

УДК 621.879:622.271.4

Д.А.ШИБАНОВ, аспирант, dan11188@yandex.ru

С.Л.ИВАНОВ, д-р техн. наук, профессор, lisa_lisa74@mail.ru

А.С.ФОКИН, канд. техн. наук, доцент, Fokin@spmi.ru

И.Е.ЗВОНАРЕВ, аспирант, ZVano@mail.ru

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

D.A.SHIBANOV, post-graduate student, dan11188@yandex.ru

S.L.IVANOV, Dr. in eng. sc., professor, lisa_lisa74@mail.ru

A.S.FOKIN, PhD in eng. sc., associate professor, Fokin@spmi.ru

I.E.ZVONAREV, post-graduate student, ZVano@mail.ru

National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ВВЕДЕНИЕМ В СИСТЕМУ TOTAL PRODUCTIVITY MAINTENANCE

Существует необходимость пересмотра существующей жесткой системы планово-предупредительных ремонтов и перехода к более прогрессивной системе, предусматривающей обслуживание и ремонт оборудования по его фактическому состоянию, при которой необходимость проведения ремонтных работ определяется на основе предварительного осмотра и результатов диагностирования и мониторинга основных узлов экскаватора. Уделяется особое внимание концепции TPM (Total Productivity Maintenance) к техническому обслуживанию карьерных экскаваторов.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт, эксплуатация, карьерный экскаватор, профилактическое обслуживание, надежность, долговечность, диагностика.

IMPROVING THE STRATEGY OF ELECTRIC ROPE SHOVELS TECHNICAL SERVICE BY ENTERING INTO THE TECHNICAL SERVICE SYSTEM ELEMENTS OF TOTAL PRODUCTIVITY MAINTENANCE

To date, there is need to review the existing rigid system of preventive maintenance and the transition to a more progressive system, which provides maintenance and repairs on its actual state, in which the need for repair work is based on a preliminary examination and the results of the diagnosis and monitoring of major nodes excavator. Pays special attention to the concept of TPM (Total Productivity Maintenance) for the maintenance of mining excavators.

Key words: maintenance, repair, running, electric rope shovels, preventive maintenance, reliability, durability, diagnostics.

Основной парк карьерных экскаваторов крупных горно-добывающих предприятий на территории России и стран СНГ представлен экскаваторами ЭКГ-10 и ЭКГ-15. Крупные горные предприятия в поисках снижения издержек, оптимизации гор-

транспортных работ и наращивания объемов добычи проявляют интерес к экскаваторам большой единичной мощности с вместимостью ковша до 60 м³. В 2007-2008 гг. в компании «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г.Коробкова» на основе анализа тенденций развития гор-

ного производства и карьерного транспорта в России, СНГ и мире была разработана стратегия развития, обосновывающая производство новой линейки карьерных экскаваторов [1]. Реализация стратегии требует пересмотра и совершенствования системы технического сервиса (ТОиР) новых и действующих карьерных экскаваторов с учетом условий эксплуатации для повышения их безотказности и долговечности.

Экскаваторы, задействованные на добыче угля, производительно работают в среднем всего 17-28 % годового календарного фонда времени, при этом на 1 ч производительной работы оборудования приходится 2,0-2,5 ч простоев в ремонте, а затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт составляют 25-40 % в себестоимости добывчи угля [2].

