**ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА
КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ ПРОИЗВОДСТВА
ООО «ИЗ-КАРТЭКС ИМЕНИ П.Г. КОРОБКОВА»**

Д.А. Шибанов

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

Рассматривается вопрос о техническом обслуживании карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова». На сегодняшний день 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), хорошо зарекомендовавшей себя в странах Запада. Предлагается применить подходы TPM непосредственно к техническому обслуживанию карьерных экскаваторов.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт, эксплуатация, карьерный экскаватор, ЭКГ, профилактическое обслуживание, надежность, долговечность, информационно-диагностическая система, фактическое состояние, бережливое производство, Total Productivity Maintenance, машинист экскаватора, диагностика, обнаружение дефектов.

**PROSPECTS FOR IMPROVING THE SYSTEM
OF MAINTENANCE AND REPAIR OF MINING EXCAVATOR
PRODUCED BY LLC "IZ-KARTEKS IMENI P.G. KOROBKOVA"**

D.A. Shibarov

National Mineral Resources University (University of Mines),
Saint Petersburg, Russian Federation

The question of mining excavators maintenance produced by LLC "IZ-KARTEKS imeni P.G. Korobkova" is considered. To date, there is a need to revise the existing strict system of preventive maintenance and the transition to a more progressive system, which provides maintenance and repair of equipment by its actual state, in which the need for repairs is based on a preliminary examination and the results of monitoring and diagnosing the basic units of the excavator. Special attention is paid to the concept of TPM (Total Productivity Maintenance), which is very well established in the West. It is proposed to apply TPM approaches directly to the maintenance of mining excavators.

Keywords: maintenance, repair, exploitation, mining excavator, EKG, preventive maintenance, reliability, durability, information-diagnostic system, actual state, lean production, Total Productivity Maintenance, excavator driver, diagnostics, detection of defects.

ИЗ-КАРТЭКС – крупнейший на территории России и других стран СНГ производитель и поставщик карьерных электрических экскаваторов. Карьерные экскаваторы ИЗ-КАРТЭКС составляют основу парка выемочно-погрузочного оборудования крупнейших горнодобывающих предприятий России и стран СНГ, на которых в эксплуатации находятся более 1200 экскаваторов типа ЭКГ.

Карьерные экскаваторы ИЗ-КАРТЭКС составляют основу парка выемочно-погрузочного оборудования крупнейших горнодобывающих предприятий России и основных добывающих стран СНГ – Украины, Казахстана и Узбекистана.

Основной парк карьерных экскаваторов крупных горнодобывающих предприятий на территории России и стран СНГ представлен экскаваторами ЭКГ-10 и ЭКГ-15.

Крупные горные предприятия в поисках снижения издержек, оптимизации горнотранспортных работ и наращивания объемов добычи проявляют интерес к экскаваторам большой единичной мощности с вместимостью ковша до 60 м³. В первую очередь это касается крупных предприятий угольной отрасли.

В 2007–2008 гг. в компании на основе анализа тенденций развития горного производства и карьерного транспорта в России, СНГ и мире была разработана стратегия развития, обосновывающая производство новой линейки карьерных экскаваторов [1].

Базовая концепция построения новой стратегии, заложенная в параметрический ряд карьерных экскаваторов и увязывающая их основные параметры с параметрами карьерного транспорта при заданных характеристиках забоя в системе разработки, для обеспечения бесперебойной и надежной погрузки транспорта за 3–5 циклов экскавации, требует пересмотра и совершенствования системы технического сервиса новых (и существующих) карьерных экскаваторов с учетом условий эксплуатации для повышения их безотказности и долговечности. Так,

из величины годового календарного фонда времени, равного 8760 ч, экскаваторы, действующие на добыче угля, производительно работают в среднем 1500–2500 ч, 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 добычи угля [2].

На рис. 1, 2 приведены структуры годового календарного фонда времени горного оборудования по данным отечественных и зарубежных горнодобывающих предприятий. Как видно из рисунков, эффективное техническое обслуживание резко сокращает простои оборудования.

Рис. 1. Структура годового календарного фонда времени горного оборудования предприятий России и СНГ

Рис. 2. Структура годового календарного фонда времени горного оборудования зарубежных предприятий

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 %), требующее частых ремонтов и работающее с низкой эффективностью;

- нерациональная организация технического обслуживания и ремонта оборудования (ТОиР);

- нехватка средств для обновления или модернизации парка оборудования при одновременной необходимости сокращения 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 современной и эффективной системы технического обслуживания и ремонта, учитывающей условия эксплуатации оборудования, позволяют высвободить средства на обновление парка оборудования или его оптимизацию.

