© Б.Л. Герике, П.Б. Герике,
И.Л. Абрамов, 2008

УДК 53.083(430.1)

Б.Л. Герике, П.Б. Герике, И.Л. Абрамов

РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКИХ ОСНОВ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОДНОКОВШОВЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Объемы добычи угля в России в 2005-2006 гг. составили около 300 млн. т в год Их них две трети добывается открытым способом. В перспективе планируется увеличение объемов добычи угля открытым способом как энергетических, так и коксующихся углей.

Одним из условий роста добычи углей открытым способом в Кузбассе является состояние парка карьерных экскаваторов. За последние два десятилетия в этом вопросе произошли количественные и качественные изменения. Количество экскаваторов на угольных разрезах Кузбасса снизилось с 574 шт. в 1989 г. до 497 шт. в 2000 г. Число марок эксплуатируемых экскаваторов увеличилось с 13 в 1970 г. до 25 в 2000 г. Средняя ёмкость ковша в 2000 г. составила 8,4 м^3 по сравнению с 4,2 м^3 в 1964 г. Происходит переход на более мощные экскаваторы, которые, несмотря на большие капитальные затраты, оправдывают себя по экономическим и эксплуатационным показателям. Увеличение числа марок связано как с многообразием условий залегания угольных месторождений Кузбасса, требующих применения различных технологических экскаваторов, так и с расширением предложения заводов-изготовителей. В тоже время на разрезы УК «Кузбассразрезуголь», крупнейшей угольной компании в Кузбассе, в 2003 году было поставлено лишь 3 новых экскаватора, а в 2004 году 4 экскаватора (модели ЭКГ-10 и ЭКГ-15).

Вызывает тревогу выработка ресурса добычной техники. Специалистами ЗАО «КузбассРИКЦ», ПО «ВИДИА 2004» и ИУУ СО РАН проведены выборочные экспертные обследования экскаваторов, представляющих практически весь спектр применяемых при добычных и вскрышных работах экскаваторов (ЭКГ-4,6Б, ЭКГ-5А, ЭКГ-4у, ЭКГ-5У, ЭКГ-6,3у, ЭКГ-6,3ус, ЭКГ-8И, ЭКГ-8у, ЭКГ-8ус, ЭКГ-10, ЭКГ-12,5, ЭШ-10/70, ЭШ-13/50, ЭШ-15/90А, ЭШ-20/90). Выводы о состоянии экскаваторного парка по данным первичных обследований: 4 % находятся в хорошем состоянии, 26 % - в удовлетворительном, 36 % - в допустимом и 34 % - в недопустимом состоянии [1].

В соответствии с Федеральным законом «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [2] все машины и оборудование, эксплуатируемые на опасных производственных объектах, в том числе на шахтах, разрезах, карьерах, должны проходить экспертизу промышленной безопасности. Для решения этой задачи специалистами ГОУ КузГТУ, Института угля и углехимии СО РАН, ЗАО «НИИЦ Куз-

НИУИ», НФ «КузбассНИИОГР» и ОАО «Кузбассэнергоуголь» разработаны «Методические указания по проведению экспертизы промышленной безопасности одноковшовых экскаваторов» [3].

Методические указания определяют сроки и порядок проведения экспертизы одноковшовых механических карьерных экскаваторов с вместимостью ковша 4 $м^3$ и более (отечественного и импортного производства) двух типов – драглайнов и экскаваторов карьерных гусеничных.

Методические указания состоят из 6 разделов, списка литературы из 69 наименований и 22 приложений.

В основной части рассматриваются вопросы:

- планирования и организация экспертизы;
- программа проведения экспертизы;
- методика проведения экспертизы;
- определение срока безопасной эксплуатации;
- оформление результатов экспертизы;
- требования безопасности при проведении экспертной группой диагностических работ в процессе экспертизы промышленной безопасности одноковшовых экскаваторов.

