









## Посадки

Эффективная работа подшипников во многом связана с посадкой, т.е. видом соединения подшипника с корпусом и валом. Посадкой регламентируется положение наружного и внутреннего колец подшипников в радиальном направлении, а также фиксация от проворота относительно корпусных деталей. Посадочная поверхность корпусной детали должна плотно соприкасаться с поверхностью подшипника, поэтому на ней недопустимы выступы, заусенцы, разные неровности, которые будут снижать грузоподъемность подшипника. При наличии недопустимого зазора между посадочными поверхностями подшипника и корпусной детали между ними может возникнуть скольжение, что способствует быстрому износу или повреждению посадочной поверхности. Подшипники должны быть смонтированы таким образом, чтобы температурные изменения не вызывали их защемления или недопустимых зазоров. Это обычно решается подвижным («плавающим») в осевом направлении подшипником. Наконец, в большинстве машин требуется, чтобы подшипник можно было легко монтировать и демонтировать.

Для выбора посадки большое значение имеет направление нагрузки относительно кольца подшипника. Если кольцо подшипника находится в покое относительно направления действия нагрузки, то такую нагрузку принято называть местной. Если кольцо подшипника вращается по отношению к направлению действия нагрузки, то такую нагрузку на кольцо называют циркуляционной. В данном случае кольцо воспринимает нагрузку последовательно всей окружной поверхностью дорожки качения. При одновременном воздействии на кольцо подшипника нагрузки, постоянной по направлению (например, сила веса), и переменной (например, вращающейся массы), нагрузку называют колебательной. Таким образом, при одном и том же направлении нагрузки наружное и внутреннее кольцо подшипника испытывают разное нагружение в зависимости от того, какое из них вращается.

Если кольцо какое-то время находится под циркуляционной нагрузкой, а остальное время — под местной или колебательной нагрузкой, то такую нагрузку называют неопределенной.

При местной нагрузке на кольцо применяют посадки движения с зазором, если не требуется посадка с натягом по другим соображениям. Чрезмерное увеличение зазора не приводит к провороту кольца на валу или в корпусе, но ухудшает распределение нагрузки.

При циркуляционной нагрузке на кольцо, колебательной и неопределенной нагрузке посадки вращающихся колец подшипников применяют с натягом. Прочность соединения кольца с валом или корпусом (натяг в посадке) должна быть тем больше, чем тяжелее режим работы подшипника, характеризуемый соотношением эквивалентной нагрузки и динамической грузоподъемности и чем больше его размеры. Для роликовых подшипников, как правило, назначают более тугие посадки, чем для шариковых.

Подшипники качения монтируют на валы в системе отверстия с той лишь разницей, что допуск на основной размер кольца установлен отрицательным относительно нулевой линии, т.е. верхнее отклонение всегда равно нулю см.рис.

Поле допуска на диаметр отверстия подшипника обозначается  $L_{dmp}$ , т.е. для классов точности подшипников 0, 6, 5, 4, 2 должны применять обозначения полей допусков диаметра отверстия в посадке L0, L6, L5, L4, L2. Например посадка подшипника класса точности 6 с диаметром отверстия 30 мм на вал ква-

литета h6 обозначается  $\varnothing 30 \frac{L6}{h6}$  (или  $\varnothing 30 L6/h6$ ).

Подшипники качения монтируют в отверстие корпуса в системе основного вала. Поле допуска для среднего наружного диаметра подшипника обозначают  $I_{Dmp}$ , т.е. для разных классов точности подшипников применяются обозначения полей допусков наружного диаметра в посадке 10, 16, 15, 14, 12. Например, посадку подшипника с наружным диаметром 72 мм класса точности 6 в отверстие 7-го

квалитета обозначают  $\varnothing 72 \frac{N7}{L6}$  (или  $\varnothing 72 N7/16$ ).

