ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 53.083(430.1)

П. Б. Герике

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН НА ПРИМЕРЕ ДИАГНОСТИКИ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ЭКСКАВАТОРОВ ТИПА ЭКГ

Выполненные в рамках настоящей работы исследования параметров виброакустической волны на примере выборки из 35 единиц экскаваторов типа ЭКГ (ЭКГ-5А, ЭКГ-8И, ЭКГ-10, ЭКГ-12,5 и их модификаций) позволили выявить, что основными дефектами динамического оборудования механизма поворота являются:

– нарушение жесткости системы;
– неуравновешенность ротора электродвигателя;
– дефекты подшипников (перекосы и ослабления посадок, дефекты наружного и внутреннего колец, тел качения и сепараторов, нарушение режима смазки);
– износ зубчатых зацеплений, нарушение соосности и перекос валов редуктора;
– дефекты двигателей электромагнитного происхождения;
– нарушение соосности системы «электродвигатель – редуктор».

Некоторые примеры спектрального представления параметров виброакустической волны, содержащей информацию о наличии дефектов динамического оборудования механизмов поворота экскаваторов типа ЭКГ, приведены на рис. 2-4.

На приведенном ниже рисунке 2 представлен спектр, иллюстрирующий локальный абразивный износ зубчатых зацеплений второй ступени редуктора механизма поворота экскаватора ЭКГ-5А, маркером отмечена группа т.н. «зубцовых» частот. Степень развития дефекта незначительна, общее техническое состояние узла признано допустимым, согласно [1].

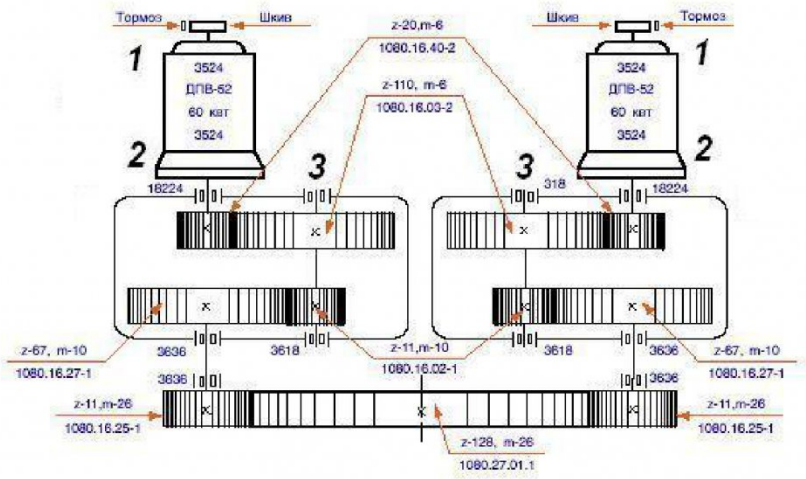

Рис. 1. Схема проведения замеров параметров вибрации механизма поворота экскаватора ЭКГ-5А.

Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос диагностики технического состояния редукторов планетарного типа, которыми оборудованы механизмы поворота экскаваторов ЭКГ-10 и некоторых других моделей.

Сам по себе анализ сигнала вибрации, полученного на планетарном редукторе значительно более сложен, чем анализ характеристик редуктора переборного типа. Используемые зависимости, учитывающие кинематику механизма, затрудняют интерпретацию полученных результатов [2].

Кроме того, усложняет анализ низкая частота вращения, знакопеременные ударные нагрузки, источники случайной высокочастотной вибрации,

