

УДК 621.891:621.822.6

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ:  
КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД

О. В. ХОЛОДИЛОВ, \*С. В. КОРОТКЕВИЧ, \*\*В. В. КРАВЧЕНКО,  
Д. Ю. БЕЛОНОГИЙ

УО «БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТРАНСПОРТА»

\*РУП «ГОМЕЛЬЭНЕРГО»

\*\*УО «ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Ф. Скорины»

Гомель, Беларусь

В настоящее время актуальным является вопрос обеспечения входного контроля качества подшипников качения на промышленных предприятиях не только в Республике Беларусь, но и в других странах постсоветского пространства.

Доля брака для торговых марок, ведущих производителей, таких как SKF (Швеция), NSK (Япония), FAG, INA (концерн Schaeffler KG, Германия), SNR (NTN-SNR Group, Франция/Япония) не превышает 2 %. Альтернативу дорогостоящим брендам составляют торговые марки с более приемлемой ценой – KG (KG International FZCO, Индия), ХАРП (ПуАО «ХАРП», Харьков, Украина), UBP (ЗАО «КПК», Курск, Россия) у которых доля брака достигает 80 %. Поэтому для потребителей актуальна проблема оценки состояния подшипников до их установки в объект эксплуатации.

Целью данной является разработка стенда и методики для осуществления входного контроля подшипников качения и оценки состояния их работоспособности в эксплуатационных условиях.

Методика испытаний. Объектом исследования являлись следующие подшипники качения: П1 – АПП 6203RS (группа компаний «АПП», г. Н. Новгород, Россия); П2 – ГПЗ 6-180203 С17 (ООО «ГПЗ», г. Вологда, Россия); П3 – 6202-2RS d16 С3 (Perfect Fit Industries, Inc., США), П4 – ZVL 6302/16 (ZVL, Словакия).

Методами электрорезистивным и акустической эмиссии (АЭ) исследовались подшипники в состоянии заводской поставки и с искусственными дефектами в виде сколов на внешних кольцах.

Подшипники исследовались на разработанном стенде, в котором была реализована упорно-осевая схема нагружения подшипника. Подшипник помещался в металлический цилиндр, внутренняя часть которого сделана в виде конуса. Нагружение подшипника осуществляется сверху посредством конуса, вращающегося с заданной частотой.

Было разработано программное обеспечение для съема и обработки измерительной информации. Контролировались следующие параметры: нагрузка, момент трения, температура, АЭ, контактное сопротивление. Регистрация параметров осуществлялась при ступенчатом нагружении подшипника в диапазоне нагрузок 30–300 Н. Проведена калибровка вышеописанных параметров. Перед проведением испытаний подшипники отмыва-

лись от заводской смазки в керосине. Линейная скорость вращения подшипника составляла  $\approx 0,7$  м/с.

Результаты исследований и их обсуждение. При ступенчатом нагружении вращающихся подшипников установлено, что уровень контактного сопротивления у ПЗ и П4 на порядок выше по сравнению с объектами П1, П2, что указывает на их более высокую технологию производства и качество сборки. Уровень сигнала АЭ у ПЗ самый низкий. При радиальной схеме нагружения подшипника установлено, что ресурс работы ПЗ в 5–6 раз выше по сравнению с П4.

При нанесении дефекта в виде скола внешнего кольца подшипника установлено, на П1–3 уровень контактного сопротивления увеличивается на один-два порядка, что можно объяснить снижением конструкционной прочности внешнего кольца подшипника и увеличением степени свободы тел качения. Уровень сигнала АЭ увеличивается в 5–6 раз. Флуктуация сигнала АЭ и контактного сопротивления увеличивается на один-два порядка и частота их изменения значительно увеличивается.

Было установлено, что чувствительность к изменению состояния поверхности металлов электрорезистивного метода выше, чем метода АЭ. Значительного изменения поведения зависимости момента трения и температуры по сравнению с подшипниками заводской поставки выявлено не было.

Для оценки чувствительности АЭ и электрорезистивного метода, подшипники были заполнены пластичной смазкой LGHB-2. Оказалось, что для всех подшипников уровень контактного сопротивления монотонно увеличивается с течением времени до максимального уровня ( $\approx 10^5$  Ом), что обусловлено формированием прочно связанного с поверхностью хемосорбированного смазочного слоя с высокими антифрикционными свойствами, толщина которого составляет  $\approx 1,5$ – $2,0$  нм. Уровень сигнала АЭ снижается в 2,0–2,5 раза, а его флуктуации – на порядок, по сравнению с подшипником без смазочного материала. Момент трения снижается незначительно, всего на  $\approx 10$  %.

Разработан стенд для осуществления входного контроля подшипников качения и оценки состояния их работоспособности в эксплуатационных условиях. Экспериментально установлено, что уровень контактного сопротивления у подшипников производства США и Словакии на порядок выше по сравнению с Российскими подшипниками, что указывает на более высокую технологию производства и качество сборки.

По увеличению чувствительности регистрируемые параметры можно выстроить в ряд: момент трения (грубые конструктивные недоработки при сборке подшипника); сигнал АЭ и его флуктуации (можно судить об отсутствии смазочного материала), уровень контактного сопротивления и его флуктуации (можно судить о состоянии и кинетике изменения толщины граничного смазочного слоя, а также делать заключение о качестве обработки поверхности колец подшипника, её шероховатости, качестве сборки).

Таким образом, комплексный контроль вышеупомянутых параметров позволяет осуществлять входной контроль подшипников качения.