

УДК 622:658.513 (0.75) (575.2) (04)

МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

П.И. Пахомов – докт. техн. наук

The information about application of the model of a system of hoisting machines operative technical diagnostics for different purposes is presented.

В настоящее время проблема обеспечения безопасной и надежной эксплуатации подъемных установок становится все более актуальной из-за значительного старения и невозможности обновления действующих ПУ на предприятиях Кыргызстана, России и других стран СНГ. Решить эту задачу можно путем оперативного и качественного диагностирования их технического состояния.

За основу модели системы оперативно-технической диагностики (ОТД) подъемных установок (ПУ) принята концептуальная модель, предложенная Калужским филиалом МГТУ им. Н.Э. Баумана [1], применительно к специфическим условиям работы рудничных (шахтных) ПУ [2].

В структуру предлагаемой модели ОТД ПУ входят новые технические средства системы КОНТУР, СТАРТ [2], позволяющие формировать и передавать различную информационно-измерительную информацию от движущегося подъемного сосуда (ПС) в стволе шахты.

Основу ОТД ПУ составляют две сложные системы: информационно-измерительный диагностический комплекс (ИИДК), позволяющий обеспечивать проведение диагностических процессов, т.е. регистрацию и оценку диагностических параметров, и автоматизированная система определения работоспособности (АСОР) ПУ – их анализ и логический вывод процесса диагностирования. Правильность постановки диагноза зависит от точности ком-

плекса и обоснованности выводов диагностирования.

Диагностический комплекс позволяет получать диагностические параметры всех единиц подъемных устройств с помощью технических средств диагностирования (ТСД), представляющих собой ряд автономных блоков, устанавливаемых в машинном зале ПУ, а также от датчиков, установленных на копре и другом оборудовании подъемной машины (ПМ).

Информация с датчиков на выносную аппаратуру передается по радиоканалам. Каждый автономный блок имеет источник питания и передатчик радиоканала с собственной частотой. В комплекте выносной аппаратуры имеется радиоприемник, управляемый микро-ЭВМ, которая может перестраиваться с высокой скоростью, что создает эффект непрерывной передачи сигнала по нескольким каналам. Это позволяет устанавливать датчики в труднодоступные места и оперативно проводить диагностирование.

Автономные блоки ИИДК, устанавливаемые на ПУ, – первичные приборы акустической эмиссии [11, 12] (динамометр, виброграф, бортовой регистратор режимов работы ПМ и др.). Информация, поступающая с этих приборов в блоки выносной аппаратуры, частично обрабатывается, преобразуется в удобную форму, регистрируется на носителе в виде определенного кода и передается дальше в АСОР. Выносная аппаратура управляется

микроЭВМ. Меняя программу, можно оперативно изменять алгоритмы работы системы.

Применение метода акустической эмиссии [3–10, 12–17] целесообразно при определении остаточного ресурса металлоконструкции, так как из всех известных методов дефектоскопии он дает наиболее достоверную информацию о кинетике роста трещин и их опасности. При этом нет необходимости "прохождения" датчика над дефектом, так как датчики обнаруживают дефекты посредством распространения акустических волн напряжений в теле металлоконструкции. Автономный блок с аппаратурой акустической эмиссии содержит датчик, широкополосный усилитель, пиковый детектор. В выносной аппаратуре используется селектор сигналов, с его помощью канал акустической эмиссии подключается к микроЭВМ для контроля амплитуды в любом канале. Нормализатор предназначен вырабатывать короткий импульс, амплитуда которого пропорциональна огибающей амплитуде. После нормализатора импульсы поступают на анализатор, который вырабатывает временные разности прихода сигналов на разные датчики. Эту информацию использует микроЭВМ для вычисления координат источников трещин в металлоконструкции.

Для непрерывной регистрации массы перевозимых грузов (подъемными сосудами) применяется динамометр на основе магнитоанізотопного преобразователя системы СТАРТ [2]. Это дает возможность оперативно передавать измерительную информацию к установленным блокам в машинном зале ПУ.