В приложениях приведены требования по нормам и порядку проведения технической диагностики и неразрушающего контроля с применением методов контроля: акустико-эмиссионного, вибрационного, вихретокового, визуально-измерительного, проникающими веществами, теплового, ультразвукового:

- карта обследования карьерного экскаватора;
- карта обследования экскаватора типа драглайн;
- технические средства, применяемые при экспертном обследовании экскаваторов;
- критерии предельных состояний узлов и агрегатов экскаваторов карьерных гусеничных (ЭКГ)
- критерии предельных состояний узлов и агрегатов экскаваторов шагающих типа драглайн;
- технологические схемы контроля сварных швов стрел экскаваторов ЭШ 10/70А (модификации ЭШ 10/70), ЭШ 13/50 методом ультразвукового контроля;
- технические характеристики средств измерения параметров акустического поля работающего оборудования;
- схемы измерения вибрации электромеханического оборудования одноковшовых экскаваторов;
- предельные значения интенсивности вибрации механического оборудования одноковшовых экскаваторов;
- предельные значения интенсивности вибрации электрических машин (рекомендации ГОСТ 20815-93);
- опорные маски для оценки степени опасности спектральных составляющих механических колебаний;
- допустимый уровень вибрации на рабочем месте машиниста экскаватора (по ГОСТ 12.1.012-90);
- примеры возможных дефектов электрооборудования;
- допустимые температуры нагрева;
- оценка технического состояния контактных соединений по величине избыточной температуры;
- объем тепловизионного контроля контактов и контактных соединений выключателей;
- оценка теплового состояния токоведущих частей;
- расчетная оценка остаточного ресурса металлоконструкций экскаваторов;
- отчет о техническом состоянии оборудования по результатам замеров вибрации;

- план мероприятий по устранению недостатков, выявленных в процессе экспертизы экскаваторов.

Особенностью представленных Методических указаний является применение подходов к оценке остаточного ресурса безопасной эксплуатации карьерных экскаваторов на основе комплекса научных исследований, опирающихся на современные инструментальные физические методы контроля.

В методике подробно изложены требования к оборудованию и аппаратуре для проведения диагностики и неразрушающего контроля, выполнения и оформления экспертизы технической безопасности, впервые сформулированы четкие и ясные критерии предельного технического состояния для карьерных экскаваторов.

Методические указания являются нормативной базой для внедрения системы технического обслуживания карьерных экскаваторов по фактическому состоянию, что позволит не только своевременно выявлять зарождающиеся дефекты и оценивать степень их опасности, но и явится основой для разработки экспертной системы диагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мониторинг* технического состояния экскаваторного парка разрезов ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»./ Билибин В. В., Демьянов Б. П., Герике Б. Л., Протасов С. И.// Безопасность труда в промышленности, №4. – 2005. – С. 22-25.

2. *Федеральный* закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-93 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588).

3. *Методические* указания по проведению экспертизы промышленной безопасности одноковшовых экскаваторов. ГУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет». Согласовано с Управлением по технологическому и экологическому надзору Ростехнадзора России по Кемеровской области, 2007, 125 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Герике Б.Л. – доктор технических наук,
Герике П.Б. – кандидат технических наук,
Абрамов И.Л. – кандидат технических наук,

Институт угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово.

Статья рекомендована к опубликованию Институтом угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово.

© Б.Л. Герике, П.Б. Герике, И.Л. Абрамов, 2008

УДК 681.518.54

Б.Л. Герике, П.Б. Герике, И.Л. Абрамов

ВИБРОДИАГНОСТИКА ВЕНТИЛЯТОРОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ТИПА ВДК 12-44 (2х1600)

С принятием Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1] большое значение уделяется техническим устройствам, применяемых на опасных производственных объектах, в том числе на шахтах, разрезах, карьерах. Все технические устройства, применяемые на опасном производственном объекте в процессе эксплуатации, подлежат экспертизе промышленной безопасности. Важным звеном при проведении экспертизы является определение износа оборудования путем диагностирования его технического состояния [2].

От технического состояния оборудования зависят не только экономические показатели, но и безопасность работы обслуживающего персонала. Одним из таких технических устройств являются вентиляторные установки типа ВДК.

Шахтный вентилятор главного проветривания ВДК-12-44 производства фирмы KANAM (Китай) на сегодняшний день является одной из наиболее мощных и технически совершенных установок такого класса, работающих в России (см. рис. 1). Он смонтирован на шахте Ерунаковская-VIII ОАО «ХК Южкузбассуголь» и принят к сертификационным испытаниям с октября месяца 2007 г.

В рамках проведения сертификационных испытаний было произведено полное вибродиагностическое обследование машины на всех режимах ее работы.

Система оборудована штатными датчиками, но места их установки расположены на защитном кожухе, вдали от подшипниковых узлов, где виброакустический сигнал претерпевает ряд изменений и затухает. Поэтому показания штатной системы вибрационного мониторинга являются недостоверными, и на их основе нельзя проводить анализ технического состояния агрегата, а, тем более прогнозировать ресурс остаточной работоспособности. В ходе выполнения работ были даны рекомендации по проектированию новой схемы мониторинга, с использованием датчиков российского производства, закрепленных на лобовинах статоров приводных электродвигателей (рис. 2). На рис. 2 обозначены: E_1 и E_2 – 1 и 2 ступени вентилятора, соответственно, 1 и 3 – передние подшипники 1 и 2 ступеней, соответственно, 2 и 4 – задние подшипники 1 и 2 ступеней, соответственно, индексами В, П и О – вертикальное, поперечное и осевое направления измерения вибрации.