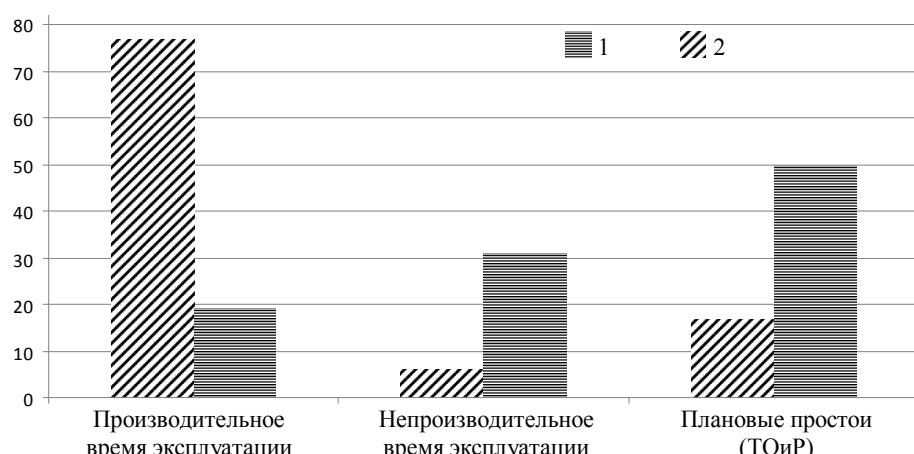
На рисунке приведена обобщенная структура годового календарного фонда времени, выраженная в процентах, горного оборудования для отечественных и зарубежных горно-добывающих предприятий. Как видно из рисунка, основная доля времени горно-добывающих предприятий России и СНГ приходится на простои оборудования при техническом обслуживании и ремонтах. Выходом из сложившейся ситуации является эффективное техническое обслуживание, которое способствует резкому сокращению простоев оборудования.

Такая разница в структуре годового календарного фонда времени отечественных и

зарубежных предприятий обусловлена в первую очередь исторически сложившимися подходами к эксплуатации и техническому сервису карьерных экскаваторов. Для западного подхода характерен срок эксплуатации оборудования до списания 3-5 (максимум 8) лет и надлежащий технический сервис, который практически на всех этапах рабочего цикла берет на себя производитель. Для отечественной горной промышленности – срок эксплуатации 15-20 лет и более, в основу технического сервиса положена система ППР, осуществляемая силами предприятия. В рамках централизованного, планового производства данный подход к сервису был целесообразен, производство машин с длительным сроком эксплуатации способствовало насыщению техникой горно-добывающих предприятий. Современная тенденция предприятий-производителей – отказ от капитального ремонта оборудования и создание унифицированных конструкций машин при оптимизации срока их эксплуатации.

В настоящее время на отечественных горных предприятиях существуют следующие проблемы в области технического обслуживания и ремонта оборудования:

- физически старое и изношенное оборудование, удельный вес которого составляет более 70 %;
- нерациональная организация технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОиР);



Структура годового календарного фонда времени горного оборудования отечественных (1) и зарубежных (2) предприятий [2]

- сокращение средств на обновление или модернизацию парка оборудования при одновременной тенденции к сокращению затрат на его ремонт и обслуживание;

- недоиспользование трудового потенциала специалистов и рабочих.

Сегодня становится очевидным, что эффективное управление техническим обслуживанием и ремонтом – важный фактор повышения конкурентоспособности предприятий. Средства предприятия, направленные на создание адаптивной, бюджетной и эффективной системы ТОиР, учитывающей условия эксплуатации оборудования, его состояние, использующей полностью человеческий потенциал, позволяют предприятию высвободить достаточные средства на обновление парка оборудования или его оптимизацию.

Наличие информационно-диагностической системы (ИДС) в составе электрооборудования карьерных экскаваторов типа ЭКГ позволяет повысить эффективность их использования благодаря оперативному принятию решений, обеспечить долговечную работу оборудования и своевременно информировать оператора о состоянии механического и электрического оборудования экскаватора.

Ведущие зарубежные экскаваторостроительные фирмы JOY-Global и Caterpillar активно внедрили информационно-диагностические системы на своих машинах, которые позволяли определить неисправности в системах управления электроприводами, состояние работы вспомогательных приводов, контроль системы смазки и т.д., эксплуатировать и обслуживать экскаваторы с меньшими затратами [3].

В качестве базового метода технического диагностирования карьерного горного оборудования рекомендуется использовать акустоэмиссионный, вибро- и тепломониторинг конструкций и оборудования, физические измерения износа и микротвердости поверхности элементов подвижных соединений и трансмиссий машин при визуальном осмотре и методами органолептической диагностики. Кроме того, метод акусто-эмиссионного контроля, обеспечивая

обнаружение и регистрацию развивающихся дефектов, позволяет классифицировать дефекты не по размерам, а по степени их опасности.