В комплект выносной аппаратуры входит быстродействующий аналого-цифровой преобразователь, что позволяет регистрировать переходные колебания системы "груз-канат" и, таким образом, получать информацию о динамическом нагружении металлоконструкции копра подъемной установки.

Вертикальная вибрация копрового сооружения ПУ, возникающая в результате действия динамических нагрузок при рабочих и аварийных режимах подъемной машины, используется в качестве диагностического параметра, определяющего зависимость времени затухания колебаний от сроков эксплуатации ПУ. Параметры вибрации измеряют вибромет-

ром сейсмического типа. Он измеряет вибро смещения, работает в собственной системе отсчета в послерезонансной полосе частот. Виброметр устанавливается на копре, информацию передают по радиоканалу.

Бортовой регистратор режимов работы пусковой установки представляет собой контроллер (например, на основе МС-2127 или др.) для измерения и первичной обработки параметров, характеризующих режимы работы электропривода пусковой машины в соответствии с требованиями ПБ. Он предназначен для определения необходимых характеристик режимов работы ПМ в условиях его длительной эксплуатации. Информация обрабатывается в процессе эксплуатации ПУ и хранится в энергонезависимой памяти в виде ряда обобщающих параметров. В нужный момент она может быть выведена на цифровой индикатор или в ПЭВМ АСОР. Контроллер – процессорная часть микропроцессорного устройства (МУ). В его комплект входят также датчики, преобразующие необходимые параметры в аналоговый электрический сигнал; устройство согласования этих сигналов с входными сигналами, необходимыми для работы контроллера; источник питания.

АСОР ПУ базируется на ПЭВМ с большой анализирующей программой на языке высокого уровня, обрабатывает полученную информацию и выдает результаты анализа и рекомендации относительно дальнейшей эксплуатации диагностируемой ПУ. АСОР ПУ включает подсистему управления (СУ), банк данных (БД), экспертную систему (ЭС), системы расчетов (СР) и графики (СГ). В работе АСОР принимают участие компетентные специалисты по эксплуатации и надежности ПУ (эксперт), представитель службы эксплуатации организации (пользователь) и специалисты инженерно-консультационных региональных центров (измеритель), проводящих диагностирование ПУ. Ядро прикладной информации – методики обследования ПУ, а ее элементы – методики решения частных задач, например влияние на работоспособность ПУ усталостных трещин, остаточных прогибов, коррозионного износа, режимов работы и т.п. При этом наряду с известными методами используются методы искусственного интеллекта с

представлением знаний экспертов в области эксплуатации, надежности и ремонта ПУ с созданием логико-математических моделей работы экспертов по оценке технического состояния (ТС) ПУ. Эти модели позволяют применять совместно результаты разноплановых теоретических и экспериментальных исследований, опыт эксплуатации, ремонтов, освидетельствования и диагностирования ТС ПУ, а также знания экспертов по этим вопросам.

Система управления предназначена для запуска АСОР и окончания его работы, снабжения эксперта, пользователя и измерителя необходимой информацией и рекомендациями, для вызова всех подсистем, а также обеспечения их взаимодействия. Дополнительная функция СУ – обеспечение дружеского интерфейса с пользователями всех категорий на естественном языке. Пользователь СУ прежде всего обращается к БНД для поиска и внесения информации о конкретной ПУ и определяет тип решаемой задачи. Он может получить справочную информацию по данным предыдущих обращений к АСОР, рекомендации экспертов для конкретного случая эксплуатации ПУ, методику действия в данной ситуации, записать новые данные по диагностируемой ПУ. В этих процессах система управления может при необходимости включать в работу экспертную систему, системы расчетов и графики, организуя их взаимодействие.

