

УДК 681.518.54

Б.Л. Герике, И.Л. Абрамов, П.Б.Герике

СПЕКТРАЛЬНЫЙ МЕТОД ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

При анализе данных, полученных при первичных обследованиях главных приводов экскаваторов [1, 2], выделены основные дефекты электромеханического оборудования: дисбаланс ротора, расцентровка валопровода агрегата, дефекты подшипниковых узлов (перекосы, ослабление посадки, износовые процессы), дефекты зубчатых передач (нарушении геометрии зуба, смещение линии вала, нарушение смазки) и различные дефекты электромагнитного происхождения (магнитная асимметрия якоря, перекос фаз, смещение в магнитном поле).

Одним из основных факторов, влияющих на ресурс приводов карьерных экскаваторов, служит надежность работы подшипниковых узлов. Основные причины выхода подшипников из строя [3]:

40% - нарушения смазки;

30% - нарушения сборки и установки;

20% - другие причины - неправильное применение, высокие нагрузки, сильная вибрация и т.д.

10% - естественный износ.

Так как характер повреждений специфичен для групп известных причин, во многих случаях возможно, исследуя вышедший из строя подшипник, установить причину дефектов и на этой основе провести предупреждающие мероприятия, исключающие повторение явлений такого рода.

Наиболее эффективный и экономичный метод оценки состояния функционирующих подшипников качения – проведение работ по анализу механических колебаний, генерируемых механизмом. Хотя дефекты изготовления, сборки и эксплуатации подшипников влияют на сигнал различным образом и имеют разные диагностические признаки, правильно составленный их комплекс позволяет обнаруживать, распределять на начальной стадии развития все виды дефектов, определять состояние подшипника и обеспечивать достаточно достоверный прогноз.

Все существующие методы вибродиагностики можно разделить на две группы:

- периодического мониторинга: оценка состояния машины происходит на основании сравнения с данными предыдущих замеров;

- диагностики по однократному замеру.

К методам периодического мониторинга относятся: измерение общего уровня вибрации; измерение траекторий движения ротора (метод фазовых портретов); измерение контурной характеристики; измерение характеристики разгона-выбега; измерение спектра огибающей; измерение пик-фактора; спектральный (частотный) анализ.

Измерение эксцесса и метод ударных импульсов – методы, базирующиеся на результатах одно-

кратных замеров [4].

Каждый метод имеет свои достоинства и недостатки и его применение в той или иной ситуации зависит от типа диагностируемого оборудования, от навыков и личных пристрастий специалиста, проводящего диагностику с учетом особенностей аппаратной базы. Очевидно, что результаты периодического мониторинга более достоверны и предпочтительны, однако, его проведение не всегда возможно из-за отсутствия необходимой информации.

В настоящее время нормирование параметров механических колебаний ведется по их общему уровню прямого спектра в установленном частотном диапазоне, что применимо лишь для выявления уже вышедших из строя подшипниковых узлов, эксплуатация которых недопустима на момент проведения обследования. Определение зарождающихся дефектов подшипниковых узлов, необходимое для планирования проведения ремонтных работ или для возможного устранения дефектов монтажа подшипниковых узлов, данным методом невозможно. Причиной этому являются низкоэнергетические изменения, проходящие в подшипниковых узлах при переходе из исправного состояния в неработоспособное. Методы, основанные на измерении уровня модуляции по спектру огибающей также малоэффективны на данном виде оборудования. Это является следствием насыщенности спектра колебаний высоким уровнем шумовых компонент во всем частотном диапазоне. Источниками помех являются как низкочастотные колебания опорной системы, так и высокочастотные колебания, генерируемые зубчатыми зацеплениями, электромагнитными полями и рядом установленными подшипниковыми узлами.

Существенной проблемой при проведении вибродиагностических обследований является неустановившийся режим работы механизмов, у механизмов подъема, тяги и напора это изменение скорости и направления вращения, у преобразовательных агрегатов – изменение нагрузки. Единственным возможным способом проведения диагностических обследований является комбинация первичных замеров спектральных характеристик механических колебаний агрегатов на пике из мощности для выявления критичных механизмов и определения параметров для последующих регистраций временных реализаций механических колебаний в течение всего рабочего цикла.

