

Дрыгин Михаил Юрьевич, канд. техн. наук

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

E-mail: mike.drygin@gmail.com

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ТЕХНИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОСНОВНОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: Основная проблема системы планово-предупредительных ремонтов заключается в том, что в ней отсутствует опора на использование широкого спектра приборов и методов технического диагностирования. Применение технического диагностирования сталкивается с отсутствием гибкой системы, позволяющей изменять требования к объемам и порядку работ в зависимости от имеющихся ресурсов, что при их недостаточности превращает данную операцию в формально выполняемую. В то же время внедрение системы технического диагностирования в систему ТОиР затруднено отсутствием корректно поставленных перед ней задач и наличия современных методологических основ. Решением данной проблемы является разработка и внедрение гибкого алгоритма технического диагностирования, позволяющего максимизировать результат работ в рамках правового поля в соответствии с имеющимися ресурсами среды, а при их однозначной недостаточности – зафиксировать данный факт как невыполнимый, потребовав изменить поставленные перед оборудованием задачи, что, несомненно, снизит требуемые ресурсы.

Ключевые слова: Экскаватор, техническое диагностирование, угольный карьер, дефект, контроль технического состояния, неразрушающий контроль.

Информация о статье: принята 21 мая 2020 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-44-50

Введение

Развитие угольной отрасли Российской Федерации характеризуется наращиванием объемов добычи. Так, несмотря на кризис в мировой экономике, уголь остается одним из важнейших энергетических носителей мира. Однако в России тенденция обновления экскаваторного парка слабая, вводимые в эксплуатацию новые единицы взамен старых, уже выработавших свой ресурс, не дают значительного прироста в объеме добычи угля [1]. В условиях существующих экономических реалий поддержание технического состояния эксплуатируемого оборудования становится приоритетной задачей [2].

Ремонтные простои оборудования достигают 84% времени общих простоев, из которых на аварийные ремонты приходится до 36% времени, что превышает 429 часов в год для одного экскаватора – единицы оборудования, стоящей во главе технологической цепочки горных работ и фактически задающей производительность всей системы. Таким образом, обеспечение выполнения ТОиР становится важной задачей, выполнение которой невозможно без информации о фактическом техническом состоянии оборудования, полученной посредством технического диагностирования [3]. Повышение достоверности оценки технического состояния – основа повышения качества ТОиР [4].

Основная проблема в том, что в системе ППР не заложено как таковое техническое диагностирование ввиду отсутствия либо недостаточного развития (чтобы их можно было применять в условиях угольного карьера) на момент ее создания приборной и методологической базы технического диагностирования за исключением ультразвукового контроля сварных швов. Но даже в части ультразвукового контроля предусмотрен контроль только отдельных сварных швов, так как система ППР предполагает замену оборудования при определенном уровне износа, предполагая, что за время эксплуатации до момента списания остальные узлы металлоконструкции не могут быть разрушены.

Несмотря на то, что с конца 1970-х годов производился сканирующий тепловизор на охлаждаемом твердотельном датчике ТВ-03, а к 90-м годам выпускалась широкая гамма тепловизоров гражданского и промышленного назначения, метод теплового контроля стал относительно доступен только в 2000-х годах после разработки эффективных неохлаждаемых болометрических матриц и появления таких приборов в России [5-7]. Метод вибродиагностики начали применять для карьерного оборудования в 1990-х годах на базе приборов ВШВ, позволяющих измерять только общие уровни; развитие до уровня качественного применения метод получил только в 2000-х годах [8], метод магнитной памяти

металла – только в конце 2000-х [9], а система ППР разрабатывалась в 50-60-х годах прошлого века.

Однако до настоящего времени многие методы, получив отличную приборную базу, так и не получили методологических подходов к применению на горном оборудовании и в частности на экскаваторах и карьерных самосвалах. В то же время техническое состояние парка в целом оценивается как неисправное, более того – недопустимое, что, согласно системе ППР, требует проведения ремонтов и перевод парка в исправное техническое состояние, что невозможно. В рамках настоящей концепции ТОиР оборудование должно находиться в работоспособном техническом состоянии. Несмотря на значительное количество работ по методам и способам применения методов технической диагностики для оборудования угольных карьеров, исследования выполнены точечно, а целостное решение, на основе которого будут применяться данные работы в том или ином объеме в рамках требования обеспечения заданного уровня эксплуатации механизмов, в системе предприятия в целом отсутствует [10].

