

## НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОМЕХАНИЗАЦИИ НА УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

П. Б. Герике

На примере оборудования гидромеханизации, такого как насосы, землесосы, гидромониторы и т. п., эксплуатирующегося в условиях угольной промышленности Кузбасса, приведена классификация наиболее распространенных дефектов динамического оборудования. Дано обоснование применения методов неразрушающего контроля как необходимой составляющей при переходе на систему обслуживания техники по фактическому техническому состоянию. **Ключевые слова:** вибродиагностика; гидромеханизация; динамическое оборудование; управление техническим обслуживанием.

В рамках проведения экспертизы промышленной безопасности и диагностирования технических устройств, эксплуатирующихся на опасных производственных объектах, учеными и специалистами Института угля СО РАН и Кузбасского государственного технического университета (г. Кемерово) выполнен контроль оборудования участков гидромеханизации на угольных разрезах Кузбасса. Для оценки технического состояния оборудования при проведении исследований за основу был принят метод контроля по параметрам механических колебаний, использование которого при проведении процедуры экспертизы промышленной безопасности регламентируется федеральным законодательством РФ [1].

Только широкое применение методов неразрушающего контроля (НК) и технической диагностики [2, 3] позволит решить задачи, связанные с безопасной эксплуатацией техники и минимизацией аварийных простоев путем перехода к системе технического обслуживания оборудования угольной промышленности по фактическому состоянию.

Все методы неразрушающего контроля подразделяются на две основные группы: дефектоскопические и функциональные. К первой группе методов относят визуально-измерительный контроль (ВИК), ультразвуковой контроль (УЗК), магнитный контроль (МК), капиллярный (ПВК) и акустико-эмиссионный контроль (АЭ). Функциональные методы НК – тепловой (ТК) и вибродиагностический контроль (ВД).

Работы по всем перечисленным мето-

дам НК и технической диагностики должны проводиться с использованием стандартных средств измерений (СИ), включенных в единый государственный реестр средств измерений, в обязательном порядке проходящих ежегодную процедуру поверки метрологических характеристик.

Для оценки состояния металлоконструкций оборудования, в частности при проведении экспертизы промышленной безопасности технических устройств, эксплуатирующихся на опасных производственных объектах (ЭПБ ТУОПО), широко используется метод визуально-измерительного контроля (ВИК). Метод визуально-измерительного контроля элементов конструкции проводится с целью выявления изменений формы, поверхностных дефектов в материале и соединениях (в том числе сварных) деталей, наплавках, образовавшихся в процессе эксплуатации трещин, коррозионных и эрозионных повреждений, деформаций, ослаблений болтовых и заклепочных соединений, а также конструктивных изменений, которые влияют или могут повлиять на безопасность эксплуатации узла или объекта.

В случае, если по результатам проведенного ВИК обнаружены признаки наличия трещин в основном металле или сварных соединениях, то по решению эксперта в этих местах проводится дополнительная проверка с помощью одного из методов НК, как правило, ультразвуковой контроль. Метод УЗК основан на способности ультразвуковых колебаний распространяться в твердых веществах на большую глубину без заметного

ослабления и отражаться от границы раздела двух сред. УЗК является одним из самых надежных и простых в применении методов НК, позволяет обнаружить дефекты внутри основного металла или сварного соединения, определять координаты и расположение дефекта в пространстве.

При проведении процедуры экспертизы промышленной безопасности и/или диагностики технического состояния также достаточно широко применяются такие методы НК, как акустико-эмиссионный контроль (позволяет выявить потенциально опасное место конструкции, пространственные координаты дефекта внутри сплошного металла с указанием степени его развития) и тепловой контроль (оценка состояния работающего электрооборудования).

Однако именно **вибрационный метод** диагностики и контроля (ВД) принят за основу для оценки фактического технического состояния техники [2, 3]. Скорость распространения упругих волн в сплошных средах позволяет получать информацию об изменении состояния объекта диагностирования практически мгновенно. Контроль по параметрам механических колебаний совершенствовался последние 50 лет, в итоге он сейчас представляет собой целую группу методов. Часть из них являются узкоспециализированными, направленными на выявление только одной группы дефектов, или могут применяться только на одном типе оборудования. Некоторые методы являются универсальными (спектральный анализ, вейвлет-преобразование), но их основной недостаток заключается в сложности интерпретации полученных результатов анализа и необходимости длительного обучения специалистов проведению контроля.