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

При существующей системе технического обслуживания и ремонта в балансе годового календарного фонда времени доля непосредственного производственного времени соизмерима с временем простоев экскаваторов (плановые и аварийные ремонты). Затраты на техническое обслуживание составляют до половины себестоимости добычи угля. Экскаваторы эксплуатируются с различными нагрузочными режимами и периодичностью работы оборудования, даже будучи на одном разрезе, так как условия работы карьерных экскаваторов не строго детерминированы. Исходя из вышесказан-

ного, отметим, что метод периодического ремонта для карьерных экскаваторов неэффективен и нецелесообразен, кроме того, не исключает вероятность аварийных отказов. 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 [3].

На сегодняшний день жесткая система ППР устарела и имеет ряд недостатков, явно выражающихся в современных условиях функционирования горного предприятия: недооценка фактических условий работы и состояния оборудования, неритмичность работы оборудования, устаревшие нормативы, значительные отклонения фактических данных работы оборудования от плановых, проведение излишних ремонтов, т.е. ремонтов исправного оборудования, и, как следствие, излишний рост эксплуатационных затрат [3, 4].

Проведение технического обслуживания основывается на применении трех базовых схем: обслуживание по факту отказа, профилактическое обслуживание и обслуживание по состоянию [5].

Профилактическое обслуживание (*Preventive Maintenance* – *PM*) есть не что иное, как система ППР.

Техническое обслуживание и ремонт по факту отказа, т.е. после наступления сбоя (*Run to Breakdown* – *RtB*), также известны как реактивное техническое обслуживание (*RtB*). Подход обычно применяется для объектов, отказ которых не вызывает существенных последствий, а проведение работ по восстановлению не сложное. Система *RtB* является наиболее простой системой обслуживания, но вме-

сте с тем наиболее дорогостоящей. При данной системе ТО не проводится какое-либо мероприятие 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 выработке ресурса. Как правило, стоимость ремонта по факту аварии многократно превышает планируемые расходы. В связи с тем, что экскаватор является сложной технической системой и может быть отнесен к изделиям конкретного назначения I (высокой) категории опасности, а также является одним из основных звеньев последовательной технологической цепочки горнодобывающего предприятия, система *RtB* не применяется для обслуживания карьерных экскаваторов.

Система обслуживания по фактическому состоянию (*Condition Based Maintenance – CBM*) является более прогрессивной системой ТО и уже внедряется на ряде отраслей промышленности. Суть технологии состоит в том, что обслуживание и ремонт производится 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 распознавания технического состояния. Последнее производится методами неразрушающего контроля.

При появлении каких-либо факторов, вызывающих отклонения от нормального состояния механизма, своевременное диагностирование позволяет обнаружить эти отклонения. При этом определяются реальные причины происходящих изменений в каждой конкретной ситуации, принимаются обоснованные решения по их устранению.

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 определяют необходимые сроки и объемы ремонтных и наладочных работ, контролируется качество их выполнения.

Недостатком системы обслуживания по состоянию *CBM* является ситуация, когда необходимость проведения ремонтных работ на нескольких экскаваторах одновременно превышает 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. Особое внимание стоит уделить системе всеобщего производительного обслуживания, известной в английском сокращении как *TPM (Total Productivity Maintenance)*. Термин «всеобщее» относится не только к производительному и экономичному техническому обслуживанию, но и ко всей системе эффективного ухода за оборудованием в течение его срока службы, а также к включению в процесс каждого отдельного сотрудника и различных отделов через привлечение к техническому обслуживанию отдельных операторов. Более того, при применении TPM требуются определенные обязательства со стороны руководства предприятия. Это, пожалуй, самая сложная и многоплановая из всех систем в совокупности образующих.

TPM впервые была разработана в группе компаний Toyota почти 40 лет назад и с тех пор продолжает непрерывно развиваться и совершенствоваться. В отличие от других широко известных систем береж-

ливого производства *TPM* в России долгие годы оставалась в тени.

