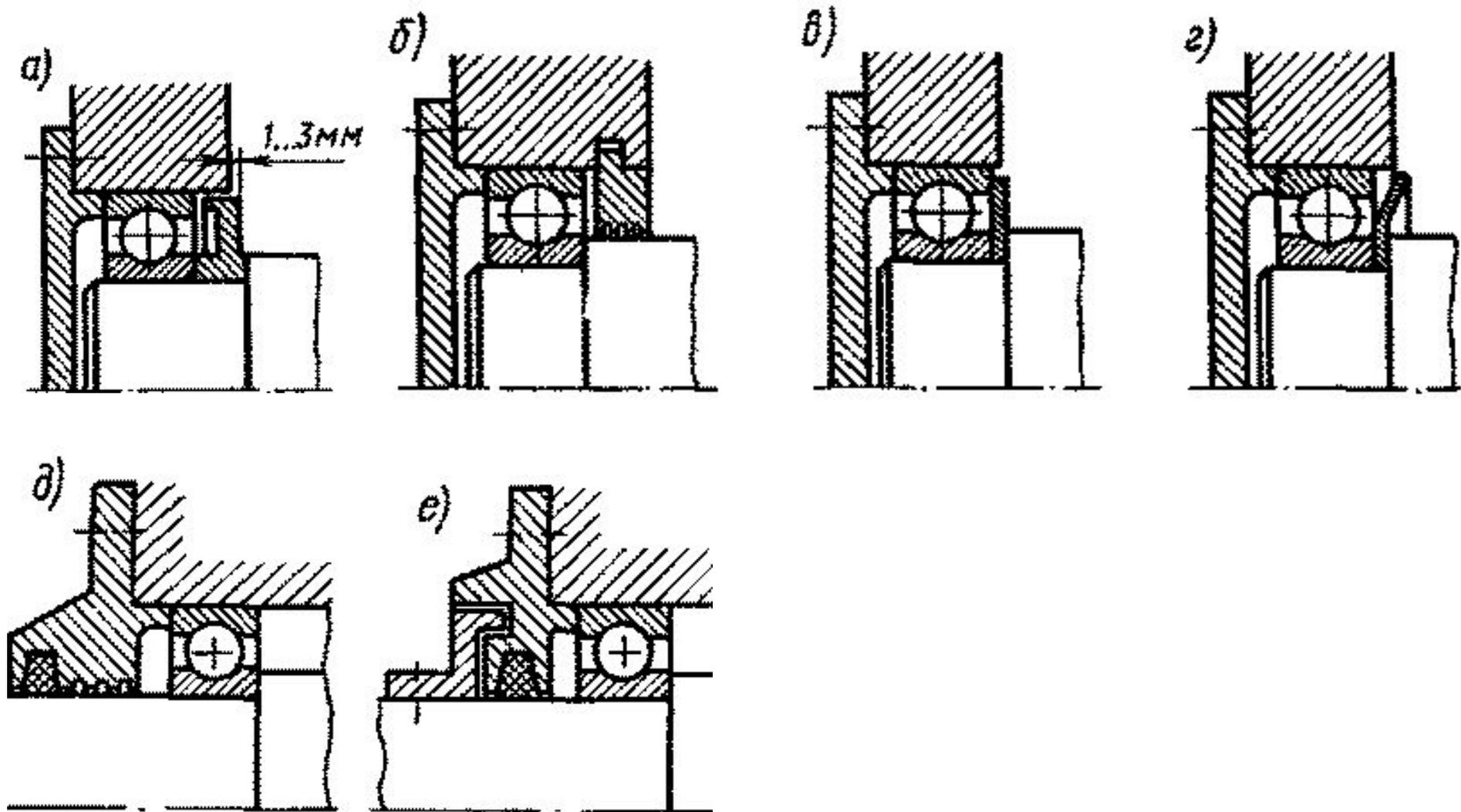
Консистентные мази закладывают в камеры корпусов подшипников на $\frac{1}{3} \dots \frac{2}{3}$ их свободного объема и периодически восполняют.

Подачу жидкого масла к подшипникам качения горизонтальных валов осуществляют при частоте вращения $n < 10000$ мин⁻¹ масляной ванной или разбрызгиванием и к быстроходным валам — масляным туманом или капельной смазкой. При смазке подшипников масляной ванной уровень масла во избежание повышенных потерь должен быть не выше центра нижнего шарика или ролика. При смазке подшипников разбрызгиванием из масляной ванны, обычно расположенной ниже подшипников, масло захватывается и разбрызгивается одним из быстро вращающихся колес или специальными шестернями, дисками, крыльчатками.

Подшипники качения должны быть тщательно защищены от попадания в них пыли и грязи. Для этого, а также для предохранения вытекания смазки из корпуса подшипника применяют различные внешние уплотняющие устройства.



Контактные уплотняющие устройства, плотно прилегающие к валу. Из них манжетные уплотнения (*а*) применяют чаще, так как они вполне надежны при жидкой и консистентной смазке подшипников и окружной скорости вала до 10 м/с. Войлочное уплотнение (*б*) применяют при окружной скорости вала до 5 м/с. На рис. (*а, б*) показаны щелевые уплотнения без проточек (*а*) и с проточками (*б*). К данной группе уплотнений относят также уплотнения защитными или маслоотражательными шайбами (*в, г*). Так как щелевые уплотнения недостаточно надежно защищают подшипники от попадания пыли и грязи, то их применяют для подшипников качения машин, работающих в чистой и сухой воздушной среде. Лабиринтные уплотнения (*в*) самые надежные, особенно при больших частотах вращения валов.



Уплотнения, основанные на действии центробежной силы (*a, в, г*), применяют в качестве внутренних. В ответственных случаях применяют комбинированные уплотнения (*б, д, е*).