Введенные критерии предельного технического состояния механического оборудования карьерных экскаваторов позволяют с высокой степенью достоверности (до 95 %ной доверительной вероятности) обнаруживать зарождающиеся дефекты и прогнозировать их развитие. Для этого горная машина, в частности экскаватор, в соответствии с принципами иерархичности и декомпозиции рассматривается как совокупность подсистем и процессов. Укрупненно такую горную машину как карьерный экскаватор, с точки зрения надежности ее функционирования возможно представить в виде трех последовательных блоков: металлоконструкции, привод, система управления. Наиболее критичным является блок «привод», объединяющий в себе как механическую, так и электросиловую составляющие, системы смазки, управления и еще одну механическую – металлоконструкции второго уровня. Таким образом, налицо необходимость эксклюзивного и интегрального подходов к отдельным общим модулям различного уровня.

Анализ функционирования таких модулей и оценки области оперативного вмешательства в процесс для обеспечения эффективной работы систем необходимы для установления критических операций и выявления возможных опасностей, а также установления причин потенциальных нарушений процесса. Как правило, наиболее критичными являются профилактические проверки и оперативный ремонт технологического оборудования.

Вместе с тем, совмещение ИДС с системой автоматической смазки позволяет создавать и контролировать комфортную техногенную среду для работы, например трансмиссий горных машин, и автоматизировать и оптимизировать один из трудоемких процессов ТО – смазку систем [4].

Основным видом технического обслуживания карьерных экскаваторов на сегодняшний день является система планово-предупредительного ремонта (ППР).

Экскаваторы, даже на одном разрезе, эксплуатируются в различных нагрузочных режимах и с разной периодичностью работы оборудования. Исходя только из этого, метод периодического ремонта для карьерных экскаваторов неэффективен и не исключает вероятность возникновения аварийных отказов. При этом идея, что остаточный ресурс механизма определяется только временем его эксплуатации, не находит подтверждения на практике и носит явно выраженный затратный характер.

Как показывают исследования последних лет, техническое обслуживание, осуществляемое по регламенту ППР, сокращает реальный межремонтный период в среднем на 15-30 %. Это обусловлено тем, что в реальных условиях не существует строгой взаимосвязи между сроком эксплуатации и техническим состоянием (ТС) оборудования и приводит к излишнему росту эксплуатационных затрат [5].

Проведение технического обслуживания основывается в рамках трех базовых схем: обслуживание по факту отказа, профилактическое обслуживание и обслуживание по состоянию [6].

Техническое обслуживание и ремонты по факту отказа, т.е. после наступления сбоя (Run to Breakdown – RtB), известно как реактивное техническое обслуживание (RtB). Такой подход обычно применяется для объектов, отказ которых не вызывает существенных последствий, а проведение работ по восстановлению малотрудоемкое и технически простое. Система RtB является наиболее простой системой обслуживания, но и наиболее дорогостоящей. При данной системе ТО не производятся мероприятия по поддержанию технического состояния в течение запланированного периода эксплуатации, в том числе не контролируются технические и технологические параметры оборудования. Ремонт или замена оборудования производится при выходе его из строя (аварийный отказ) или при выработке ресурса. Как правило, стоимость ремонта по факту аварии многократно превышает предусмотренные расходы. В связи с тем, что экскаватор является сложной технической системой, может

быть отнесен к изделиям конкретного назначения вида I высокой категории опасности и является одним из основных звеньев последовательной технологической цепочки оборудования горно-добывающего предприятия, система RtB не применяется для обслуживания карьерных экскаваторов.

Профилактическое обслуживание (Preventive Maintenance – PM) – жесткая система ППР, эффективная при массовом обслуживании однотипного оборудования, работающего с постоянной загрузкой, и малоэффективная при обслуживании карьерных экскаваторов.

