

*БЛЮМ Е. О.,
кандидат технических наук*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СЕПАРАТОРОВ НА ШУМ И ВИБРАЦИЮ ШАРИКОПОДШИПНИКОВ

Одной из важнейших проблем, связанных с использованием подшипников качения, является проблема снижения шума и вибрации, появляющихся во время их работы.

Практика эксплуатации подшипников качения показывает, что шум и вибрации могут возникать не только в период, предшествующий выходу их из строя, но и в начальный период работы.

Если появление шума у изношенных подшипников может считаться нормальным явлением, то шум и вибрация у подшипников, не израсходовавших еще запаса своей работоспособности, свидетельствуют о их ненормальной работе и требуют принятия необходимых мер по устранению этих недостатков.

Аналізу причин возникновения шума и вибраций в подшипниках качения посвятили свои работы В. Н. Трейер, П. Д. Волков, З. Б. Лившиц, Д. С. Львов, Ю. С. Крючков и некоторые другие исследователи.

Трудность решения этой задачи определяется тем обстоятельством, что возникновение шума и вибраций во время работы подшипников качения зависит от многих причин, связанных с конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами как самих подшипников, так и подшипниковых узлов. К их числу относится еще такой мало исследованный фактор, как влияние сепараторов на шумность работы подшипников качения.

Экспериментальные исследования влияния сепараторов на шум и вибрацию подшипников качения были произведены с помощью специального стенда с гидравлическим нагрузочным устройством, оснащенного электротензометрической и шумоизмерительной аппаратурой.

Испытания показали, что возникновение шума и вибраций в шарикоподшипниках в значительной степени зависит от характера взаимодействия сепараторов с телами качения.

Теоретические и экспериментальные исследования позволили установить, что сепараторы не только разделяют тела качения, но и подвергаются с их стороны воздействию пульсирующих сил

надавливания. Это происходит из-за различных угловых скоростей тел качения и сепаратора (относительно оси вращения вала) в нагруженной области шарикоподшипника, а также колебаний тел качения в гнездах сепаратора.

Переменные силы надавливания тел качения на сепаратор, периодически изменяющиеся за время одного его оборота, определяют собой пульсирующий характер напряженного состояния сепаратора. Упругое контактное сжатие, растяжение перемычек гнезд и изгиб сепаратора повторяются в течение одного его оборота столько раз, сколько тел качения находится в межколечном пространстве шарикоподшипника. Эти пульсирующие деформации как отдельных участков, так и всего сепаратора в целом, а также неустойчивые движения шаров в гнездах сепараторов являются источниками колебаний, вызывающими появление шума и вибраций шарикоподшипников во время их работы.

В процессе экспериментальных исследований к шарикоподшипникам № 312 прикладывались различные радиальные нагрузки — 175, 500 и 750 кг. При этом было установлено последовательное увеличение шума и вибраций этих подшипников. Затем были произведены сравнительные испытания при указанных нагрузках шарикоподшипников, оснащенных одинаковыми по конструкции бронзовыми массивными сепараторами, но имеющими различное количество гнезд для помещения в них тел качения.

Шарикоподшипники, в межколечном пространстве которых было 6 шаров, показали возрастание шума и вибраций по сравнению с подшипниками, в межколечном пространстве которых было помещено 8 шаров.

В первом случае каждый из шаров, находящихся в нагруженной области шарикоподшипника, воспринимал большие усилия, что приводило к возрастанию упругих деформаций поверхностей этих шаров и беговых дорожек колец в местах их контакта, а следовательно, и к увеличению радиального зазора в этом подшипнике. Если радиальный зазор не превышал оптимальный интервал, то внутреннее кольцо этого подшипника обычно контактировало с несколькими шарами, что практически обеспечивало достаточную плавность вращения вала.

Если величина радиального зазора превышала нормализованный, то это вызывало перераспределение нагрузки между телами качения таким образом, что основная величина нагрузки на подшипник воспринималась последовательно только одним или двумя шарами. При этом внутреннее кольцо подшипника в его наиболее нагруженном месте периодически или «перекатывалось» через один шар, или «проседало» между двумя соседними шарами. Это, как показали эксперименты, являлось причиной возникновения периодических вертикальных колебаний вала, вызывающих шум и вибрацию подшипников.

Возрастание упругих деформаций шаров и колец приводит к изменению кривизны поверхностей их контакта, а следовательно, и к большей неравномерности скоростей движения тел качения в нагруженной области шарикоподшипника. Это увеличивает силы надавливания шаров на сепаратор, а следовательно, и повышает уровень его шума и вибраций. Для уменьшения указанных сил надавливания целесообразно каждый шар помещать в соответствующее гнездо сепаратора с некоторым зазором λ (измеряемым в плоскости движения тел качения). Величина этого зазора должна быть строго одинаковой во всех гнездах данного сепаратора.

Снятые осциллограммы позволили установить, что силы взаимодействия между телами качения и гнездами сепараторов зависят не только от нагрузки на подшипник, но и от величины зазоров в гнездах сепаратора. Подшипники с недостаточной величиной этого зазора показали возрастание шума и вибраций по сравнению с подшипниками, имеющими оптимальные зазоры. Это видно из наложенных осциллограмм, представленных на рис. 1. Здесь кривые 1, 2, 3 показывают нагрузку на подшипники соответственно 175, 500 и 750 кг при $\lambda = 0,2$ (а) и 0,3 (б) мм.

Интересно отметить, что на всех снятых осциллограммах кривые силы надавливания тел качения на сепаратор не имеют плавного очертания. Все эти кривые в своей верхней части имеют зигзагообразную форму, указывающую на пульсирующий характер сил надавливания тел качения на сепаратор, проявляющийся в процессе их колебаний в гнездах сепаратора (рис. 2).