TPM – концепция менеджмента производственного оборудования, нацеленная на повышение эффективности технического обслуживания. Метод всеобщего ухода за оборудованием построен на основе стабилизации и непрерывного улучшения процессов технического обслуживания, системы планово-предупредительного ремонта, работы по принципу «ноль дефектов» и систематического устранения всех источников потерь.

В системе всеобщего ухода за оборудованием речь идет не об исключительной проблеме содержания в исправности оборудования, а о широком понимании обслуживания средств производства как интеграции процессов эксплуатации и технического ухода, раннем участии ремонтного персонала в разработке графиков обслуживания оборудования и точном учете состояния оборудования для целенаправленного содержания его в исправности. *TPM* играет важную роль, в частности, в управлении производством в системе «точно вовремя», так как наличие обусловленных содержанием в исправности помех ведет к потерям времени, которые увеличиваются по всей цепочке создания добавленной стоимости.

Характерными чертами *TPM* являются: охват всего жизненного цикла оборудования, постоянное наблюдение и диагностические проверки оборудования для раннего обнаружения дефектов и предупреждения его отказа, а также совместная работа основного персонала, обслуживающего горную технику, и специалистов ремонтных служб, которые вместе обеспечивают безотказную работу оборудования. Центральное направление *TPM* – самостоятельное обслуживание оборудования операторами, ведь основной персонал постоянно находится рядом с оборудованием, поэтому именно они первыми определяют отклонения от правильной работы и играют значительную роль в его первичном обслуживании, диаг-

ностике и предупреждении неисправностей [6]. В результате удастся повысить эффективность использования оборудования, существенно снизить затраты на его обслуживание и ремонт, уменьшить аварийность и травматизм на производстве.

Вместе с тем система технического обслуживания в концепции *TPM* включает в себя постоянное наблюдение и акустические проверки оборудования для раннего обнаружения дефектов и предупреждения его отказа.

Подход *TPM* рассматривает техническое обслуживание как деятельность всего предприятия и в этом плане переключается с подходами системы менеджмента качества. Основу метода *TPM* формируют пять целей (рис. 3) [7]:

1. Повышать эффективность работы оборудования путем изучения всех видов потерь от простоя.

2. Добиваться автономности обслуживания оборудования, возложив ответственность за управление на персонал, занимающийся его обслуживанием.

3. При формировании программы ТО использовать и рационально балансировать все виды обслуживания оборудования.

4. Развивать компетенции персонала.

5. Обеспечивать контроль оборудования на ранних стадиях за счет диагностических проверок обслуживания, анализа сбоев и ремонтпригодности оборудования на стадии его проектирования, производства, монтажа и ввода в эксплуатацию.

Достижение этих целей обеспечит устранение хронических потерь:

- выход из строя оборудования;
- высокое время переналадки и регулирования;
- мелкие неисправности;
- дефектные детали.

Восемь принципов *TPM*:

1. Непрерывное улучшение, нацеленное на практику предотвращения семи видов потерь.

2. Автономное содержание в исправности: оператор оборудования должен

Рис. 3. Пять целей концепции TPM

самостоятельно производить осмотр, работы по чистке, смазочные работы, а также незначительные работы по технического обслуживанию.

3. Планирование технического обслуживания: обеспечение 100%-ной готовности оборудования, а также проведение мероприятий кайдзен в области технического обслуживания.

4. Тренировка и образование: сотрудники должны быть обучены в соответствии с требованиями по повышению квалификации для эксплуатации и технического ухода за оборудованием.

5. Контроль запуска: реализовать вертикальную кривую запуска новой продукции и оборудования.

6. Менеджмент качества: реализация цели «нулевые дефекты в качестве» в изделиях и оборудовании.

7. TPM в административных областях: потери и расточительство устраняются в непрямых производственных подразделениях.

8. Безопасность труда, окружающая среда и здравоохранение: требование преобразования аварий на предприятии в нуль.

Автономное содержание в исправности – важнейший принцип *TPM*. Ее целью является минимизирование потерь эффективности, которые возникают из-за отказов устройств, коротких остановок, брака и т.д. Для этого все большая часть необходимой деятельности по техническому

обслуживанию (чистка, смазка, технический осмотр устройств) упрощается, стандартизируется и постепенно передается на места в обязанности сотрудников.