Система обслуживания по фактическому состоянию (Condition Based Maintenance – CBM) является более прогрессивной системой ТО. Суть технологии состоит в том, что обслуживание и ремонт производятся в зависимости от реального текущего технического состояния механизма, контролируемого в процессе эксплуатации без каких-либо разборок и ревизий, на базе контроля и анализа соответствующих параметров. Идея системы обслуживания по состоянию (CBM) состоит в минимизации отказов путем применения методов отслеживания и оценивания технического состояния объекта методами неразрушающего контроля или другими видами периодической диагностики.

Преимущества такой системы технического обслуживания очевидны:

- предприятие имеет объективные данные о текущем техническом состоянии оборудования;
- не нарушается нормальная работа механизма из-за необоснованного вмешательства;
- технически достоверно определяются необходимые сроки и объемы ремонтных и наладочных работ, существует возможность контроля качества их выполнения.

Недостатком системы обслуживания по состоянию CBM является ситуация, когда ремонтные работы на нескольких экскаваторах одновременно превышают возможности ремонтной службы, что ставит под удар всю систему обслуживания.

Система бережливого производства (Lean Production) – концепция менеджмента, основанная на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь. Широко известны такие системы бережливого производства, как 5S, TQM, JIT и TPM. Total Productivity Maintenance (TPM) – «всеобщее производительное обслуживание» – концепция управления производственным оборудованием, нацеленная на повышение эффективности технического обслуживания путем постоянного целенаправленного улучшения процессов этого обслуживания. Термин «всеобщее» относится не только к производительному и экономичному техническому обслуживанию, но и ко всей полной системе эффективного сервиса оборудования в течение всего срока службы, а также к включению в процесс бережливого производства каждого сотрудника и различных отделов через привлечение к формальному техническому обслуживанию. Более того, при применении TPM требуется взять на себя ряд определенных обязательств со стороны руководства предприятия по неформальному и заинтересованному внедрению системы.

Система технического обслуживания в концепции TPM включает в себя постоянное наблюдение за объектом органолептическими методами и другие проверки оборудования в течении всего его жизненного цикла для раннего обнаружения дефектов и предупреждения возможных аварийных отказов, а также совместную работу основного персонала, обслуживающего горную технику, и специалистов ремонтных служб, которые вместе обеспечивают безотказную работу оборудования. Основа TPM – самостоятельное обслуживание оборудования экипажем горной машины, поскольку основной персонал постоянно находится в контакте с оборудованием [7].

При реализации TPM формируют пять целей [8]:

1. Повышение эффективности работы оборудования путем изучения всех видов потерь от простоев оборудования.

2. Автономность обслуживания оборудования за счет эффективного вовлечения

основного персонала в систему технического обслуживания.

3. Формирование рациональной программы ТО в конкретных условиях эксплуатации конкретного предприятия.

4. Постоянное обучение персонала и повышение его квалификации.

5. Совершенствование системы диагностирования оборудования для эффективного раннего обнаружения потенциальных отказов на ранних стадиях, за счет периодических проверок при обслуживании, анализа сбоев и повышения ремонтопригодности оборудования на стадиях его проектирования, производства, монтажа, ввода в эксплуатацию и собственно эксплуатации.

Практика применения систем технического обслуживания показывает, что универсальных решений нет – общие принципы приходиться настраивать под конкретные условия. При этом система TPM способна максимально эффективно снизить потенциальное разнообразие вариантов проведения ТОиР до рационально обоснованного варианта системы технического обслуживания, применимого к текущим условиям эксплуатации карьерных экскаваторов.

Для успешной работы оборудования возникает насущная и объективная необходимость в сборе и анализе актуальной и адаптированной информации, гармонично вписывающейся в организационную структуру системы технического обслуживания и ремонта. Для этого предложена методика мониторинга и анализа качества работы оборудования, которая позволяет реализовать следующие цели: систематически и планомерно отслеживать текущее состояние оборудования; выявлять отклонения от нормативных критериев; анализировать выявленные отклонения; оперативно принимать корректирующие решения. Такая методика, например для привода, включает модель, основу которой составляют три логических блока: контроль, оценка состояния и блок принятия решений [10].