Банк данных обеспечивает рациональную организацию, компактное хранение и оперативное использование разнообразной, постоянно пополняющейся информации из технического паспорта, журналов эксплуатации, нормативно-справочной литературы, записей о ремонтах, результатах диагностирования, а также о паспортных данных подъемных установок конструктивных и технологических его особенностях, типовых технологических процессах ремонтов, обслуживания, диагностирования, а также учет работы отказов, неисправностей, параметров, тут же прочностные характеристики, сведения о сопротивлении усталости несущих элементов металлоконструкций и сварных соединений различных типов, экспериментальные данные о характере сигналов акустической эмиссии для различных дефектов и т.п.

Языково-программное ядро базы данных – замкнутая система управления базами данных. В ее состав входят система управления базами данных, базы паспортных и справочных, эксплуатационных данных, база цели и др. База паспортных и справочных данных, база целей связаны между собой и представляют классификационные и информационные "Деревья" с несколькими уровнями информации. База целей описывает возможные действия пользователя на этапах получения методики (обследование, освидетельствование, ремонт элементов металлоконструкций, испытаний, проведения расчетов и т.п.) и анализа информации. Данные, хранимые базой данных, могут быть представлены в цифровой или символьной табличной или графической (чертежи, эскизы, графики, схемы) форме.

Экспертные системы – это электронный консультант, обеспечивающий пользователю доступ к хранимым в памяти ЭВМ опыту и знаниям в области надежности ПУ и реализующий логику и стратегию рассуждений высококвалифицированного эксперта. Она включает в себя: базы фактов, знаний, подсистемы логического вывода, объяснение решений, набор правил по анализу информации, определению действий пользователя, а также набор правил, позволяющих решать ряд частных задач (логические связи, устанавливающие характер, координаты и причины возникновения неисправности (аварий) или необходимости проведения дополнительных испытаний, диагностирование, освидетельствование, ремонт и т.п. Эта система дает возможность распознавать характерные особенности ситуации, выдвигать варианты решения проблемы, отказываться от слепого поиска среди большого числа вариантов. Анализ информации основывается на соответствующих логических построениях эксперта. Она решает задачи диагностического и прогностического характера. Решая задачу, в интерактивном диалоговом режиме использования ЭВМ, оснащенной средствами искусственного интеллекта, ЭС выдает нетривиальные решения, имеющие большую практическую ценность, обеспечивая объективную оценку технического состояния подъемных установок.

Система расчетов представляет собой объединение всех расчетных процедур, при-

меняемых в АСОР ПУ. Выделение в их отдельную подсистему удобно как при создании АСОР, так и при ее использовании. Система позволяет вести расчеты: металлоконструкций и механизмов на уточненные нагрузки и воздействия, в том числе усилий; остаточного ресурса металлоконструкций по условиям циклической прочности и жесткости; режимы работы ПУ, а также уточненные расчеты элементов ПУ с учетом реальных условий работы и нагружений (уточнение металла, наличие усталостных трещин, деформаций и износа элементов, фактических режимов работы и т.п.). Подсистема системы дает возможность дополнять уникальные логические рассуждения экспертов, используемые в экспертной системе, известными в практике расчетными методами. Таким образом, система расчетов обеспечивает объективную оценку текущего технического состояния подъемных установок и прогнозирования его изменения, выбор оптимальных режимов эксплуатации, расчет элементов металлоконструкций при ремонтных и восстановительных работах и т.п.

Система графиков – объединение всех графических процедур, используемых и реализуемых в АСОР, предназначена для построения чертежей и схем на основе графических данных из банка данных, графика изменения различных параметров, изображения характерных дефектов металлоконструкций и предлагаемых конструктивных решений, их ремонта и ремонтных технологий. С помощью системы можно создавать как движущиеся, так и неподвижные изображения. Она позволяет формировать и при необходимости воспроизводить и редактировать графические изображения.