Измерение виброакустических характеристик на подшипниковых опорах механизмов позволяет распознать следующие типы дефектов и повреждений:

- дисбаланс ротора и расцентровку валопровода агрегата;
- повреждения подшипников скольжения (эллипсность цапф, срыв масляного потока, неправильную установку и износ вкладышей, сухой вихрь);
- повреждения подшипников качения (износ и повреждения внешней и внутренней

обоймы; износ сепаратора и тел качения; повреждения на телах качения; неравномерный радиальный натяг; загустевание или недостаточность смазки);

- дефекты зубчатых зацеплений в редукторах;
- нарушение жесткости системы;
- повреждения элементов соединительных муфт, рабочих колес;
- дефекты электромагнитной системы электрических машин (замыкание обмоток статора; распушение пакетов активной стали сердечников статора; замыкание в активной стали сердечников статора; статический и динамический эксцентриситеты зазора между ротором и статором; дефекты обмотки ротора) и т. д. [2, 3].

При анализе данных, полученных при первичных обследованиях приводов оборудования гидромеханизации, выявлено, что наиболее распространены следующие типы дефектов:

- дисбаланс ротора электродвигателя;
- расцентровка валов агрегата;
- дефекты подшипниковых узлов (перекосы, ослабления посадок, износы беговых дорожек, тел качения и сепараторов, нарушение режима смазки);
- повреждения элементов соединительных муфт;
- различные дефекты электромагнитного происхождения (магнитная асимметрия якоря, перекося фаз, смещение в магнитном поле и т. д.);
- нарушение жесткости системы.

Рисунки 1–4 иллюстрируют спектральное представление некоторых наиболее распространенных из перечисленных дефектов ( $v_c$  – виброскорость, мм/с;  $A$  – виброускорение,  $m/c^2$ ;  $f$  – частота, Гц). Следует особо отметить, что в конструкциях привода оборудования гидромеханизации весьма значительную часть статических и динамических усилий воспринимают подшипники качения, основными методами оценки технического состояния которых являются: ПИК-фактор, спектральный анализ, анализ спектра огибающей, метод ударных импульсов и эксцесс.

Единого метода контроля по параметрам механических колебаний, который мог бы одинаково успешно применяться как для экс-

пресс-диагностики подшипников качения, так и для мониторинга технического состояния, на сегодняшний день не существует.

Свои ограничения на область применения того или иного метода ВД накладывают: тип оборудования и условия его эксплуатации,

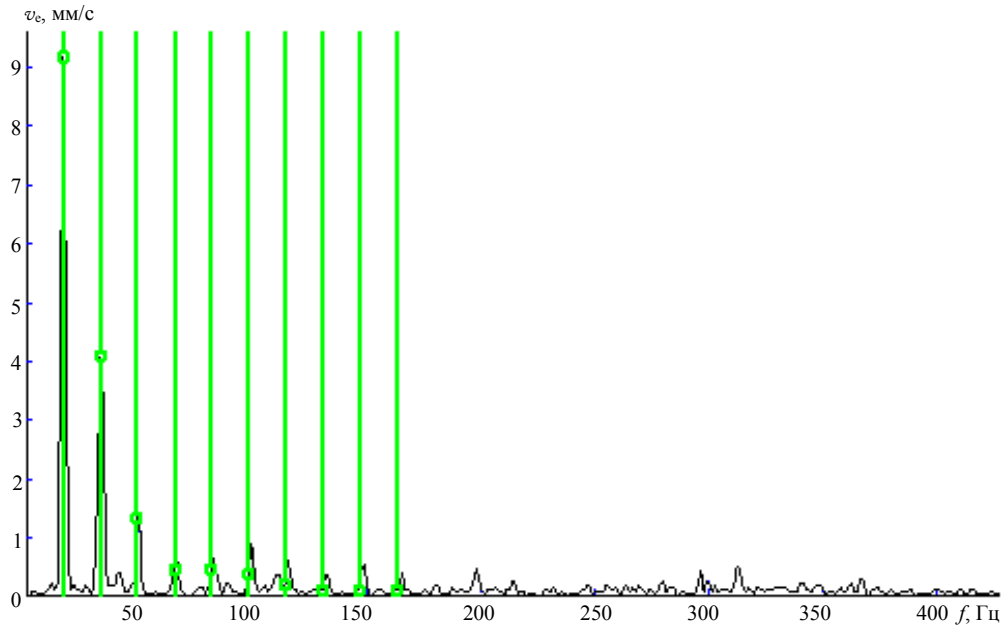


Рис. 1. Нарушение центровки агрегата Д-2000-100, общее нарушение жесткости системы

низкие частоты вращения, необходимость использования априорной информации о геометрических параметрах подшипника, источ-

ники случайной высокочастотной вибрации и др. Именно поэтому для эффективной оценки фактического технического состояния меха-

