

УДК 53.083(430.1)

Б. Л. Герике, П. Б. Герике

**ВЫЯВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ДИНАМИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК С КНС**

Значительная часть оборудования, эксплуатирующегося на обогатительных установках с крутонаклонными сепараторами (ОУ с КНС) в условиях угольных предприятий Кузбасса, в настоящее время выработала свой ресурс и находится в недопустимом техническом состоянии. В рамках проведения технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности технических устройств на опасных производственных объектах учеными и специалистами ИУ СО РАН и ФГБОУ ВПО «КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева» были проведены работы по вибродиагностическому контролю оборудования обогатительных установок (угольные разрезы – Кедровский, Калтанский, Краснобродский, Моховский, Талдинский). Объектом данного исследования является динамическое оборудование ОУ с КНС, в частности: ленточные конвейера, сепараторы, дробилки, грохота, питатели и т.д.

Вибродиагностика является наиболее информативным и эффективным методом неразрушающего контроля, позволяющим дать объективную оценку техническому состоянию работающего агрегата. Метод основан на анализе параметров

вибраакустических волн, формирующихся при работе любого динамического агрегата, включает в себя целую группу диагностических подходов, основанных на специализированной математической обработке исходного сигнала. Контроль технического состояния машин и механизмов по параметрам механических колебаний является неотъемлемой составляющей процедуры экспертизы промышленной безопасности технических устройств, эксплуатирующихся на опасных производственных объектах (ЭПБ ТУ ОПО) [1].

Среди динамического оборудования ОУ с КНС наиболее распространены следующие типы неисправностей и дефектов:

- дисбаланс ротора электродвигателя (рис.1);
- дефекты элементов соединительных муфт (рис. 3);
- нарушение центровки валов агрегатов;
- ослабление посадки, увеличение зазоров подшипников и нарушение режима их смазки;
- разнообразные дефекты подшипников качения (рис. 5);

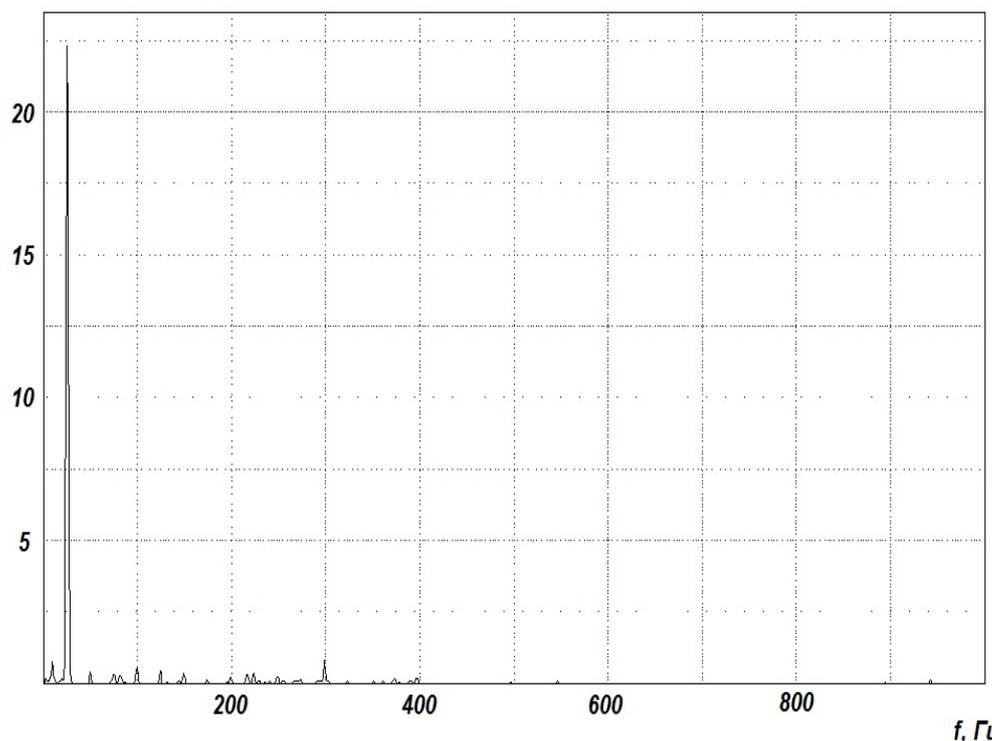
 $V_e, \text{ мм/с}$ 

Рис. 1. Недопустимый дисбаланс ротора электродвигателя конвейера ленточного ЛТ-80