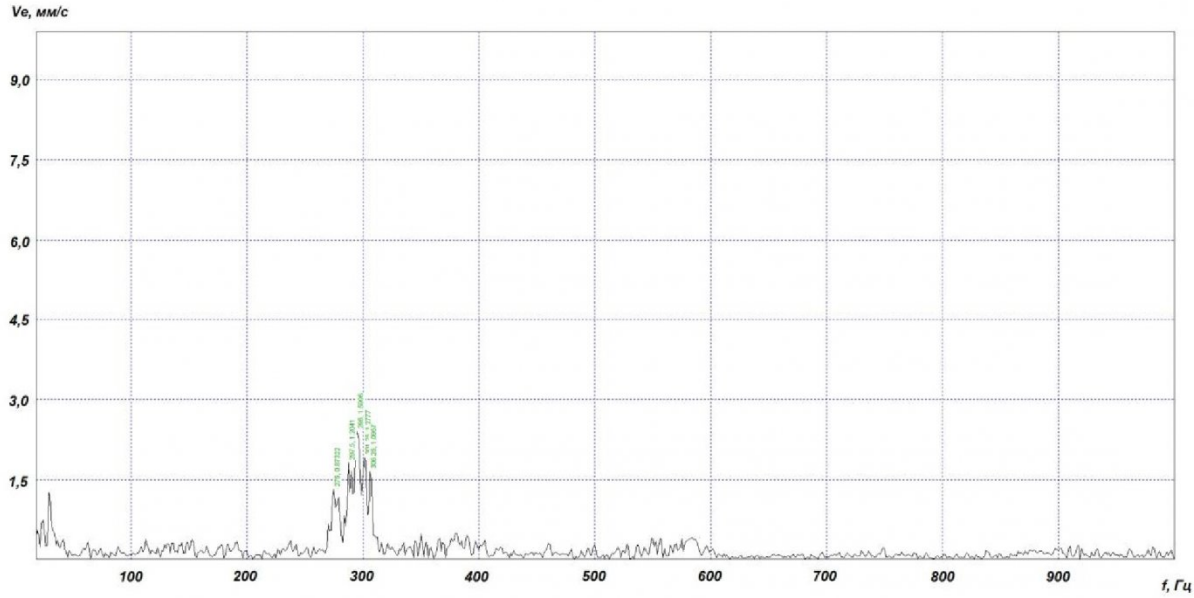

Рис. 2. Некритичный локальный абразивный износ зубчатых зацеплений второй ступени редуктора механизма поворота экскаватора ЭКГ-5А.

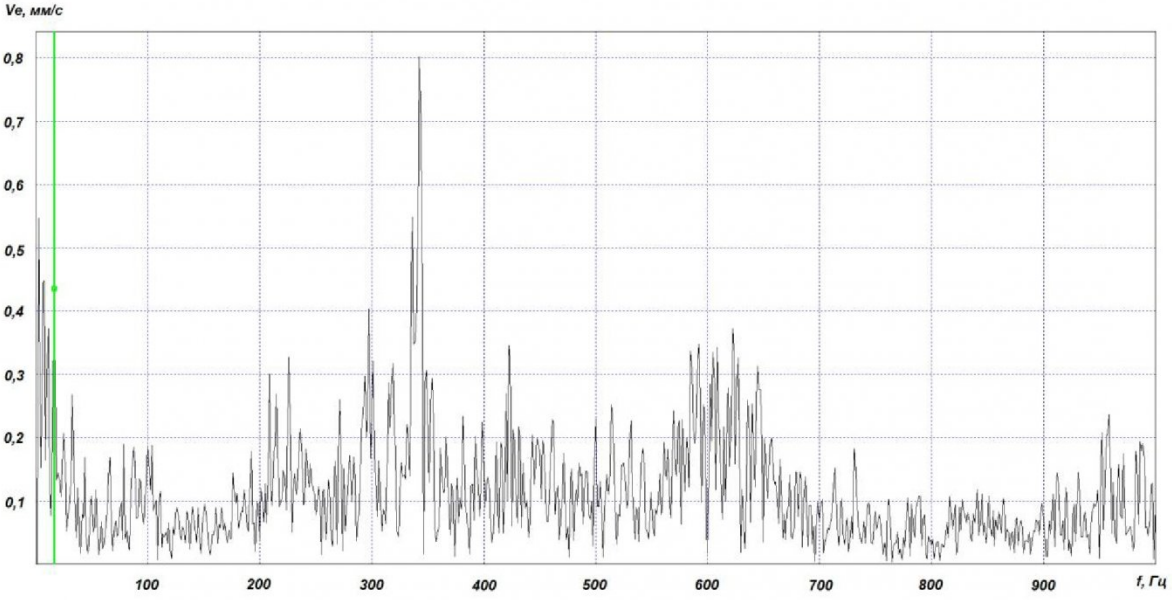

Рис. 3. Спектр сигнала вибрации, записанный на планетарном редукторе механизма поворота экскаватора ЭКГ-10.

в связи с чем многие методы имеют ограничения на область применения.

Исследованиями автора настоящей работы убедительно доказано, что наиболее эффективным способом оценки текущего состояния редукторов планетарного типа является применение комплексного диагностического подхода, что позволяет эффективно выявлять следующие типы неисправностей:

- неуравновешенность деталей i-ой ступени редуктора;
- погрешности изготовления эпицикла, солнца и сателлитов;
- кинематические погрешности пересопряжения зубчатых шестерен;
- износ и изменение геометрии зубчатой пары.

