

В.В. Носов, И.А. Павленко

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ ШАХТНЫХ СТАЦИОНАРОВ

Рассмотрена проблема обеспечения безопасной эксплуатации и продления срока службы шахтных подъёмных установок (ШПУ), обеспечивающих подъём полезных ископаемых, грузов и работающего персонала. В виду не стационарного режима эксплуатации, состояние оборудования ШПУ очень сложно поддаётся контролю, низкие обороты и короткий участок стабильной работы делают методы вибродиагностики малоэффективными. При диагностировании состояния вентиляционной установки, насосов главного водоотлива ситуация примерно такая же. Кроме того, во всех применяемых методах неразрушающего контроля узлов машин диагноз выносится слишком поздно, прогноз является краткосрочным, диагностические сигналы регистрируется «постфактум» и обнаружение опасного отклонения параметров происходит в момент, когда сложно повлиять на состояние объекта контроля. Проанализирована структура, принцип действия, наиболее проблемные узлы ШПУ, методы контроля и диагностирования их состояния, намечена тенденция их совершенствования посредством повышения точности оценки параметров надёжности и остаточного ресурса элементов ШПУ, предлагается развитие методов прогнозирования состояния и оценки ресурса машин на основе использования явления акустической эмиссии, связанного с определяющим ресурс процессом разрушения, информационно-кинетического подхода и принципов информационной оптимизации технологий неразрушающего акустико-эмиссионного контроля прочности и долгосрочного экспресс-прогнозирования механического разрушения.

Ключевые слова: стационарное оборудование, прогностика, обслуживание, диагностика, ресурс, регламент, информативность, акустическая эмиссия, вибродиагностика.

Повышение качества технических объектов и их обслуживания является основой повышения их надёжности. Из-за недостатков в качестве выпускаемой продукции развитые страны ежегодно теряют до 10 % своего национального дохода. Потери только от дефектов, приводящих к

усталости материала в США, составляют более 100 млрд. долл. в год, от коррозии — 200 млрд. долл. в год. Убытки от недостаточно высокого качества машин и сооружений в нашей стране значительно выше, и их существенное сокращение возможно на основе внедрения средств диагностики и контроля, затраты на которые по подсчётам специалистов должны составлять не менее 30 % от стоимости диагностируемого объекта. В области же атомной энергетики, аэрокосмической техники, транспорта и строительства в США, например, они в три раза превосходят стоимость самих сооружений [1–5].

Стационарное оборудование — установки подъемные вертикальных и наклонных стволов и магистральных (основных) наклонных выработок, главного проветривания, поршневые и центробежные компрессорные, насосные главного и участкового водоотливов. Относящиеся к нему ШПУ являются наиболее ответственными агрегатами, поскольку от их безотказной работы зависит производительность рудников и безопасность людей. ШПУ обеспечивают выдачу полезного ископаемого, перемещение людей и грузов. От надежности работы этого важнейшего звена технологической цепи зависит бесперебойность работы всего горнодобывающего предприятия. Любая аварийная ситуация на подъеме ведет к остановке предприятия. Поэтому вопросам обеспечения надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок всегда уделяли особое внимание. За последние годы парк шахтных подъемных машин сильно состарился. Срок эксплуатации большинства из них превышает 25 лет. Такой же срок службы имеют привод шахтных подъемных машин, система управления этим приводом, оборудование шахтного ствола, стволовая сигнализация и другие, жизненно важные элементы шахтных подъемных установок. Для обеспечения их надёжной эксплуатации все агрегаты установок снабжены системами автоматизированного контроля и диагностирования состояния, однако эффективность их использования не достаточно высока, многие из систем контроля и диагностирования требуют дальнейшего развития.

Диагностика состояния и прогнозирование работоспособности машин, оборудования, конструкций и сооружений, явля-

ясь одной из составляющих общей проблемы надёжности, связана с решением таких задач, как предотвращение аварий, оптимизация производственных и ремонтных технологий, обоснование необходимости проведения поддерживающих работоспособность профилактических мероприятий, обеспечение экологически чистых и безопасных условий труда рабочих. В современном мире неразрушающего контроля идут постоянные улучшения оценки состояния деталей и узлов машин горной промышленности. Внедрение новых разработок ведётся довольно активно, однако их серийное использование на реальных объектах сдерживается сложностью их проверки на дорогостоящих объектах больших размеров и невозможности доведения реальных узлов машин до разрушения.