Результаты и обсуждение

Техническое диагностирование – процесс определения технического состояния объекта диагностирования [11]. Задачами технического диагностирования являются контроль технического состояния, поиск места и определение причин отказа (неисправности), а также прогнозирование технического состояния.

При этом наиболее правильным считать применение терминов:

- «Техническое диагностирование» – в ситуациях, когда необходим поиск места неисправности и причин отказа;
- «Контроль технического состояния» – когда необходимо определение вида технического состояния механизма, на основании которого уже может проводиться прогнозирование остаточного ресурса механизма.

В практическом применении оба определения плотно переплетаются, так как по результатам выявления неисправности в большинстве случаев требуется прогноз о времени возможной эксплуатации узла с данной неисправностью.

В настоящий момент стоит задача технического диагностирования оборудования с истекшим сроком службы, срок эксплуатации которого значительно, а иногда и кратно превышает расчетный. Например, металлоконструкции, являясь основой любого механизма, в целом находятся в недопустимом техническом состоянии. По результатам большого промышленного эксперимента в ХК «СДС-Уголь» на металлоконструкциях экскаваторов и карьерных самосвалов АО «Черниговец», ЗАО «Прокопьевский угольный разрез», ООО «Сибэнергоуголь», ООО «ШУ Майское», ООО «Разрез Киселевский», ЗАО «Салек» в 2015 году было выявлено 5 646 шт.

недопустимых дефектов общей протяженностью 2 126 м., из них 2 679 трещин общей протяженностью 523 м. При этом в среднем за одно обследование выявлялось по каждому из предприятий от 620 до 139 недопустимых критических дефектов, что в целом указывает не только на факт недопустимого технического состояния эксплуатируемых металлоконструкций, но и на его причину – отсутствие нормального ТОиР металлоконструкций в системе ремонта, которое фактически базируется на выявляемости дефектов. Выявляемость в данном случае является недопустимо низкой, так как все исследуемые машины ежегодно проходили экспертизу промышленной безопасности, и есть все основания утверждать, что выявленные дефекты развились не за один год, а копились иногда десятилетиями. Из-за значительного количества дефектов устранить их все единомоментно невозможно, а часто и экономически нецелесообразно.

В процессе эксплуатации могут изменяться цели и задачи, стоящие перед оборудованием, а значит, и принципы, и методы обеспечения надежности [12], которые базируются на информации о техническом состоянии. Для того, чтобы сформулировать задачу технического диагностирования в свете обеспечения задач, ставящихся перед объектом диагностирования, стоит разобраться в терминологии.

С точки зрения РД, задача технического диагностирования – своевременное обнаружение дефектов, их мест локализации и причин возникновения, в конечном итоге позволяющее восстановить нарушенное соответствие объекта техническим требованиям [13]. Одно соответствие объекта техническим требованиям не может быть самоцелью, скорее это средство обеспечения выполнения поставленных перед ним задач. Объект может находиться в следующих состояниях:

- Исправный объект – объект не содержит неисправностей [14];
- Работоспособный объект – объект содержит неисправности, но может выполнять основную функцию [14].

При этом проверка работоспособности – установление, в состоянии ли объект выполнить все функции, предусмотренные его рабочим алгоритмом функционирования, при этом он может содержать неисправности, не препятствующие применению объекта по назначению [13], а проверка правильности функционирования – выявление неисправности, нарушающей нормальное функционирование объекта (менее полная, так как проводится проверка правильности функционирования в данных условиях в данный момент времени) [13].

Т.е. исправный объект всегда работоспособен и функционирует правильно, неправильно функционирующий объект всегда неработоспособен и неисправен, а правильно функционирующий объект может быть неработоспособен, а значит, неисправен. Работоспособный объект также

может быть неисправен [13]. Задачей ППР всегда ставилось обеспечение исправности объекта, а задачей технического диагностирования – выявление дефектов с целью их устранения до уровня обеспечения исправности. Однако существующие реалии указывают на невозможность выполнения данной стратегии ввиду недостаточности ресурсной базы.