Проведенное исследование включало в себя ряд замеров вибрационных характеристик на различных режимах работы вентилятора, последовательном включении/выключении ступеней, при реверсе.

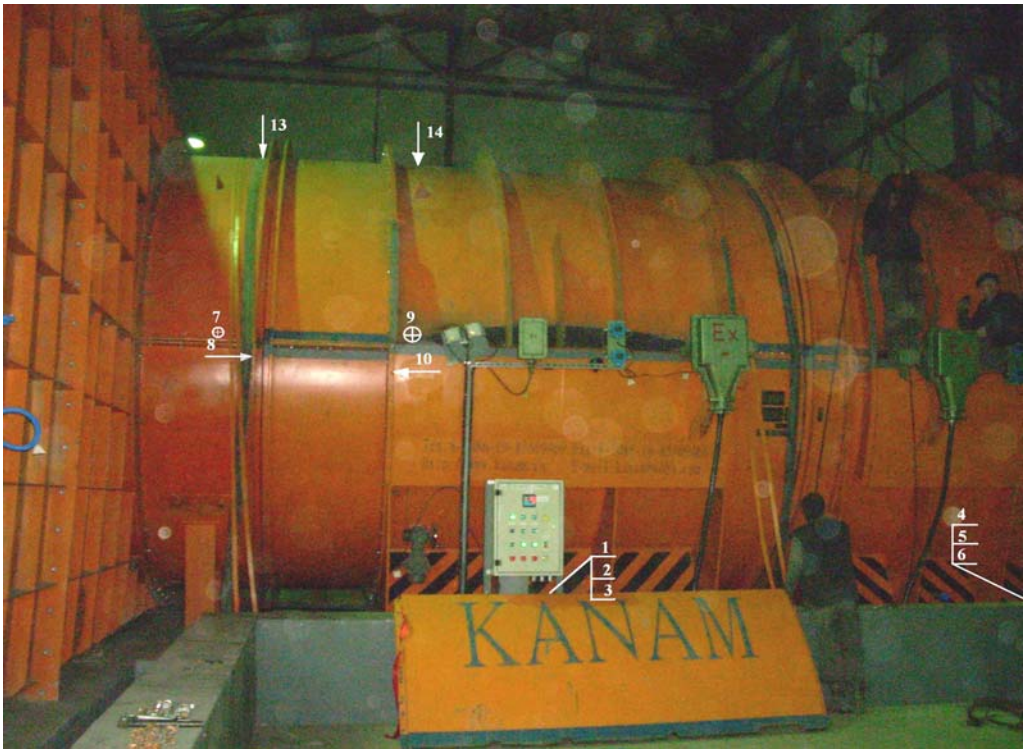

Рис. 1. Внешний вид вентиляторной установки ВДК-12-44

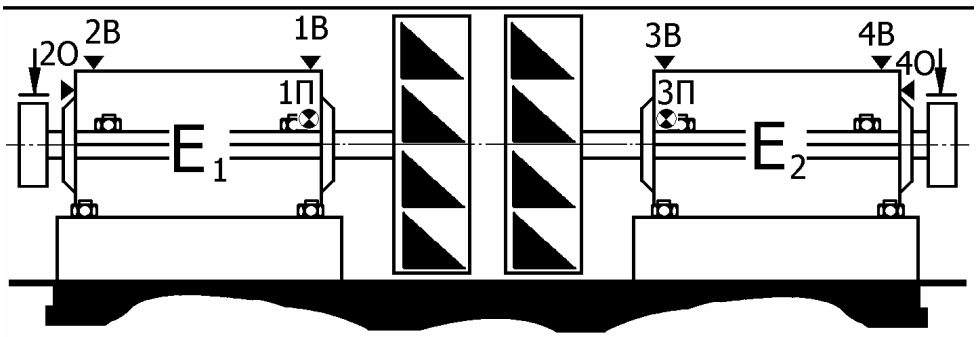

Рис. 2. Схема установки датчиков вибрации на вентиляционной установкеВДК-12-44

Работа по проведению вибродиагностического обследования была выполнена в соответствии с требованиями стандарта ГОСТ ISO 10816-1-97 «Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях», ГОСТ 12.1.012-94 «Вибрационная безопасность».