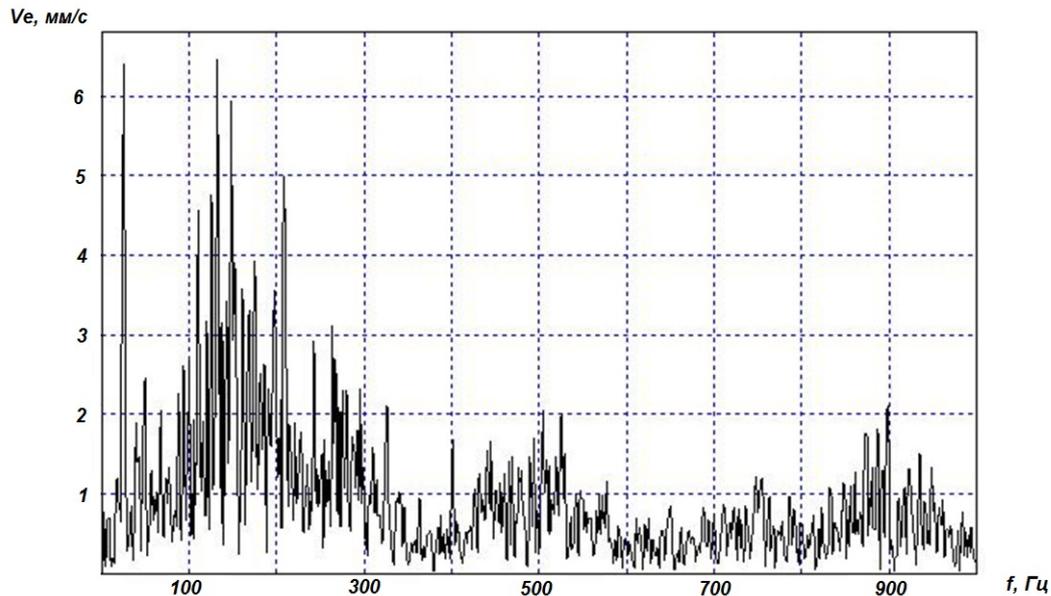


Рис. 2. Дефект зубчатой пары (абразивный износ) первой ступени редуктора конвейера КЛ-1000,  $V_{cкз}=28,7$  мм/с.

- дефекты зубчатых передач в редукторах (абразивный износ зубчатых колес – рис. 2, питтинг, расцентровка и изгиб валов);
- дефекты ременных передач (рис. 4);
- нарушение жесткости системы;
- дефекты электродвигателей электрической природы.

Некоторые примеры диагностируемых неисправностей и повреждений приводов оборудования обогатительных установок приведены на рис. 1 – 5. Причины для их появления разнообразны, часть из них закладываются еще на стадии изготовления, другие являются результатом некачественного монтажа, третья группа дефектов – эксплуатационные, проявляющие себя уже в процессе работы оборудования.

Оценка технического состояния оборудования обогатительных установок осуществляется на основе анализа параметров виброскорости и виброускорения амплитудно-частотной характеристики виброакустического сигнала в диапазоне частот 2 - 7 000 Гц. Анализ гармонических составляющих спектра (прямой спектральный анализ) – универсальный метод вибродиагностики, позволяющий с высокой степенью достоверности выявить тот или иной тип дефекта и определить степень его развития. Однако, при проведении полного диагностического обследования предпочтение отдается комплексному подходу с использованием всех возможностей аппаратуры. Как правило, такой подход включает в себя как элементы спектрального анализа, так и синхронное накопление, анализ огибающей, временную реализацию, а также эксцесс.

Кроме того, неплохие результаты показывает техника вейвлет – преобразования исходного сиг-

нала. Именно такое сочетание методов вибродиагностики обеспечивает возможность максимально точной интерпретации полученных результатов [2, 3].

Применение комплексного диагностического подхода оправдано с точки зрения минимизации ограничений на область применения того или иного метода вибродиагностики (таких как: низкая частота вращения вала, знакопеременные ударные нагрузки, источники случайной высокочастотной вибрации, отсутствие сведений о геометрических параметрах подшипника и/или кинематике механизма и т.д.).

Комплексный подход к анализу параметров механических колебаний позволяет извлечь максимум полезной информации из виброакустической волны и дать достоверную оценку фактическому состоянию работающего агрегата.

Специфика проведения измерений в условиях угольных предприятий предъявляет свои требования к используемой аппаратуре – широкий частотный и динамический диапазон измерений, минимум два измерительных тракта, максимальное количество аппаратно реализованных методов проведения контроля, пыле- и влагостойкое исполнение, температурный режим работы от -20 до +50 °С, увеличенный объем памяти, малый вес, надежное крепление соединений системы «датчик-прибор», искровзрывобезопасная защита.