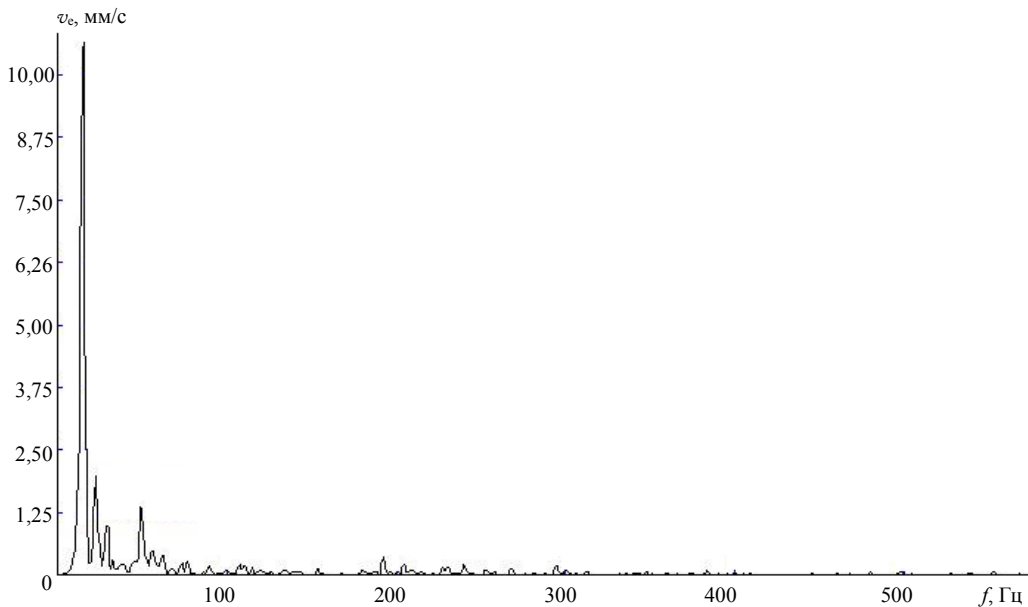


Рис. 2. Дисбаланс ротора электродвигателя землесоса ЗГМ-2М. Общее техническое состояние агрегата оценивается как «недопустимое», согласно [4]

нических систем необходимо использовать комплексный диагностический подход.

подхода позволяют не только минимизировать недостатки и ограничения применяемых методов диагностики и извлечь максимальное

Результаты применения комплексного

количество полезной информации из виброакустического сигнала, но и сформулировать точные диагностические признаки дефектов

исследуемого оборудования и критерии предельно допустимого состояния техники, а также максимально точно оценить фактиче-

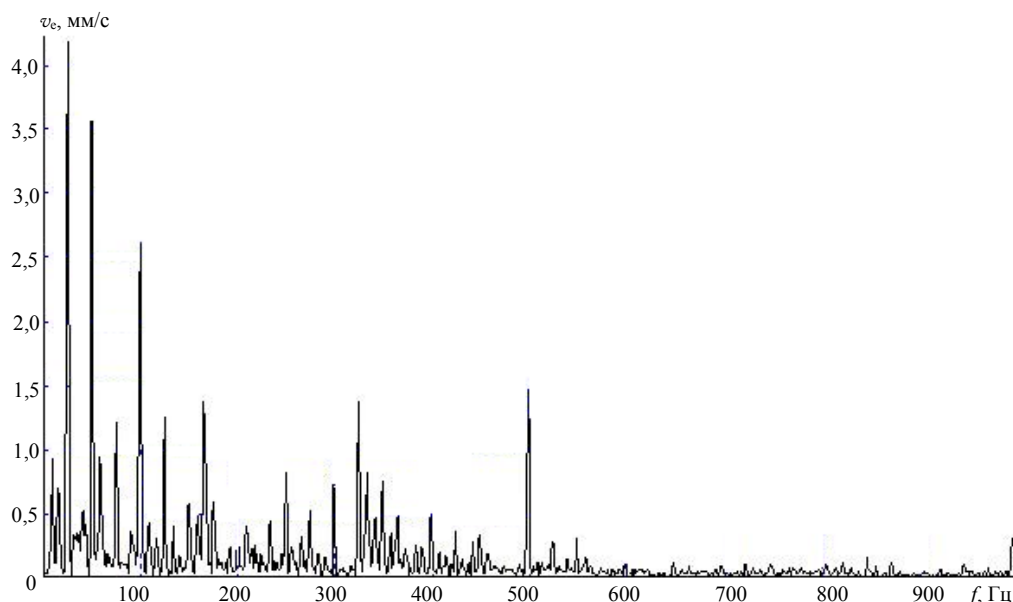


Рис. 3. Износ рабочих элементов маслостанции гидромонитора ГМД-250, нарушение жесткости системы

ское техническое состояние агрегата.