Представлена модель системы технического обслуживания и ремонтов, позволяющая описать информационные и ресурсные потоки системы, определить пути достижения

ния целей при организации эксплуатации с позиции постоянного улучшения.

Стартовым является блок контроля за текущим состоянием оборудования, который предусматривает трехуровневую регистрацию данных, характеризующих работу каждой единицы оборудования. На первом уровне регистрируются эксплуатационные и технологические параметры, на втором – временные потери, характеризующие состояние оборудования, на третьем – данные о характере неполадок. Контроль за текущим состоянием по показаниям приборов самостоятельно осуществляется персоналом, обслуживающим машину.

Для этого в качестве основного канала предполагается использовать акусто-эмиссионный мониторинг привода, что позволит контролировать реальное состояние подшипниковых узлов, зубчатых передач механических трансмиссий. Доказано, что акусто-эмиссионный метод диагностики позволяет контролировать медленно изменяющиеся (растянутые во времени на многие месяцы) и быстро протекающие (длительностью в несколько секунд или даже доли секунд) физические процессы, происходящие в контролируемых материалах и трибосистемах.

Система акусто-эмиссионного мониторинга может быть дополнена системой пилотной диагностики привода [6, 8], которая позволяет контролировать состояние трансмиссий горной машины в целом. Достоинством данного метода является возможность получать статистическую информацию о загруженности как оборудования в целом, так и отдельных узлов и агрегатов. Использование пилотной диагностики привода позволяет оперативно оценивать остаточный ресурс элементов технической системы в рамках энергетического подхода, что повышает эффективность использования ресурса элементов привода и снижает вероятность отказов горного оборудования.

Во втором блоке проводится оценка масштаба проблем на основе динамики изменения установленных показателей и формирования предложений по оперативному принятию решений для корректирующих действий по эффективному устранению от-

клонений. Такой подход при мониторинге и анализе качества работы оборудования является эффективным инструментом, позволяющим оперативно решать задачи и реагировать на всевозможные изменения в ходе технического обслуживания и ремонта.

Для реализации второго логического блока предлагается использование базы знаний, созданной на основе информации об опыте эксплуатации оборудования, оснащенного системами мониторинга и постоянно пополняемой новой информацией, оперативно получаемой от блоков мониторинга.

В третьем блоке на основе анализа данных определяется потребность в запасных частях и агрегатах, технических жидкостях и профилактических мероприятиях, а также количестве ремонтного персонала. Сравнение оперативных данных с информацией базы знаний позволяет оценивать масштаб проблемы и вырабатывать корректирующие действия. Постоянный рост базы знаний позволяет утверждать, что с течением времени достоверность и правильность рекомендаций, выдаваемых вторым логическим блоком, может быть не ниже 95 % доверительной вероятности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреева Л.И. Методы формирования системы технического сервиса горно-транспортного оборудования на горнодобывающем предприятии / НТЦ-НИИОГР, Челябинск, 2004. 210 с.
2. Ганин А.Р. Стратегия развития и новая линейка карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г.Коробкова» / А.Р.Ганин, А.В.Самолазов, Т.В.Донченко // Горная промышленность. 2012. № 4 (104). С.28-33.
3. Дорошев Ю.С. Повышение технологической надежности карьерных экскаваторов: Монография / Ю.С.Дорошев, С.В.Нестругин. Владивосток, 2009. 194 с.
4. Казаков В.А. Информационно-диагностическая система карьерного экскаватора ЭКГ-1500Р / В.А.Казаков, А.А.Крагель // Горное оборудование и электромеханика. 2006. № 11. С.36-38.
5. Митюшин В. МИФ 2: Работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования (ТОиР) невозможно запланировать [Электронный ресурс] / В.Митюшин, А.Тарасов // Режим доступа: http://www.rasc.ru/analytics/toro/toro_2.html, свободный (дата обращения: 17.10.2012).
6. Мониторинг состояния, прогнозирование и повышение остаточного ресурса трансмиссии и опорных подшипников трубчатых печей / А.С.Фокин, С.Л.Иванов, В.С.Потапенко, С.П.Подхалюзин // Записки Горного института. Т.192. СПб, 2011. С.111-114.