Что касается программного обеспечения для анализа сигнала, то, как правило, все современные серьезные комплексы являются multifunctionalными и очень схожими по своим техническим возможностям, позволяют производить обработку данных с использованием различных алгоритмов. Однако, наличие или отсутствие некоторого функционала, несовместимость форматов баз дан-

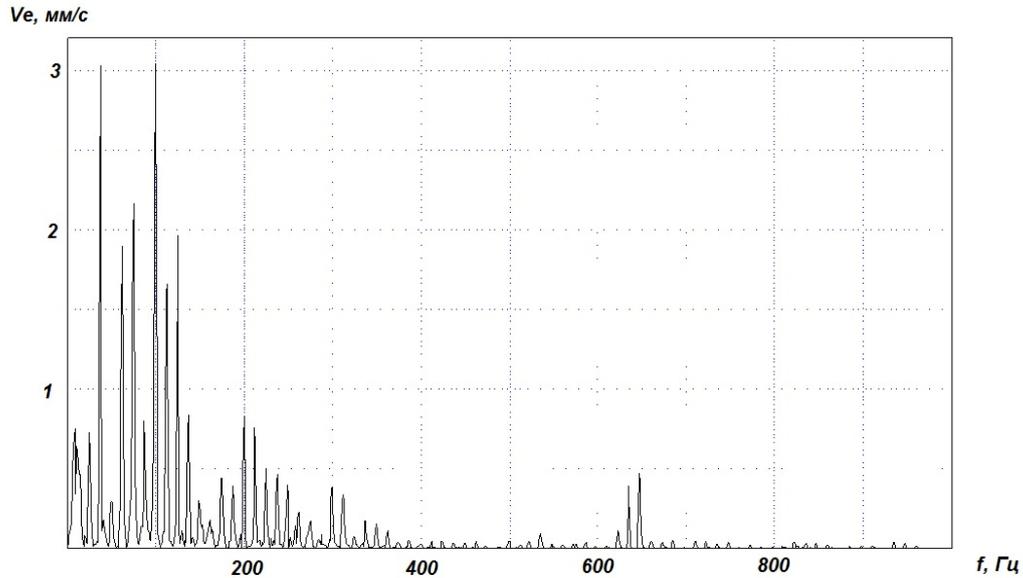


Рис. 3. Грохот ГИСЛ-62УК. Ярко выраженное нарушение жесткости системы, дефект соединительной муфты, ослабление посадки подшипника электродвигателя.

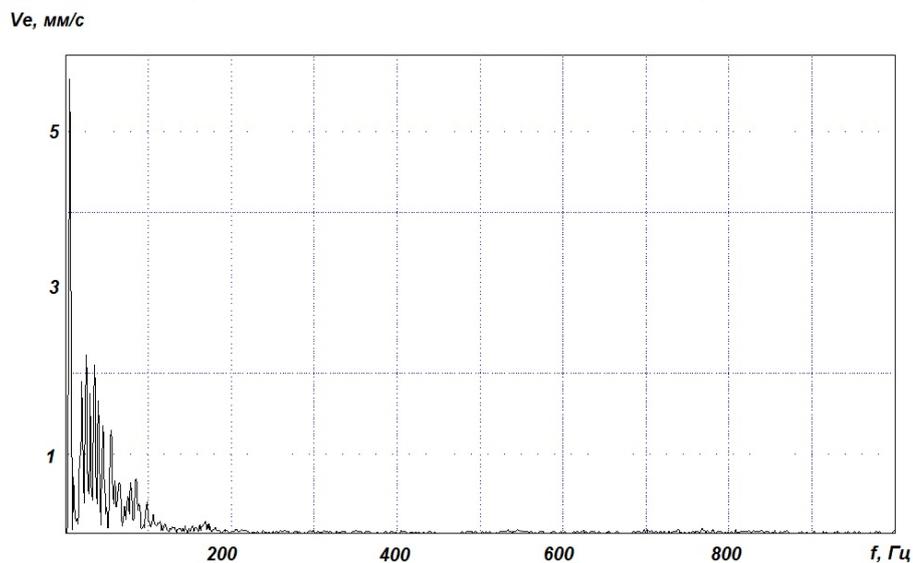


Рис. 4. Неравномерный натяг, бьение и износ ременной передачи электродвигателя щековой дробилки СМД-109.

ных различных производителей является, бесспорно, значимым фактором для выбора того или иного поставщика программного обеспечения.

Ошибки в выборе аппаратного обеспечения для проведения контроля по параметрам механических колебаний послужили одной из причин ликвидации диагностических служб на некоторых предприятиях, например, ОАО «УК «Кузбассразрезуголь». Поэтому особое внимание при внедрении современных форм обслуживания техники следует уделить вопросам выбора производителя и поставщика аппаратного и программного обеспечения для проведения вибродиагностического контроля.