Для монтажа на вал и в корпус используют систему посадок, изображенную на рисунке. Из представленного широкого ряда посадок на вал на практике чаще реализуют посадки g6, h6, j6, k6, m6, n6, p6, r6, а при высоких требованиях к точности вращения h5, j5, k5, m5. Для посадок в корпус чаще реализуют посадки G7, H8, H7, J7, K7, M7, N7, P7, а при высоких требованиях к точности вращения — J6, K6, M6, N6, P6.

С целью сочетания с подшипниками разных классов точности применяют следующие квалитеты валов: для подшипников классов точности 0 и 6 — 6-й квалитет вала; для классов точности 5-го и 4-го — 5-й квалитет вала; для класса точности 2-го — 4-й и 3-й квалитет вала.

Для сочетания подшипников разных классов точности применяют следующие квалитеты отверстий: для подшипников классов точности 0 и 6 — 7-й квалитет отверстия; для классов точности 5-го и 4-го — 6-й квалитет отверстий; для класса точности 2-го — 5-й и 4-й квалитеты отверстия.

Режим работы подшипников по интенсивности нагружения условно оценивают по отношению нагрузки к динамической грузоподъемности как легкий ( $P \leq 0,07C$ ), нормальный ( $P \leq 0,15C$ ), тяжелый ( $P > 0,15C$ ). Посадки для подшипников, работающих при ударных и вибрационных нагрузках (в железнодорожных и трамвайных буксах, на коленчатых валах дви-

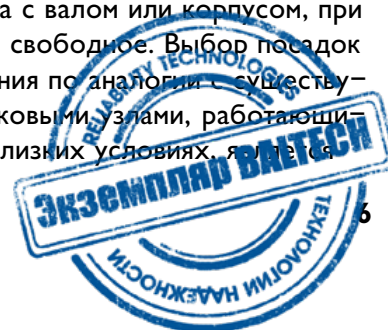
гателей, в узлах дробилок, прессов, экскаваторов и т.п.), выбирают как для тяжелого режима работы, независимо от величины нагрузки.

При выборе посадок с натягом (часть переходных и прессовых посадок) необходимо учитывать, что зазор в подшипнике может уменьшаться от 50 до 80% от измеренного натяга в зависимости от жесткости колец подшипника и материала сопрягаемых деталей из-за растяжения внутренних колец и сжатия наружных. Это относится особенно к небольшим нежестким шарикоподшипникам, имеющим незначительный радиальный зазор. Следовательно, в таких случаях желательно принимать посадки с минимальным натягом или без него.

В упорных подшипниках вращающееся кольцо монтируют по посадке с натягом, а неподвижное — по посадке с зазором, при чем опорные поверхности сопрягаемых деталей должны быть перпендикулярны оси вращения, чтобы нагрузка распределялась равномерно на все тела качения. Для сферопорных роликоподшипников, которые кроме осевой нагрузки воспринимают и радиальную, посадки выбирают по тем же параметрам, что и для радиальных подшипников.

При использовании корпусов из легких сплавов необходимы более плотные посадки, чем в случае стали и чугуна, из-за меньшей твердости и большего коэффициента температурного расширения. В отдельных случаях при монтаже подшипника в разъемный корпус следует избегать посадок с натягом вследствие возможного защемления наружного кольца, что может привести к его деформации и нарушению распределения сил в подшипнике.

При циркуляционном и колебательном нагружении требуется, как правило, неподвижное соединение кольца с валом или корпусом, при местном — более свободное. Выбор посадок по опыту применения по аналогии с существующими подшипниковыми узлами, работающими в равных или близких условиях, является



самым распространенным и проверенным. В общем монтаж и демонтаж подшипников при посадке с зазором удобней, чем при посадке с натягом. Однако это обстоятельство не должно служить причиной отказа от посадки с натягом, если таковая требуется по другим соображениям.