7. Пилотная диагностика состояния трансмиссий горных машин по параметрам питания электропривода / С.Л.Иванов, М.А.Семенов, А.С.Иванов, А.А.Поддубная, А.С.Фокин // Записки Горного института. Т.178. СПб, 2008. С.159-161.
8. Развитие концепции технического обслуживания карьерных экскаваторов / Д.А.Шибанов, С.Л.Иванов, А.С.Фокин, Е.А.Мазепа // Опыт прошлого – взгляд в будущее: 2-я Международная научно-практическая конференция молодых ученых и студентов / ТулГУ. Тула, 2012. С.22-27.
9. Фокин А.С. Совершенствование системы технического обслуживания горных машин / А.С.Фокин, А.Ю.Маркова, С.Л.Иванов // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: Труды 10-й Международной научно-практической конференции / Воркутинский горный институт. Воркута, 2012. С.407-410.
10. Техническое обслуживание и ремонты оборудования. Решения НКМК-НТМК-ЕВРАЗ / Под ред. В.В.Кондратьева, Н.Х.Мухатдинова, А.Б.Юрьева. М., 2010. 128 с.
4. Kazakov V.A., Kragel A.A. Informatsionno-diagnostichesky system of the career EKG-1500R excavator // The Mountain equipment and electromechanics. 2006. N.11. P.36-38.
5. Mityushin V., Tarasov A. Myth 2: Works on maintenance and repair of the equipment (TOIR) it is impossible to plan [An electronic resource] // An access Mode: http://www.pacc.ru/analytics/toro/toro_2.html, free. (address date: 17.10.2012).
6. Fokin A.S., Ivanov S.L., Potapenko V.S., Podkalyuzin S.P. Condition monitoring, forecasting and increase of a residual resource of transmission and basic bearings tubular Furnaces // Notes of Mining institute. Saint Petersburg, Vol.192. 2011. P.111-114.
7. Ivanov S.L., Semenov M.A., Ivanov A.S., Poddubny A.A., Fokin A.S. Pilot diagnostics of a condition of transmissions of mountain cars on parameters of a food of electric drive // Notes of Mining institute. Saint Petersburg. Vol.178. 2008. P.159-161.
8. Shibanov D.A., Ivanov S.L., Fokin A.S., Mazepa E.A. Development of the concept of maintenance career Excavators // Past experience – a prospection: The 2nd International scientific and practical conference of young scientists and students. Tula, 2012. P.22-27.
9. Fokin A.S., Markova A.Yu., Ivanov S.L. Improvement of system of maintenance of mountain cars/ampere-second // Development of mineral resources of the North: problems and decisions: Works of the 10th international scientific and practical conference / The Vorkuta mining institute. Vorkuta, 2012. P.407-410.
10. Maintenance and equipment repairs. Solutions of NKMK-NTMK-EVRAZ / Under the editorship of V.V.Kondratyev, N.H.Mukhatdinov, A.B.Yuryev. Moscow, 2010. 128 p.

REFERENCES

1. Andreeva L.I. Methods of formation of system of technical service of the mountain and transport equipment at the mining enterprise / Scientific and technological center-NIIOGGR, Chelyabinsk, 2004. 210 p.
2. Ganin A.R., Samolazov A.V., Donchenko T.V. Strategy of development and new line of career excavators of production of JSC IZ-KARTEKS imeni P.G.Korobkova // Mining industry. 2012. N.4 (104). P.28-33.
3. Doroshev Yu.S., Nestrugin S.V. Increase of technological reliability of career excavators: monograph. Vladivostok, 2009. 194 p.