Осциллограммы, снятые при различных периодах износа рабочих поверхностей тел качения и колец шарикоподшипников, показали, что амплитуды колебаний тел качения на сепараторах зависят от степени износа этих поверхностей, а также от режима смазки подшипников.

Несоответствие сорта, а также нарушение количества подаваемого в подшипник масла вызывало неустойчивое движение шаров в нагруженной области подшипника и увеличение амплитуды их колебаний в гнездах сепараторов. Последнее сопровождалось повышением уровня шума и вибраций подшипников и повышением их температуры.

Исследование влияния конструктивных элементов и материала сепараторов на уровень вибрации и воздушного шума производилось с помощью виброакустической установки ЦКБ-Ш2. С

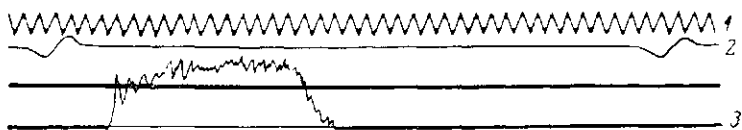


Рис. 2. Осциллограмма, снятая при испытании шарикоподшипника № 312 с экспериментальным сепаратором № 3 при $Q=750$ кг и $n=350$ об/мин:

1 — кривая времени; 2 — кривая оборотов сепаратора; 3 — кривая относительных перемещений шаров.

целью уменьшения влияния различных параметров на результаты исследований производился тщательный селективный отбор деталей шарикоподшипников № 312 нормального класса точности.

Для исследования влияния величины зазоров в гнездах сепараторов были выбраны две партии шаров с нулевыми отклонениями:

1) с размерами 22,268 мм, т. е. с превышением номинального диаметра шара на 0,043 мм.

2) с размерами 22,135 мм, т. е. уменьшенными по сравнению с номинальным диаметром шара на 0,090 мм.

Для этих шаров подбирались кольца с такими диаметрами их беговых дорожек, чтобы величина радиальных зазоров в комплектованных подшипниках была бы строго одинакова.

Скомплектованные подшипники были соответственно замаркированы: +Ш и -Ш.

Во время испытаний каждый из подшипников разгонялся до 2500 об/мин, после чего двигатель выключался и исследуемый подшипник в свободном выбеге под влиянием внутреннего трения и трения о воздух замедлял свое движение.

По последовательном дости-

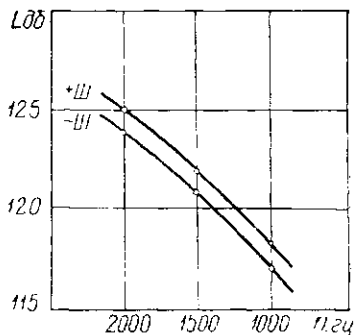


Рис. 3. Вибрации шарикоподшипников № 312, имеющих различные зазоры в гнездах сепараторов.

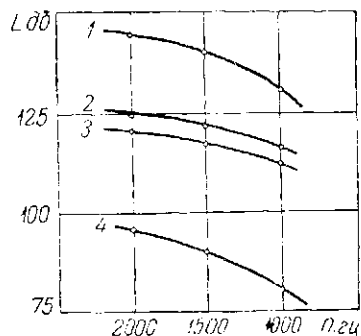


Рис. 4. Вибрации шарикоподшипников, оснащенных различными сепараторами:

1 — с бронзовым массивным сепаратором, базирующимся по наружному кольцу шарикоподшипника; 2 — со стальным змейковым сепаратором; 3 — с капроновым массивным сепаратором, базирующимся по поверхности шаров; 4 — с армированным пластмассовым сепаратором с загибающимися усиками, базирующимся по наружному кольцу шарикоподшипника.

жении 2000, 1500 и 1000 оборотов в минуту вибрация исследуемого подшипника замерялась пьезоэлектрическим вибродатчиком АШ совместно с прибором ИВПШ. Для записи вибраций на пленку применялся осциллограф Н-102 с вибратором типа МОВ2-У. В процессе испытаний замечена устойчивая разница величин вибраций двух подшипников, имевших различные зазоры в гнездах своих сепараторов (рис. 3).

Влияние конструкции и материала сепараторов на уровень шума и вибраций шарикоподшипников было установлено с помощью сравнительных испытаний подшипников № 312, оснащенных различными сепараторами: бронзовым массивным и армированным, пластмассовым с загибающимися усиками, базирующимся по наружному кольцу шарикоподшипника, а также змейковым штампованным и капроновым массивным, базирующимся по поверхностям шаров. Подшипники со змейковым и пластмассовым сепаратором с загибающимися усиками показали меньшие уровни вибраций по сравнению с подшипниками, оснащенными сепараторами иных конструкций (рис. 4).

В ы в о д ы

1. Причиной колебательных движений сепараторов являются пульсирующие силы надавливания тел качения на поверхности гнезд сепараторов в нагруженной области шарикоподшипников.

2. Величина пульсирующих сил надавливания тел качения на сепаратор и их частота, влияющие на уровень шума и вибраций подшипников качения, зависят от нагрузки и характера ее приложения к подшипнику, от конструкции и материала сепаратора (определяющих собой количество тел качения, которые находятся в межколючном пространстве шарикоподшипника, способ центрирования сепаратора, а также степень его жесткости при взаимодействии с телами качения), от величины зазоров в гнездах сепаратора (измеряемых в плоскости движения тел качения), от степени износа поверхностей шаров, беговых дорожек колец и гнезд сепаратора и от режима смазки шарикоподшипника.