Опыт эксплуатации показывает, что изменение интенсивности отказов по времени для большинства узлов и машин имеет три характерных периода (рис. 1): период приработки I с повышенной интенсивностью отказов, период нормальной эксплуатации II с минимальной интенсивностью, и период изношенной эксплуатации III с увеличенной интенсивностью отказов из-за усиленного износа, старения, усталости материала и других причин, связанных с длительной эксплуатацией.

В соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области промышленной безопасности все шахтные подъемные установки должны быть оснащены устройствами для регистрации основных параметров режимов работы подъемной машины. Внедрение регистраторов параметров установок (РПУ, рис. 2) обеспечивает повышение надежности и безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок, а именно:

- контроль электропривода постоянного или переменного тока; определение λ массы руды, поднимаемой из шахты; измерение скорости движения подъемных сосудов; определение положения подъемных сосудов в шахтном стволе; контроль состояния;

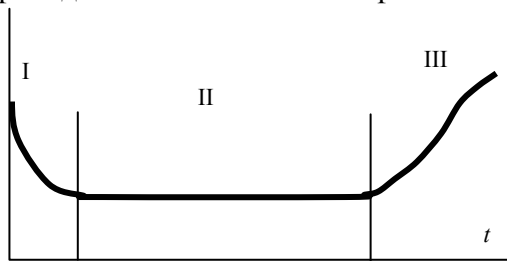


Рис. 1. Зависимость интенсивности отказов от времени эксплуатации технических объектов

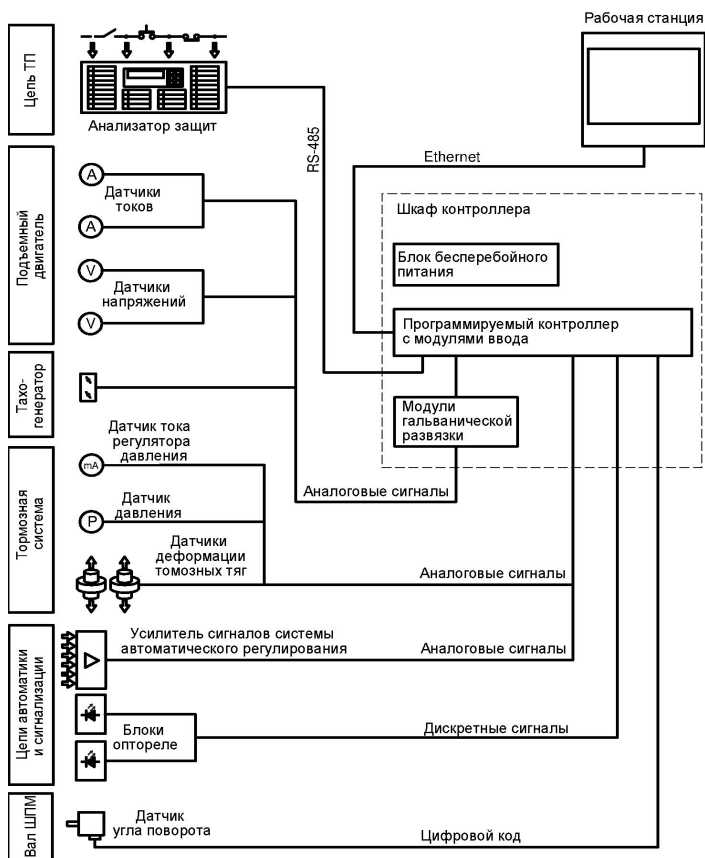


Рис. 2. Блок-схема РПУ-03.5

- системы предохранительного торможения (причины наложения предохранительного тормоза и состояние контактов цепи ТП после наложения предохранительного тормоза); контроль тормозной системы подъемной машины (РПУ-03.5);
- контроль системы автоматического управления подъемной машиной; контроль состояния системы шахтной стволовой сигнализации ШПУ; контроль системы автоматического регулирования скорости, построенной на элементах универсальной блочной системы регулирования УБСР или магнитных усилителях ШПУ.