Программная реализация АСОР ПУ затруднена, так как отсутствует единое программное средство, способное реализовать все подсистемы с их взаимоувязкой. В этой связи заслуживает внимания интегрированная система "Интерэкспорт", которая обеспечивает связь с внешним программным обеспечением. Благодаря этому осуществляется эффективный контакт с программами, написанными на dBASE или CLIPPER при создании базы данных. Подсистемы систем расчетов и графиков создаются на языках высокого уровня (PL/1, BASIC и др.). В экспертной системе использован язык

VISUAL BASIC4.0 фирмы Microsoft для работы в операционной системе Windows 95–Windows 2000, XP .

Оперативно-техническая диагностика – ряд самостоятельных систем, объединенных в единое целое функциональными и логическими связями. Каждая подсистема может работать самостоятельно и быть совместимой с остальными подсистемами. Информационно-измерительный комплекс и автоматизированная система – "открытие" системы с точки зрения развития и дополнения их подсистем и компонентов. Совместимость отдельных подсистем и компонентов с другими подсистемами АСОР обеспечивается использованием языков программирования высокого уровня, однозначно определенных символов, кодов, обозначений переменных и параметров, информационных и структурных связей между подсистемами. Автоматизированные системы имеют развитые средства диалога, диагностики и устранения ошибок, что дает быстрое освоение программных средств непрофессиональными пользователями, комфортность и надежность работы.

Таким образом, в условиях прогрессирующего старения парка подъемного устройства (по оценкам специалистов 100% действующих ПУ отработали свои нормативные сроки, а 35% требуют замены) предложенная модель системы оперативно-технической диагностики (ОТД) подъемных установок с использованием новых разработанных технических средств аппаратуры КОНТУР, системы СТАРТ на микропроцессорной основе будет способствовать повышению технологической и функциональной безопасности и эффективной эксплуатации рудничных (шахтных) подъемов.

Литература

1. Безопасность труда в промышленности. – № 6. – 1999.
2. Пахомов П.И. Методы и технические средства повышения безопасности эксплуатации рудничных подъемов / Кыргызско-Российский Славянский университет. – Бишкек, 2000. – 276 с.
3. Акустическая эмиссия и ее применение для неразрушающего контроля в ядерной энерге-

- тике / Под ред. К.Б. Вакара. – М.: Атомиздат, 1980. – 216 с.
4. Баранов В.М. Ультразвуковые измерения в атомной технике. – М.: Атомиздат, 1975. – 220 с.
 5. Викторов И.А. Звуковые поверхностные волны в твердых телах. – М.: Наука, 1981. – 288 с.
 6. Глаговский Б.А., Московенко И.Б. Низкочастотные акустические методы контроля в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1977. – 208 с.
 7. Грегуш П. Звуковидение. – М.: Мир, 1982. – 232 с.
 8. Грешиников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 272 с.
 9. Дорофеев А.Л., Рожков В.И. Неразрушающие физические методы измерения твердости. – М.: Машиностроение, 1979. – 59 с.
 10. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
 11. Иванов В.И. Метод и аппаратура контроля с использованием акустической эмиссии. – М.: Машиностроение, 1980. – 213 с.
 12. Круг Г.А. Некоторые принципы построения аппаратуры автоматизированного ультразвукового контроля сварных соединений. – М.: Машиностроение, 1977. – 48 с.
 13. Шкарлет Ю.М. Бесконтактные методы ультразвукового контроля. – М.: Машиностроение, 1974. – 57 с.
 14. Шрайбер Д.С. Ультразвуковая дефектоскопия. – М.: Металлургия, 1965. – 361 с.
 15. Ржевский В.В., Ямщиков В.С. Акустические методы исследования и контроля горных пород в массиве. – М.: Наука, 1973. – 317 с.
 16. Krautkramer J., Krautkramer H. Ultrasonic testing of materials. – Berlin – Hamburg – New York, 1977. – 667 p.
 17. Obraz J. Ultrazvuk v merici technike. – Praha: SNTL, 1976. – 480 i.