Так, например, анализ спектрального представления полигармонической волны, полученной при работе планетарного редуктора механизма поворота экскаватора ЭКГ-10 (см. рисунок 3), позволил выявить наличие незначительной неуравновешенности деталей первой ступени, а также некритичное нарушение жесткости системы. Техническое состояние узла удовлетворительное [1], даны рекомендации по проведению крепежного ремонта.

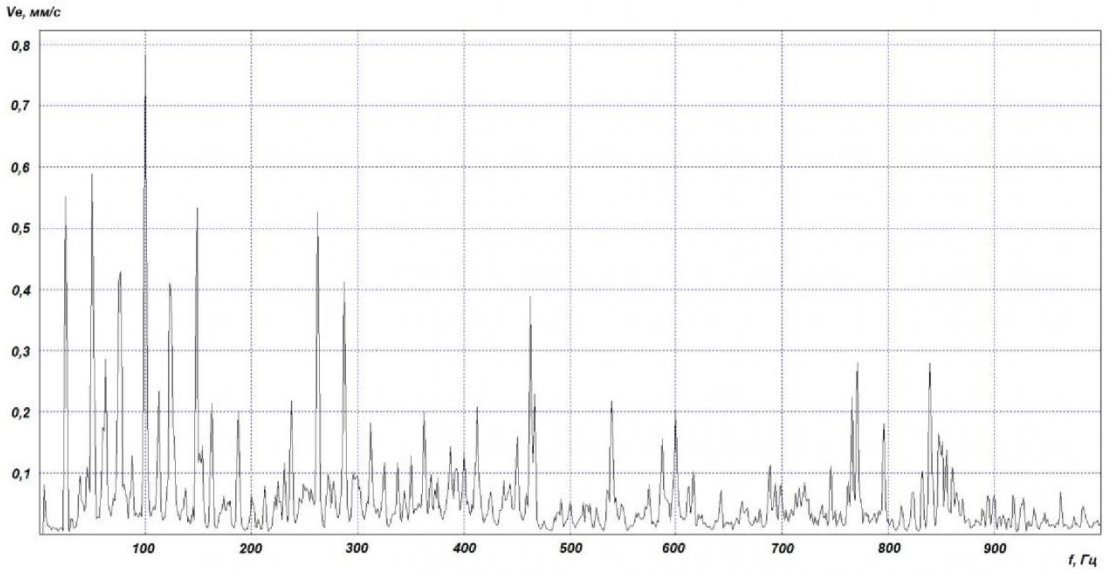

Рис. 4. Ярко выраженное нарушение жесткости системы на левом механизме поворота экскаватора ЭКГ-5А.

С точки зрения анализа параметров виброакустической волны, формируемой при работе планетарного редуктора, комплексный диагностический подход должен включать в себя спектральный анализ виброскорости и виброускорения как в стандартном, так и расширенном до 7000 Гц частотном диапазоне, анализ кепстральной характеристики, а также анализ огибающей. Именно такое сочетание методов вибродиагностики наиболее оптимально для выявления дефектов, присущих рассматриваемым конструкциям механизмов [2, 3].

На третьем месте по распространенности среди дефектов механизма поворота экскаваторов ЭКГ (после нарушения жесткости и дефектов зубчатых передач) находятся повреждения подшипниковых узлов. В первую очередь это ослабление посадок и изменение зазоров, нарушение режима и качества смазки. Кроме того, повсеместно распространены распространены дефекты внутреннего и наружного колец, трещины и наклёп сепараторов, дефекты тел качения, часто встречаются множественные повреждения этих элементов конструкции.

Результаты статистических исследований свидетельствуют, что из 100% заведомо исправных в начале своей эксплуатации подшипников качения, только около 33% выходят из строя по причине износа; еще около 30% из-за нарушения режима и качества смазки; а оставшаяся часть из-за того, что при своей работе испытывают нагрузки, многократно превышающие расчетные, а также по причине нарушения технологии монтажа [4].

Существует большое методов вибродиагностики, специально разработанных для контроля технического состояния подшипников качения.

С учетом ограничений на область применения (таких как малое время на проведение замеров, изменяющиеся частоты вращения, знакопеременные ударные нагрузки) наиболее эффективным для диагностики подшипников качения считается применение комплексного подхода, включающего в себя как минимум три метода – прямой спектральный анализ, эксцесс и анализ огибающей. Такой подход, как показано исследованиями многих авторов [2, 3, 4, 5], обеспечивает возможность извлечения максимума полезной информации из виброакустического сигнала при минимальных временных затратах на сбор и анализ данных.