Контроль электропривода подъемной машины, измерение силы постоянного тока силовых цепей подъемного элек-

тродвигателя производится с помощью стандартных шунтов. Постоянное напряжение с шунтов поступает на нормализующий модуль и модуль аналогового ввода контроллера. Измерение силы переменного тока силовых цепей подъемного электродвигателя производится с помощью стандартного токового шунта, 49 включаемого во вторичную цепь трансформатора тока, установленного в контролируемой цепи двигателя. Переменное напряжение с шунта поступает на нормализующий модуль-детектор, преобразующий переменное напряжение в сигнал постоянного тока. Нормализованный сигнал подается в модуль аналогового ввода. Измерение силы переменного тока в роторной цепи подъемного двигателя осуществляется с помощью датчиков тока. Переменное напряжение с выхода датчика поступает на нормализующий модуль-детектор и далее в модуль аналогового ввода. Измерение скорости движения подъемных сосудов осуществляется при подключении к тахогенератору подъемной машины. Постоянное напряжение с тахогенератора поступает на нормализующий модуль и в модуль аналогового ввода контроллера. Определение положения подъемного сосуда в шахтном стволе производится с помощью оптоэлектронного многооборотного датчика угла поворота, соединенного с валом двигателя с помощью безлюфтовой муфты. Датчик имеет разрешение 4096 делений на один оборот. Внутренний счетчик рассчитан на 4096 оборотов. Сигналы с датчика поступают в модуль SSI-интерфейса контроллера. Контроллер обеспечивает преобразование кода Грея с выхода датчика угла поворота в бинарный код. Из угла поворота вычисляется положение сосудов в метрах. Контроль системы управления подъемной машиной и системы шахтной сигнализации. Из системы автоматического управления подъемной машиной на модули дискретного ввода контроллера поступают сигналы определяющие: включение и выключение подъемного двигателя; контроль целостности цепи ТП; остановку сосудов на отметках разгрузки и загрузки скипов или площадках посадки высадки людей (для клетевой ШПУ); режимы работ ШПУ; кодовые сигналы системы ствовой сигнализации; положение предохранительных решеток в шахтном стволе. На опорах двигателя и рабочего колеса установлены датчики виброскорости и виброускорения, которые обеспечивают остановку стационара в случае превыше-

ния допустимых значений соответствующих диагностических параметров. Оборудованная такой системой диагностирования подъемная машина считается защищенной от опасного отказа, в случае же её отсутствия возможен непредвиденный выход из строя подшипников привода или барабана.

Реальная ситуация несколько сложнее. В виду не стационарного режима эксплуатации, состояние оборудования ШПУ очень сложно поддается контролю, низкие обороты и короткий участок стабильной работы делают методы вибродиагностики малоэффективным. При диагностировании состояния вентиляционной установки, насосов главного водоотлива ситуация примерно такая же. Кроме того, во всех применяемых методах неразрушающего контроля узлов машин диагноз выносится слишком поздно, прогноз является краткосрочным, диагностические сигналы регистрируется «постфактум» и обнаружение опасного отклонения параметров происходит в момент, когда сложно повлиять на состояние объекта контроля.

В связи с этим перспективным рассматривается направление развития методов и средств диагностики, основанных на методах долгосрочного прогнозирования наступления критического состояния и оценки остаточного ресурса, позволяющих осуществить переход от обслуживания по регламенту к обслуживанию по текущему состоянию машин. Для этого необходимо разработать соответствующие методы диагностирования, инструкции по диагностированию и продления срока службы, опираясь на информационно обеспеченные методы контроля. Сейчас во многих отраслях промышленности активно внедряются методы диагностирования, основанные на использовании явления акустической эмиссии, позволяющие предсказывать «ресурс», качество смазки и морфологию поверхности качения подшипников [6–8]. Решение выделенной проблемы возможно путем создания достоверной методики акустико-эмиссионных испытаний для подшипников качения.

Таким образом появится возможность перехода от обслуживанию по регламенту к обслуживанию по «требованию самой машины».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам: учеб. пособие/ Русов В.А. Пермь, 2012. – 205 с.

2. Диагностика машин и оборудования: учеб. Пособие/ Носов В.В. – Лань, 2012. – 384 с.

3. *Авдеев Л.А., Братцев С.А.* Автоматизированный контроль и диагностика вентиляторов главного проветривания. Труды КарГТУ №3 стр. 85- 88 2007 г.

4. Эксплуатация шахтных подъемных установок / под ред. Г.Д. Трифанова. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. университета, 2015Г. 315 с.

5. Горные машины и оборудование. Введение в специальность: учебное пособие. Часть 2 / А.Б. Ефременков, А.А. Казанцев, М.Ю. Блашук; Юргинский технологический институт. – Томск: Изд. Томского политехнического университета, 2012г. 115 с.

6. Павленко И.А. Применение акустической эмиссии для диагностики подшипников качения машин и механизмов в горной промышленности. Сборник трудов IV международной научно-практической конференции «Инновации на транспорте и в машиностроении». Том IV. СПб: Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016, С. 100–103.

7. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений полезных ископаемых подземным способом (ПБ 03–553–03). – М.: Недра, 2003. – 150 с.

8. *Носов В.В.* Принципы оптимизации технологий акустико-эмиссионного контроля прочности промышленных объектов// Дефектоскопия, № 7, 2016, с. 52–67. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Носов Виктор Владимирович — доктор технических наук, профессор кафедры Транспорта и хранения нефти и газа и кафедры Приборостроения Санкт-Петербургского горного университета, e-mail: nosovvv@list.ru;
Павленко Иван Андреевич — аспирант кафедры Приборостроения Санкт-Петербургского горного университета, старший инженер Санкт-Петербургской Электротехнической Компании, e-mail: Pavlenko_van@mail.ru.

UDC 620.169.1

IMPROVING MINE HOSPITAL SERVICE QUALITY

Nosov V.V., Doctor of Technical Sciences, Professor at the Oil and gas transportation and storage Department of University of Mines, e-mail: nosovvv@list.ru, Russia,

The problem of ensuring safe operation and service life of the mine hoisting installations (silos), providing lift minerals, goods and operating personnel. Since not stationary mode of operation, the state of silo equipment is very difficult uncontrollable, low speed and a short section of the stable operation do vibrodiagnostics methods ineffective. When diagnosing the state of the air handling unit, the main dewatering pumps, the situation is similar. In addition, all non-destructive testing methods used machines nodes diagnosed imposed too late, the prognosis is short-term, the diagnostic signals recorded «after the fact» and the detection of dangerous parameters deviation occurs at a time when it is difficult to influence the state of the control object. The structure of the operating principle, the most problematic sites silos, methods of monitoring and diagnosing their condition, planned trend of improving them by increasing the accuracy of estimation of reliability parameters and residual resource elements silos, proposed the development of forecasting methods and machinery resource estimate based on the use of acoustic emission phenomena associated with determining resource destruction process, information-kinetic approach and the principles of information technology optimization of nondestructive acoustic emission monitoring of long-term strength and rapid prediction of mechanical failure.

Key words: Stationery, prognostics, maintenance, resource, regulation, informativeness, acoustic emission, vibration diagnostics.

REFERENCES

1. *Diagnostika defektov vrashhajushhegosja oborudovanija po vibracionnym signalam* (Diagnosis of defects in rotating machinery vibration signals at): ucheb. Posobie / Rusov V.A. Perm', 2012. 205 p.
2. *Diagnostika mashin i oborudovanija* (Diagnosis of machines and equipment): ucheb. Posobie / Nosov V.V. Lan', 2012. 384 p.
3. Avdeev L.A., Bratcev S.A. *Avtomatizirovannyj kontrol' i diagnostika ventiljatorov glavnogo provetrevanija* (Automated control and diagnostics of main fans). Trudy KartGTU No 3, pp. 85–88, 2007.
4. *Jekspluatacija shahtnyh podemnyh ustanovok* (Operation of mine hoisting plants) / pod red. G.D. Trifanova. Perm': Izd-vo Perm. nac. issled. politehn. universiteta, 2015. 315 p.
5. *Gornye mashiny i oborudovanie. Vvedenie v special'nost': uchebnoe posobie. Chast' 2* (Mining machinery and equipment. Introduction to the profession: a tutorial. Part 2) / A.B. Efrementov, A.A. Kazancev, M.Ju. Blashhuk; Jurginskij tehnologicheskij institut. Tomsk: Izd. Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 2012. 115 p.
6. Pavlenko I.A. *Primenenie akusticheskoj jemissii dlja diagnostiki podshipnikov kachenija mashin i mehanizmov v gornoj promyshlennosti* (Application of acoustic emission for diagnostics of rolling bearings and machinery in the mining industry). Sbornik trudov IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Innovacii na transporte i v mashinostroenii». Tom IV. Saint-Petersburg: Nacional'nyj mineral'no-syr'evoj universitet «Gornyj», 2016, pp. 100–103.
7. Edinye pravila bezopasnosti pri razrabotke rudnyh, nerudnyh i rossypnyh mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh podzemnym sposobom (PB 03–553–03). Moscow: Nedra, 2003. 150 p.
8. Nosov V.V. *Principy optimizacii tehnologij akustiko-jemissionnogo kontrolja prochnosti promyshlennyh obektov* (Principles of optimization technologies acoustic emission monitoring the strength of industrial objects) // Defektoskopija, No 7, 2016, pp. 52–67.