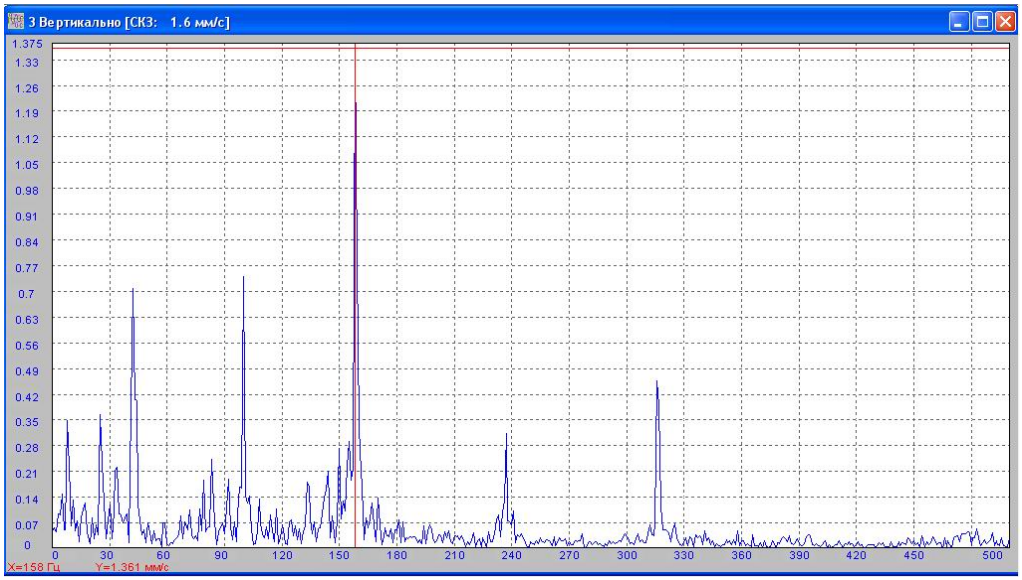

Рис. 3. Спектр вибрации переднего подшипника электродвигателя с присутствующими 2-ой и 3-ей гармониками и ярко выраженной вибрацией на частоте $2xf_{сети}$. Самая большая составляющая спектра приходится на частоту $f = 19xf_{ротора}$

Измерения и анализ параметров вибрации произведены с использованием коллектора/анализатора данных Диана 2М и программного обеспечения Атлант.

Классификация технического состояния оборудования произведена в соответствии с рекомендацией завода-изготовителя и не противоречит материалам стандарта ГОСТ ISO 10816-1-97 для вентиляторов с установленной мощностью 2х1600 кВт и частотой вращения ротора 500 об/мин со следующей шкалой оценок:

- **хорошо** – сборка узлов машинного агрегата оптимальна, вероятность появления дефектов на протяжении длительной эксплуатации минимальна ($V_{СКЗ} \leq 1{,}8$ мм/с);
- **удовлетворительно** – сборка узлов обеспечивает минимальную вероятность появления эксплуатационных дефектов на протяжении межремонтного пробега ($1{,}8 < V_{СКЗ} \leq 4{,}5$ мм/с);
- **допустимо** – повышенная вероятность преждевременного выхода узла из строя, машинный агрегат требует ремонта, повышенный уровень механических колебаний должен быть устранен ($4{,}5 < V_{СКЗ} \leq 11{,}2$ мм/с);
- **недопустимо** – дальнейшая эксплуатация может привести к аварийному отказу машинного агрегата ($V_{СКЗ} > 11{,}2$ мм/с).

Проведенные экспериментальные исследования вибрации позволяют заключить, что в целом состояние основных приводов комплекса удовлетворяет требованиям завода-изготовителя и действующих стандартов на вибрационную активность, однако обозначился и ряд проблем [3].