Применительно к оценке технического состояния объектов угольной промышлен-

ности, в частности оборудования гидромеханизации, комплексный диагностический подход включает в себя метод прямого спек-

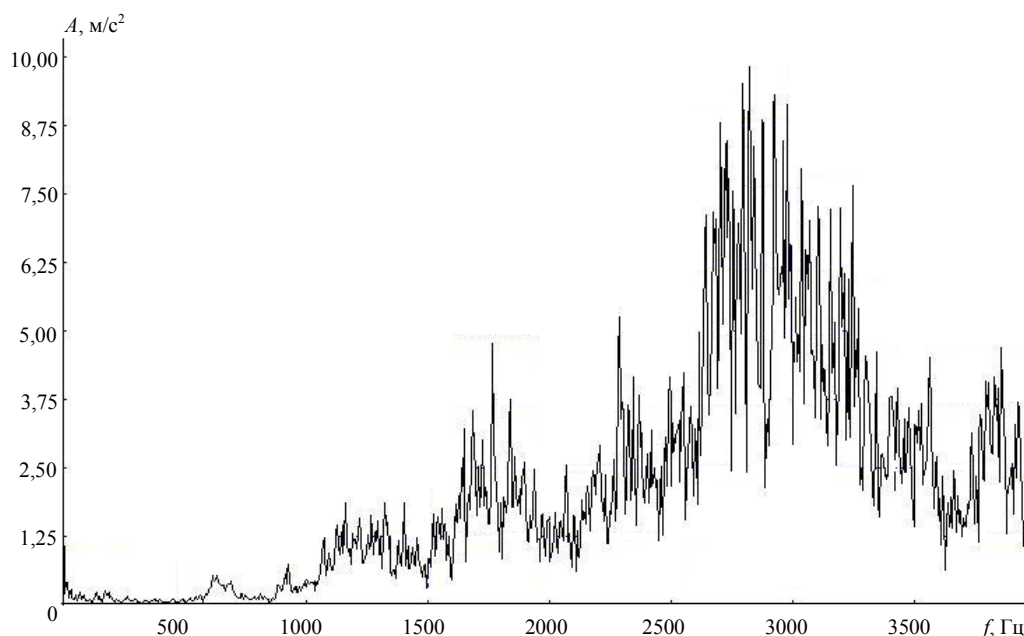


Рис. 4. Развитие дефекта подшипника электродвигателя землесоса ЗГМ-2М, общий уровень по параметру виброускорения  $A = 67,3 \text{ м/с}^2$

трального анализа, синхронное накопление, анализ огибающей и эксцесс. Именно такое сочетание методов ВД является оптимальным для достоверной интерпретации полученных

результатов с указанием степени развития того или иного дефекта [2, 3]. Такое решение позволяет избежать ограничений на область применения методов контроля и максималь-

но точно оценить фактическое техническое состояние работающего агрегата. Проведенные учеными Института угля СО РАН многолетние исследования в области формирования случайных виброакустических характеристик на опорах динамически работающих механизмов могут послужить основой для перехода на качественно новые формы технического обслуживания, откроются инновационные пути к безопасной эксплуатации производственного оборудования. Для этого необходимо продолжить работу по созданию нормативно-методической базы для оценки и прогнозирования технического состояния по параметрам механических колебаний.

Исторически сложилось, что угольная

промышленность являлась и является объектом повышенной опасности [5]. Предлагаемый подход как раз и позволяет осуществить качественный переход к безопасной эксплуатации техники, уйти от схемы планово-предупредительных ремонтов и примитивного аварийного обслуживания, рассчитать критерии предельно допустимого состояния оборудования угольной промышленности.

На сегодняшний день разработаны математические модели прогнозирования развития типовых дефектов узлов различной горной техники. Созданы научные предпосылки для внедрения на угольных предприятиях системы обслуживания техники по фактическому техническому состоянию.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: федер. закон от 21.07.97 № 116-ФЗ.
2. Диагностика горных машин и оборудования: учеб. пособие / Б. Л. Герике [и др.]. М., 2012. 400 с.
3. Неразрушающий контроль: справочник / под ред. чл.-корр. РАН В. В. Клюева. М., 2005. Т. 7. 828 с.
4. ГОСТ ИСО 10816 (1–4). Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях.
5. Проблемы безопасности и новые технологии подземной разработки угольных месторождений / В. И. Клишин [и др.]. Новосибирск, 2011. 524 с.

Поступила в редакцию 19 августа 2013 г.

**Герике Павел Борисович** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории средств механизации отработки угольных пластов Института угля СО РАН, доцент кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета. 650065, г. Кемерово, просп. Ленинградский, 10, Институт угля СО РАН.  
E-mail: am\_besten@mail.ru