Несколько слов обязательно нужно сказать о нормировании механических колебаний. Только лишь с помощью спектральных масок с высокой степенью детализации, специально разработанных для каждого типа и модели карьерного экскаватора, появляется возможность заметно упростить проводимый анализ и снизить временные затраты, одновременно повысив качество выполняемых диагностических работ. Даже такой тривиальный дефект, как нарушение жесткости системы (проявляющее себя в данном случае ослаблением крепления двигателя к редуктору механизма поворота и редуктора к поворотной платформе – см. рисунок 4), требует значительных затрат времени на анализ виброакустической характеристики. Кроме того, внедрение и использование спектральных масок могло бы свести до минимума вероятность появления ошибок в анализе сигнала.

Широкое применение в конструкциях горных машин получили редуктора различного типа [6], электродвигатели, подшипники, муфты и т.д. и т.п. Разработанные в ходе выполнения настоящей работы спектральные маски с высокой степенью детализации для

всех агрегатов основных типов карьерных экскаваторов, критерии предельного состояния горной техники, сознанные оригинальные совокупности диагностических правил и обоснованный комплексный диагностический подход проведения контроля и анализа параметров полигармонической волны позволяют эффективно и быстро выявлять дефекты динамического оборудования даже на начальной стадии их развития. Вышесказанное подтверждает факт создания учеными ИУ СО РАН всех необходимых базовых элементов для перехода эксплуатирующих предприятий угольной и горнорудной промышленности на качественно новый уровень технического обслуживания, что самым лучшим образом скажется, в первую очередь, на безопасности проведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 15-14-2008. Методические рекомендации о порядке проведения экспертизы промышленной безопасности карьерных одноковшовых экскаваторов.

2. Неразрушающий контроль. Справочник под редакцией чл.-корр. РАН Клюева В.В. Том 7, книга 2, Москва, «Наука», 2005.

3. *Герике Б.Л.* Диагностика горных машин и оборудования. Учебное пособие. /Б.Л. Герике, Г.И. Козовой, В.С. Квагинидзе, А.А. Хорешок, П.Б. Герике/ Москва, 2012. – 400 с.

4. Разработка методики диагностирования и прогнозирования технического состояния дизель-гидравлических буровых станков. Ещеркин П.В., автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Кемерово – 2012 год. – 18 с.

5. *Bently D.E., Hatch C.T.* “Fundamentals of rotating Machinery Diagnostics”, Bently Pressurized Press, 2002, P.726

6. *Аксенов В.В., Блащук М.Ю., Тимофеев В.Ю., Горбунов В.Ф.* К вопросу о применении редукторного привода в трансмиссии агрегата для проведения аварийно-спасательных выработок (геохода) // Горный информационный аналитический бюллетень (научно-технический журнал) Mining informational and analytical bulletin (Scientific and technical journal). Промышленная безопасность и охрана труда на предприятиях топливно-энергетического комплекса / М.: изд. «Горная книга» – 2011. – ОВ № 9. С. 25-35.

Автор статьи

Герике
Павел Борисович
канд. техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории средств механизации отработки угольных пластов Института угля СО РАН.
Email: am_besten@mail.ru

УДК 622.232.83.054

Л.Е. Маметьев, А.А. Хорешок, А.Ю. Борисов

НАПРАВЛЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ЗАРУБНОЙ СПОСОБНОСТИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ С АКСИАЛЬНЫМИ КОРОНКАМИ

В мировой практике при проходке горных выработок проходческими комбайнами избирательного действия применяют механический способ разрушения забойного массива резцовым инструментом различного конструктивного исполнения. При этом уровень комбайновой проходки составляет не менее 86% общего объема проведенных выработок [1].

Обширный парк проходческих комбайнов избирательного действия отечественного и зарубежного производства включает в себя исполнительные органы как с радиальными, так и с аксиальными коронками [2]. Каждый тип исполнительных органов проходческих комбайнов избирательного действия имеет при эксплуатации определенные достоинства и недостатки, как технологического, так и технического характера. Например, при эксплуатации проходческих комбайнов с аксиальными коронками единственным способом зарубки является секторный поворот в горизонтальной плоскости с постепенной телескопической раздвижностью стрелы при разрушении забоя до требуемой ширины захвата только одной коронкой [3]. При перемещении аксиальных коронок в вертикальной плоскости на выемку новой полосы, в межкорончатом пространстве исполнительного