Подшипники с коническим отверстием монтируют непосредственно на конический вал или с помощью закрепительных или закрепительно-стяжных втулок, имеющих соответствующую конусную поверхность. Применение таких конструкций облегчает монтаж-демонтаж, монтаж на втулках позволяет осуществить крепление подшипников на гладком валу, а порой и отрегулировать величину радиального зазора.



## Зазоры в подшипниках

Под зазором в подшипнике понимают величину перемещения, которая образовывается при сдвиге одного кольца подшипника относительно другого при определенной малой измерительной нагрузке в радиальном направлении (радиальный зазор) G<sub>r</sub> и осевом (осевой зазор) G<sub>a</sub>.

Различают три вида зазоров: начальный, посадочный и рабочий. Под начальным радиальным зазором понимают зазор подшипника в состоянии поставки. Замеры радиального зазора осуществляются с помощью прибора путем смещения одного из колец подшипников в крайнее его положение под определенной нагрузкой, для некоторых конструктивных групп подшипников замеры радиального зазора выполняют методом подбора щупа соответствующей зазору толщины. Для разных конструктивных групп радиальных подшипников имеются свои группы (ряды) радиальных зазоров. Каждая группа ограничена минимальной и максимальной величинами допускаемого радиального зазора и обозначается номером (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, нормальная). Маркировка группы зазора выполняется на подшипнике и упаковке слева от места нанесения класса точности подшипника. Например, подшипник типа 205 класса точности 5, группы радиального зазора 8 обозначается 85–205. Наиболее распространенную группу радиальных зазоров называют нормальной. Она не имеет номера и не проставляется в условном обозначении подшипника. С таким зазором изготавливается большая часть радиальных шариковых и роликовых подшипников, которые обеспечивают для большинства случаев при обычных посадках удовлетворительную работу подшипникового узла.

Под посадочным радиальным зазором понимают зазор, установившийся после монтажа подшипников. Причинами его изменения является упругая деформация колец, вызванная посадочными натягами и погрешностями формы посадочных мест.

Рабочим радиальным зазором называют зазор в подшипнике при установившихся температурном и рабочем циклах машины. При этом из-за перепада температур он может уменьшаться или увеличиваться вследствие того, какое из колец получает больше тепла. Тепловое удлинение вала может увеличивать или уменьшать зазор в зависимости от конструкции подшипника и схемы его монтажа. Зазор возрастает пропорционально нагрузке на подшипник. С учетом этих факторов необходимо выбирать соответствующую группу радиального зазора подшипника. Принимают, что наиболее благоприятным рабочим зазором для радиальных шариковых подшипников является вариант, когда он близок к нулю и даже натяг малой величины можно считать благоприятным. Но если эти подшипники воспринимают только осевые нагрузки, то они должны иметь увеличенный зазор, который позволяет увеличить рабочий угол контакта и тем самым повысить осевую грузоподъемность.

Роликовые подшипники с цилиндрическими, коническими и сферическими роликами, как правило, должны иметь небольшой рабочий зазор в узлах общего применения. Но в отдельных случаях они устанавливаются и с преднатягом как, например, роликовые подшипники с цилиндрическими роликами в точных шпинделях станков или конические роликовые подшипники в главной передаче автомобиля.

Когда резко изменяется температура между валом и корпусом, в случае больших натягов при посадках, требуется применение подшипников с начальными зазорами больше или меньше нормального.





## Предельная частота вращения

Допускаемая частота вращения обычно приводится для двух видов смазки: пластичной и жидкой масляной. Однако это не означает, что максимальная частота вращения приемлема для любой нагрузки. Конечным, ограничивающим скорость фактором является температура, которая зависит от трения в подшипнике и возможности теплоотвода. При работе на частоте вращения, соответствующей предельным значениям, предполагается, что рабочий радиальный зазор достаточен для компенсации разности линейного расширения наружного и внутреннего колец из-за их разных температур; в узле применяются жесткие валы и корпуса; смазка подобрана надлежащим образом. Величина допускаемой максимальной нагрузки определяется температурным фактором.