Основной персонал постоянно находится рядом с оборудованием, поэтому именно эти сотрудники первыми определяют отклонения от правильной работы и играют значительную роль в его первичном обслуживании, диагностике и предупреждении неисправностей. В результате удается повысить эффективность использования оборудования, существенно снизить затраты на его обслуживание и ремонт, уменьшить аварийность и травматизм на производстве.

Целенаправленное постепенное и грамотное создание системы технического обслуживания по концепции *TPM* является действенным способом решения вышеописанных проблем в области технического обслуживания и ремонта оборудования.

Практика применения вышеуказанных концепций технического обслуживания показывает, что универсальных оптимальных решений нет и общие концепции приходится адаптировать под конкретные условия. Отсюда возникает задача снизить потенциальное разнообразие вариантов проведения работ до рационально обоснованного варианта системы технического обслуживания, применимого к текущим условиям эксплуатации карьерных экскаваторов.

Наличие информационно-диагностической системы в составе электрооборудования экскаваторов позволяет повысить эффективность использования этих горных машин благодаря оперативному принятию решений по корректировке производственного процесса на основе быстрой и достоверной информации о показателях работы экскаватора за смену, месяц с привязкой по бригадам, а также обеспечить более долговечную и надежную работу оборудования и своевременно информировать оператора о состоянии механического и электрического оборудования экскаватора.

Ведущие зарубежные экскаваторостроительные фирмы Marion, Bucyrus и Caterpillar активно внедрили информационно-диагностические системы на своих машинах, которые позволяют определить неисправности в системах управления электроприводами, состояние работы вспомогательных приводов, контроль системы смазки и т.д., эксплуатировать и обслуживать экскаваторы с меньшими затратами [8].

В настоящее время новые экскаваторы компании ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» оснащены информационно-диагностическими системами. Наличие информационно-диагностической системы современных экскаваторов обеспечивает выполнение следующих функций:

- контроль температур нагрева подшипников моторных валов редукторов механизма подъема и напора, а также подшипников электромашин главных приводов;
- контроль потоков охлаждающего воздуха электродвигателей главных приводов;
- контроль наличия и температуры нагрева масла в циркуляционной системе механизма поворота;
- контроль параметров работы системы управления главными приводами;
- контроль давления сжатого воздуха в пневмосистеме;

– контроль работы автоматической системы смазки Lincoln;

– изменение температуры воздуха в кабине машиниста и за бортом экскаватора;

– предупреждение по анализу информации о текущем состоянии механического и электрического оборудования о возможных аварийных ситуациях;

– формирование, отображение и хранение списка сообщений об авариях, событиях и системных сбоях с указанием даты и времени.

Необходимая информация выводится в виде соответствующих видеок кадров на цветную сенсорную панель оператора, расположенную в кабине машиниста. Машинист экскаватора может вывести на экран панели оператора необходимую информацию из перечисленных выше параметров.

Машинист экскаватора получает визуальную информацию о температурах подшипников. В случае перегрева на панели оператора появляется аварийное сообщение с указанием объекта аварии. С помощью датчиков воздушного потока информационно-диагностической системы сообщает машинисту информацию о наличии или отсутствии вентиляции электрических машин [5].

Применение информационно-диагностической системы с указанными функциями и возможностями позволяет в сжатые сроки адаптировать работу машинистов экскаваторов к существующим горно-геологическим условиям карьера, повысить надежность оборудования экскаватора.

Все вышесказанное позволяет сделать вывод, что используемая в настоящее время система планово-предупредительных ремонтов не оптимальна. При существовании различных концепций технического обслуживания остается открытым вопрос о совершенствовании стратегии технического сервиса карьерных экскаваторов.

Список литературы

1. Ганин А.Р., Самолазов А.В., Донченко Т.В. Стратегия развития и новая линейка карьерных экскаваторов производства ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» // Горная промышленность. – 2012. – № 4 (104). – С. 28–33.
2. Андреева Л.И. Методы формирования системы технического сервиса горно-транспортного оборудования на горнодобывающем предприятии / НТЦ-НИИОГР. – Челябинск, 2004. – 210 с.