Основными причинами выхода подшипниковых узлов из строя являются, как было описано выше, неправильный монтаж, нарушение условий эксплуатации, недостаточное смазывание и есте-

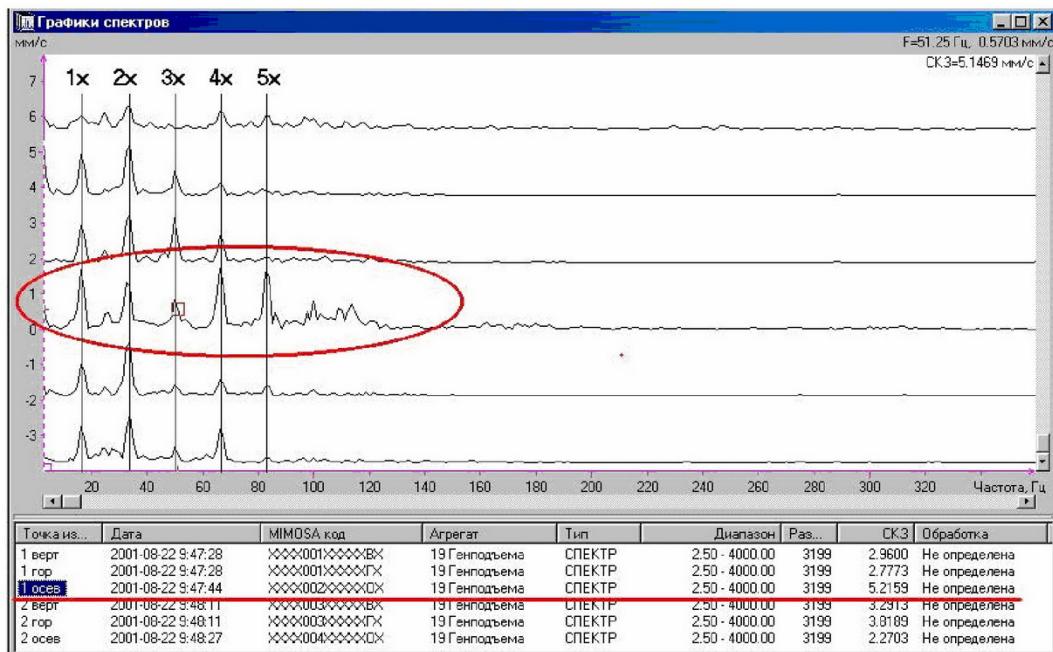


Рис. 1. Смещение якоря в магнитном поле

ственный износ.

На рис 1. представлены спектры механических колебаний генератора подъема ЭШ 13/50 №19/2.

Как видно из графика, характерные частоты подшипниковых узлов отсутствуют, ярко выражен лишь гармонический ряд колебаний в осевом направлении подшипника в первой контрольной точке. Уровень вибрации в осевом направлении в донной точке значительно превышает уровень остальных замеров, причиной данного явления может быть сопротивление вращению, вызванное смещением якоря в осевом направлении в магнитном поле вследствие смещения подшипникового узла на валу генератора. Гармонические составляющие колебаний генерируются контактирующими поверхностями качения. Визуальный осмотр и инструментальный контроль демонтированного подшипникового узла, установленного в

контрольной точке № 1, показал значительный износ сферической поверхности качения наружной обоймы подшипника с внутренней стороны и разномерность тел качения ($\Delta = 0,11$ мм). Дефектный подшипник представлен на рис. 2. Наглядно односторонний износ поверхности качения (ролика) вследствие осевого смещения виден на рис. 3.

Дефектом подшипниковых узлов, наиболее характерным для электромеханического оборудования экскаваторного парка является износ сепараторов. В большинстве случаев сепараторы подшипников основных узлов экскаваторов изготовлены из латуни или алюминия. В условиях недостаточного смазывания (недостаток или неудовлетворительное качество смазки) происходит износ сепаратора, продукты износа попадают в смазку, еще более ухудшая её свойства.