Отдельной научной задачей при проведении

исследований была разработка прогностических моделей развития типовых дефектов оборудования. Накопленные базы данных по параметрам виброакустического сигнала были использованы в качестве статистической информации для математических моделей, описывающих деградацию узлов горной техники. Практическое решение этой задачи, разработка большого числа деградационных моделей развития дефектов широкого номенклатурного ряда горно-шахтной техники позволит своевременно обеспечить ремонтные службы эксплуатирующих предприятий запасными частями для ремонта оборудования, решить проблемы снабжения и логистики. Необходимые запасные части и узлы будут доставляться к месту

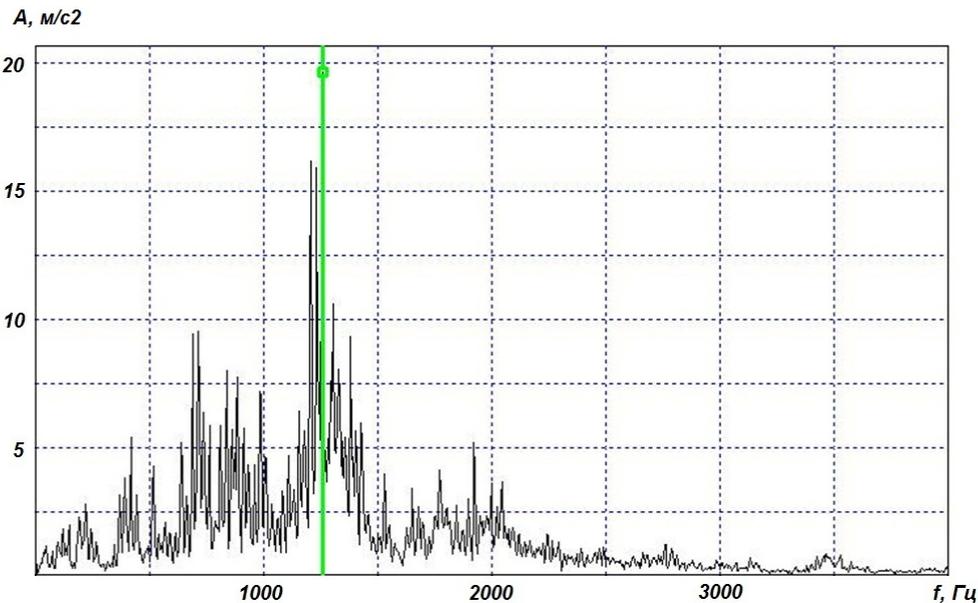


Рис. 5. Развитие дефекта подшипника со стороны свободного конца электродвигателя элеватора ЭОК-6

проведения ремонта заранее, удастся избежать непроизводительных аварийных простоев техники, повысится эффективность управления техническим обслуживанием и ремонтом.

Предложенный подход к оценке технического состояния, разработанные критерии предельно допустимого состояния техники и математические прогнозные модели развития типовых дефектов оборудования могут послужить в качестве платформы для использования качественно новых форм технического обслуживания. Необходим переход от системы планово-предупредительных ремонтов оборудования, зачастую выполняемых лишь на бумаге, уход от повсеместно распространенного на предприятиях угольной и горнорудной

промышленности Кузбасса «аварийного» обслуживания. Сегодня созданы все предпосылки для внедрения системы обслуживания техники по фактическому техническому состоянию.

Исторически сложилось, что угольная промышленность являлась и является объектом повышенной опасности [4]. Предложенный подход позволит максимально безопасно эксплуатировать производственное оборудование, обоснованно планировать ремонтные мероприятия, достоверно оценить остаточный ресурс и минимизировать аварийные простои техники, оптимизировать складское хозяйство и логистические издержки предприятий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ.
2. Герике Б.Л. Диагностика горных машин и оборудования. Учебное пособие. /Б.Л. Герике, П.Б. Герике, В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, А.А. Хорешок / Москва, 2012. – 400 с.
3. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т. под ред. чл.-корр. РАН В.В. Клюева, т.7 – Москва, 2005. – 828 с.
4. Клишин В.И. Монтаж, демонтаж, эксплуатация и ремонт горно-шахтного оборудования. Учебное пособие. /В.С. Квагинидзе, Г.И. Козовой, В.И. Клишин // Москва, 2012. – 511 с.

Авторы статьи

Герике  
Борис Львович  
докт техн. наук, проф., главный  
научный сотрудник лабор. угольного  
машиноведения Института угля СО  
РАН, проф. каф. горных машин и  
комплексов КузГТУ  
Email: am\_besten@mail.ru

Герике  
Павел Борисович  
канд. техн. наук, старший научный  
сотрудник лабор. средств механизации  
отработки угольных пластов  
Института угля СО РАН, доцент  
каф. горных машин и комплексов  
КузГТУ. Email: am\_besten@mail.ru