3. Митюшин В., Тарасов А. МИФ 2: Работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования (ТОиР) невозможно запланировать [Электронный ресурс]. – URL: http://www.pacc.ru/analytics/toro/toro_2.html (дата обращения: 17.10.2012).
4. Дорошев Ю.С., Нестругин С.В. Повышение технологической надежности карьерных экскаваторов: монография. – Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2009. – 194 с.
5. Развитие концепции технического обслуживания карьерных экскаваторов / Д.А. Шибанов, С.Л. Иванов, А.С. Фокин, Е.А. Мазепа // Опыт прошлого – взгляд в будущее: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов / ТулГУ. – Тула. – 2012. – С. 22–27.
6. Фокин А.С., Маркова Иванова А.Ю., С.Л. Совершенствование системы технического обслуживания горных машин // Освоение минеральных ресурсов Севера: проблемы и решения: тр. 10-й междунар. науч.-практ. конф. 11–13 апреля 2012 г. / Воркут. горн. ин-т (филиал) «Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». – Воркута, 2012. – С. 407–410.
7. Техническое обслуживание и ремонт оборудования. Решения НКМК-НТМК-ЕВРАЗ / под ред. В.В. Кондратьева, Н.Х. Мухатдинова, А.Б. Юрьева. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 128 с.
8. Казаков В.А., Крагель А.А. Информационно-диагностическая система карьерного экскаватора ЭКГ-1500Р // Горное оборудование и электромеханика. – 2006. – № 11. – С. 36–38.

References

1. Ganin A.R., Samolazov A.V., Donchenko T.V. Strategii razvitiia i novaia lineika kar'ernykh ekskavatorov proizvodstva OOO "IZ-KARTEKS imeni P.G. Korobkova" [Development strategy and the new line of mining excavators produced by LLC "IZ-KARTEKS behalf PG Korobkova"]. *Gornaya promyshlennost'*, 2012, no. 4 (104), pp. 28–33.
2. Andreeva L.I. Metody formirovaniia sistemy tekhnicheskogo servisa gorno-transportnogo oborudovaniia na gornodobyvaiushchem predpriatii [Methods of forming a system of technical service mining equipment for mining enterprise]. Cheliabinsk: Nauchno-tekhnicheskii tsentr – nauchno-issledovatel'skii institut otkrytykh gornykh rabot, 2004. 210 p.
3. Mitiushin V., Tarasov A. MIF 2: Raboty po tekhnicheskomu obsluzhivaniiu i remontu oborudovaniia (TOiR) nevozmozhno zaplanirovat' [MYTH 2: Work on the maintenance and repair of equipment (MRO) can not schedule], available at: http://www.pacc.ru/analytics/toro/toro_2.html (accessed 17 October 2012).
4. Doroshev Iu.S., Nestrugin S.V. Povyshenie tekhnologicheskoi nadezhnosti kar'ernykh ekskavatorov [Increasing technological reliability shovels]. Vladivostok: Izdatel'stvo Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2009. 194 p.
5. Shibanov D.A., Ivanov S.L., Fokin A.S., Mazepa E.A. Razvitie kontseptsii tekhnicheskogo obsluzhivaniia kar'ernykh ekskavatorov [Development of the concept of maintenance career dredges]. *Materialy 2-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh i studentov „Opyt proshlogo – vzgliad v budushchee“*. Tula: Tul'skii gosudarstvennyi universitet, 2012, pp. 22–27.
6. Fokin A.S., Markova Ivanova A.Iu., S.L. Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniia gornykh mashin [Improving the system of maintenance of mining machines]. *Trudy 10-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii „Osvoenie mineral'nykh resursov Severa: problemy i resheniia“*. Vorkuta: Natsional'nyi mineral'no-syr'evoi universitet „Gornyi“, 2012, pp. 407–410.
7. Kondrat'eva V.V., Mukhatdinova N.Kh., Iur'eva A.B. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remonty oborudovaniia [Maintenance and repair of equipment]. Moscow: INFRA-M, 2010. 128 p.
8. Kazakov V.A., Kragel' A.A. Informatsionno-diagnosticheskaya sistema kar'ernogo ekskavatora EKG-1500R [Information-diagnostic system for career EKG-1500R]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2006, no. 11, pp. 36–38.

Об авторе

Шибанов Даниил Александрович (Санкт-Петербург, Россия) – аспирант Национального минерально-сырьевого университета «Горный» (199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров, 21-я линия, д. 2; e-mail: dan11188@yandex.ru).

About the author

Daniil A. Shibanov (Saint Petersburg, Russian Federation) – Doctoral student, National Mineral Resources University (University of Mines) (199106, Saint Petersburg, Vasilevskii island, 21st line, 2; e-mail: dan11188@yandex.ru).

Получено 28.08.2013