1. Величина интенсивности вибрации (среднее квадратическое значение виброскорости) во всех контрольных точках находится в пределах установ-

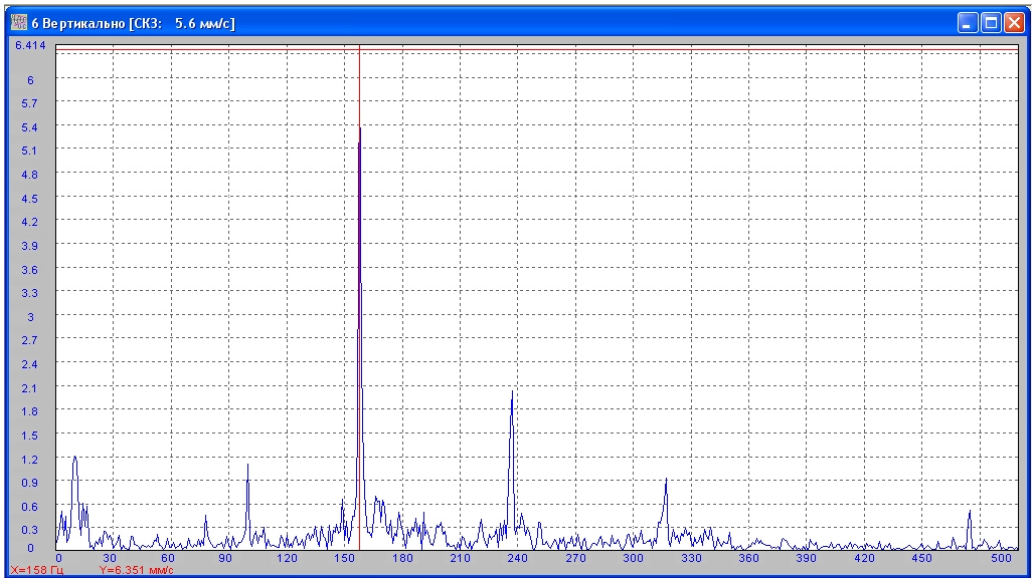

Рис. 4. Спектр виброскорости, характеризующий пульсацию потока воздуха

ленной для данного типа вентиляторов нормы.

2. Практически во всех контрольных точках наиболее значимыми являются компоненты вибрации, обусловленные лопаточными частотами 1 ступени (N = 19). Связывается это с технологией проведения измерений на кожухе вентилятора.

3. В районе переднего и заднего подшипников электродвигателя наибольшая компонента вибрации приходиться на частоту $2xf_{сети}$, что является признаком электрической асимметрии статора асинхронного электродвигателя (см. рис. 3).

4. Аналогично могут проявляться и другие дефекты электромагнитного характера – фазовая асимметрия питающей сети и межвитковое замыкание в обмотках активной стали. Для достоверного диагностирования необходимо установить симметричность фазных напряжений сети и измерить тангенциальные колебания статора.

5. Максимум вибрации зарегистрирован в замере вертикальной компоненты виброскорости на кожухе в самом удаленном месте (рядом с креплением кожуха с диффузором) на частоте $19xf_{ротора}$ и её обертонах (1,5x, 2x и 3x), что может быть связано только с пульсацией воздушного потока (см. рис. 4).

6. Механических дефектов монтажа (дисбаланс валопровода, расцентровка, дефекты подшипников качения) в ходе проведения вибродиагностического обследования обнаружено не было.

Выполнение вышеуказанных требований и рекомендаций позволит существенно повысить срок службы отдельных узлов и агрегатов машины и избежать выхода оборудования из строя, что, в конечном счете, положительным образом скажется на производительности установки в целом и позволит минимизировать издержки, связанные с внезапными отказами.

Предложенная схема мониторинга позволит вести постоянный контроль состояния оборудования по параметрам вибрации, что обеспечит не только свое-

временное выявление зарождающиеся дефекты и оценивание степени их опасности, но и явится основой для разработки экспертной системы диагностики. Кроме того, необходимо организовать работу по созданию нормативно-методической базы оценки (формирования критериев предельного технического состояния) и прогнозирования технического состояния по параметрам механических колебаний (для чего потребуется значительный объем статистической информации, необходимой для построения прогности-ческих моделей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Федеральный* закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-93 (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588).
2. *Постановление* Правительства Российской Федерации от 28.03.01 г. № 241 «О мерах по обеспечению промышленной безопасности опасных производственных объектов на территории Российской Федерации».
3. *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. – 230 с. ГИАБ

Коротко об авторах

Герике Б.Л. – доктор технических наук,
Герике П.Б. – кандидат технических наук,
Абрамов И.Л. – кандидат технических наук,

Институт угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово.

Статья рекомендована к опубликованию Институтом угля и углехимии СО РАН, г. Кемерово.

Р У К О П И С И ,

ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

1. *Диев А.Е., Мельников Р.В.* Оценка эффективности внедрения нового способа экспресс-диагностики (617/02-08 — 29.11.07) 5 с.
2. *Ткаченко Е.С., Ткаченко А.Е.* О двойственной природе электромагнитной волны (618/02-08 – – 30.11.07) 19 с.