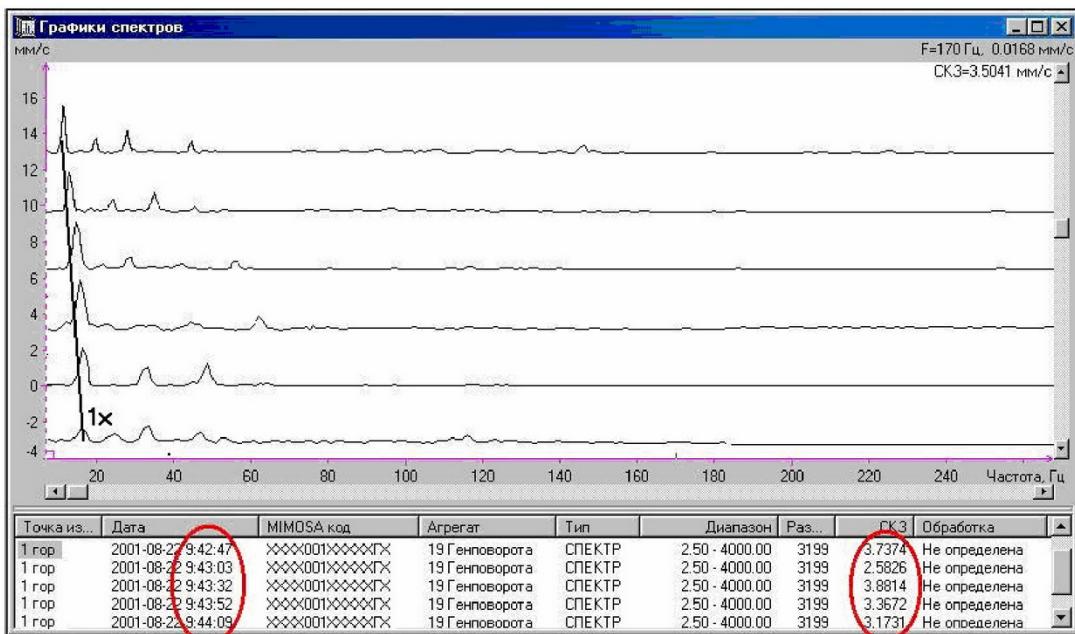
На рис. 4. представлен каскад спектров меха-



Рис. 2. Односторонний износ поверхностей качения



Рис. 3. Односторонний износ поверхностей качения



нических колебаний зарегистрированный в горизонтальном направлении на подшипниковом узле генератора поворота ЭШ 13/50 №19/2 при выбеге.

При уменьшении скорости вращения уровень вибрации на оборотной частоте увеличивается, спектр обогащается гармоническими составляющими. Данные факторы служат информативными критериями для выявления изменения жесткости системы опора-вал, связанной с изменением положения тел качения в подшипниковом узле. Еще одним информативным критерием для выявления данного вида дефекта является уровень вибrouскорения на частотах 2000 – 3900 Гц, в зависимости от геометрических размеров и частоты вращения. Данный критерий является косвенным, так

как причиной возрастания уровня вибрации в указанном диапазоне является не сам, как таковой, износ сепаратора, а наличие продуктов износа в масляной пленке между поверхностями трения. Применение контроля этого параметра является наиболее информативным, так как появление практически любого износового дефекта ведет за собой загрязнение смазочного материала.

Таким образом, применение основного метода вибродиагностики - частотного анализа для оценки состояния подшипников качения электромеханического оборудования карьерных экскаваторов позволяет, с высокой степенью достоверности, выявлять и идентифицировать зарождающиеся дефекты подшипниковых узлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов И.Л., Герике П.Б. Диагностика карьерных экскаваторов на основе анализа виброакустического сигнала/ Тр. VIII Межд. науч. –практ. конф. «Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности» // -Кемерово: ЗАО КВК «Экспо-Сибирь». 19-21 сент. 2006, -с. 122 - 123.
2. Герике Б. Л., Абрамов И. Л., Герике П. Б., Дрыгин С. Ю. Оценка состояния главных приводов карьерных экскаваторов / Тр. Межд. науч. – практ. конф. «Наукоемкие технологии разработки и использования минеральных ресурсов» // - Новокузнецк: СибГИУ. 6-8 июня 2006, -с. 64 – 70.
3. Дрыгин С. Ю. Обоснование метода вибродиагностики технического состояния одноковшовых карьерных экскаваторов: Дис. канд. техн. наук: 05.05.06: Кемерово, 2005. 170 с. РГБ ОД, 61:05-5/2022
4. Герике Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов. – В 2-х ч.: Ч.2. Диагностика технического состояния на основе анализа вибрационных процессов. – Кемерово: Кузбас.гос.техн.ун-т., 1999.

□ Авторы статьи:

Герике
Борис Людвигович
- докт. техн. наук, проф.,
главный научный сотрудник Инсти-
тута угля и углехимии СО РАН,
проф. каф. "Стационарные и транс-
портные машины" КузГТУ

Абрамов
Игорь Леонидович
- канд. техн. наук, доц. каф. "Стацио-
нарные и транспортные машины"
КузГТУ, ученый секретарь Институ-
та угля и углехимии СО РАН

Герике
Павел Борисович
- канд. техн. наук, научный сотруд-
ник Института угля
и углехимии СО РАН