Определение предельной частоты вращения на данном уровне расчетного ресурса (долговечности) предусматривается в стандарте ГОСТ 20918-75.

Изменением режима нагружения и смазки можно в отдельных случаях несколько превысить номинальную предельную частоту вращения. При этом дозировка надлежаще подобранной смазки должна быть строго регламентированной и должен обеспечиваться отвод возникающего от трения тепла. Дальнейшее существенное превышение указанной предельной частоты вращения связано с конструктивным усовершенствованием подшипников, в первую очередь сепараторов, улучшения смазки и т.д. При возникновении проблем, связанных с эксплуатацией подшипников на большей частоте вращения, следует обращаться за консультацией на МПЗ.

При высоких скоростях вращения и больших ускорениях возникает опасность проскальзывания колец относительно тел вращения. Поэтому для радиальных подшипников минимальная величина радиальной нагрузки составляет 0,02 С.



## Учет влияния повышенных температур

Если подшипники предназначены для работы в условиях повышенных температур, то из-за уменьшения твердости, колебания уровня ударной вязкости их долговечность несколько снижается. Чтобы не происходило изменение размеров деталей, их дополнительный отпуск проводят при более высоких температурах, чем максимальные рабочие температуры подшипников.

Такие подшипники имеют дополнительную маркировку справа от условного обозначения подшипника. В **таблице I** приводятся значения коэффициентов, на которые умножаются значения выбранной динамической грузоподъемности в зависимости от рабочей температуры подшипника.

Таблица I. Значение температурного коэффициента

Знак дополнительной маркировки	Рабочая температура подшипника, °С	Температурный коэффициент
T	160	0,90
T1	180	0,85
T2	200	0,80
T3	250	0,71
T4	300	0,60



## Материал

Качество подшипников в значительной степени определяется свойствами материала. Минским подшипниковым заводом используются подшипниковые стали, которые обладают высоким сопротивлением контактной усталости и высокой износостойкостью.

Для колец и тел качения преимущественно применяется хромоуглеродистая твердокалая сталь высокой чистоты. Вся закупаемая сталь, поступающая на завод, подвергается исследованию на соответствие основным техническим требованиям по химсоставу, загрязненности неметаллическими включениями, структуре металла. Для этой цели на заводе имеются соответствующие лаборатории, оснащенные современной аппаратурой и приборами, и имеющими в своем составе высококвалифицированных специалистов.

Вся тепловая и механическая обработка колец и тел качения ведется с применением средств неразрушающего контроля, что позволяет

обеспечить большую стабильность технологического процесса. Заводом проводятся систематические испытания основных типов выпускаемых подшипников на усталостную долговечность, чем осуществляется проверка базовой динамической грузоподъемности и качества применяемой стали.

Штампованные сепараторы изготавливаются из низкоуглеродистой листовой стали. Для роликовых подшипников такие сепараторы подвергают поверхностному антикоррозионному покрытию. Массивные сепараторы изготавливают из латуни центробежным методом литья, дуралюмина и пластмасс — методом литья под давлением. Из пластмасс преобладают стеклонаполненные полиамиды.

В таблице 2 представлены наиболее распространенные подшипниковые высокоуглеродистые стали, используемые Минским подшипниковым заводом.

Таблица 2. Химический состав подшипниковых сталей

Марка стали	Массовая доля элементов, %									
	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ni	Cu	Ni+Cu	
					не более					
ШХ15	0,95–1,05	0,17–0,37	0,20–0,40	1,30–1,65	0,02	0,027	0,30	0,25	0,50	
ШХ15СГ	0,95–1,05	0,40–0,65	0,90–1,20	1,30–1,65	0,02	0,027	0,30	0,25	0,50	
ШХ15СГ	0,95–1,00	0,55–0,85	1,40–1,70	1,40–1,70	0,02	0,027	0,30	0,25	0,50	