На основании вышесказанного можно сформулировать первую задачу технического диагностирования: обнаружение дефектов и их ранжирование с целью обеспечения работоспособности объекта на определенном промежутке времени с определенными требуемыми характеристиками.

Обычно диагностическое обеспечение выполняется на этапе проектирования нового объекта с целью обеспечения требуемой контролепригодности, но существующие нормы технической диагностики либо устарели (на оборудование, произведенное в СССР), либо не представляются эксплуатирующим организациям (как правило, на импортное оборудование; информация открыта только для сервисных служб) и в общем сводятся к задаче забраковать узел с целью замены на новый, так как экономическая эффективность для завода-изготовителя в поставке запасных частей значительна. В то же время расширение и улучшение приборной и методологической базы делает неразрушающий контроль более доступным для применения и открывает новый горизонт возможностей.

Второй задачей исследований является установление нормы, характеризующей техническое диагностирование, т.е. полноты обнаружения дефектов: нормы, определяющей долю гарантированно обнаруживаемых неисправностей относительно всех искомых неисправностей объекта [13].

При решении задачи технического диагностирования парка оборудования значительных размеров основными сложностями являются обеспечение качества и оперативности предоставляемой информации. Достоверная информация о техническом состоянии необходима по каждой единице парка для каждого из ремонтов (текущий, годовой, капитальный), более того, ежегодное планирование ремонтного бюджета требует такой информации по каждой машине в ретроспективе одного рабочего года, а далее ее уточнения.

По данным иностранных источников, 20-25% отказов оборудования вызвано ошибками обслуживающего персонала, а 40-90% происшествий и травм на транспорте, энергосистемах и производстве в различных отраслях промышленности вызваны ошибочными действиями персонала [12]. Таким образом, задачи по приемке выполненных ремонтных работ и оценке их соответствия являются не менее критичными, чем первичное выявление дефектов. Все это требует значительных ресурсов квалифицированных специалистов технического диагностирования, которых на данный момент на рынке труда единицы.

Не стоит забывать, что поиск дефекта – основная задача наладочных и ремонтных служб, исходя из чего неразрушающий контроль должен быть не разовой работой, а постоянной. Определение дефектов по «ощущениям» (опыту) влечет значительное количество ошибок как по перебраковке, так и недобраковке, на основании чего передача функции технического диагностирования в неподготовленные ремонтные службы в полном объеме влечет сведение технического диагностирования до уровня нефункциональной формальной операции.

Третьей задачей исследований является разработка методологии внедрения технического диагностирования в типовые процессы ремонтных и наладочных служб.

Поиск дефекта характеризуется глубиной поиска, задается определением составной части узла или участка (составной части объекта), с точностью до которого определяется место дефекта. При этом с увеличением глубины поиска возрастает цена диагностирования, а при снижении снижается полнота выявления дефектов. Трудоемкость операций контроля для различных видов техники может достигать от 15 до 50% трудоемкости ее изготовления [12], т.е. четвертой задачей является определение необходимой и достаточной глубины поиска дефектов.

Исходя из того, что качество диагностирования гарантировано системой диагностирования, представляющей собой совокупность средств (в том числе исполнителей) и объекта диагностирования, именно разработка системы диагностирования является в свете поставленных задач приоритетной целью.

Поскольку система диагностирования – это целый комплекс алгоритмов, правил и подходов к различному оборудованию угольных карьеров, спектр которого не только широк, но и ограничен внешними ресурсами среды предприятия, существующие жесткие системы требований не дают результатов. Система должна быть гибкой, изменяемой в любой момент времени в зависимости от имеющихся ресурсов и поставленных перед ней целей. На основании проведенных исследований (в рамках работы компании ООО «Умная Механика» с 2009 г. по 2019 г.) была разработана алгоритмизированная последовательность действий, позволяющая систематизировать работы по техническому диагностированию значительного количества объектов (рис. 1) и сделать систему отзывчивой на внешние изменения среды, а сложность процесса диагностирования в рамках данной системы нивелируется тем, что процесс технического диагностирования состоит из набора элементарных проверок отдельных частей объекта. Таким образом, любой процесс технического диагностирования представляет собой безусловную или условную последовательность элементарных проверок в рамках соответствующих правил анализа с целью получения конкретных результатов. При этом диагнозом является

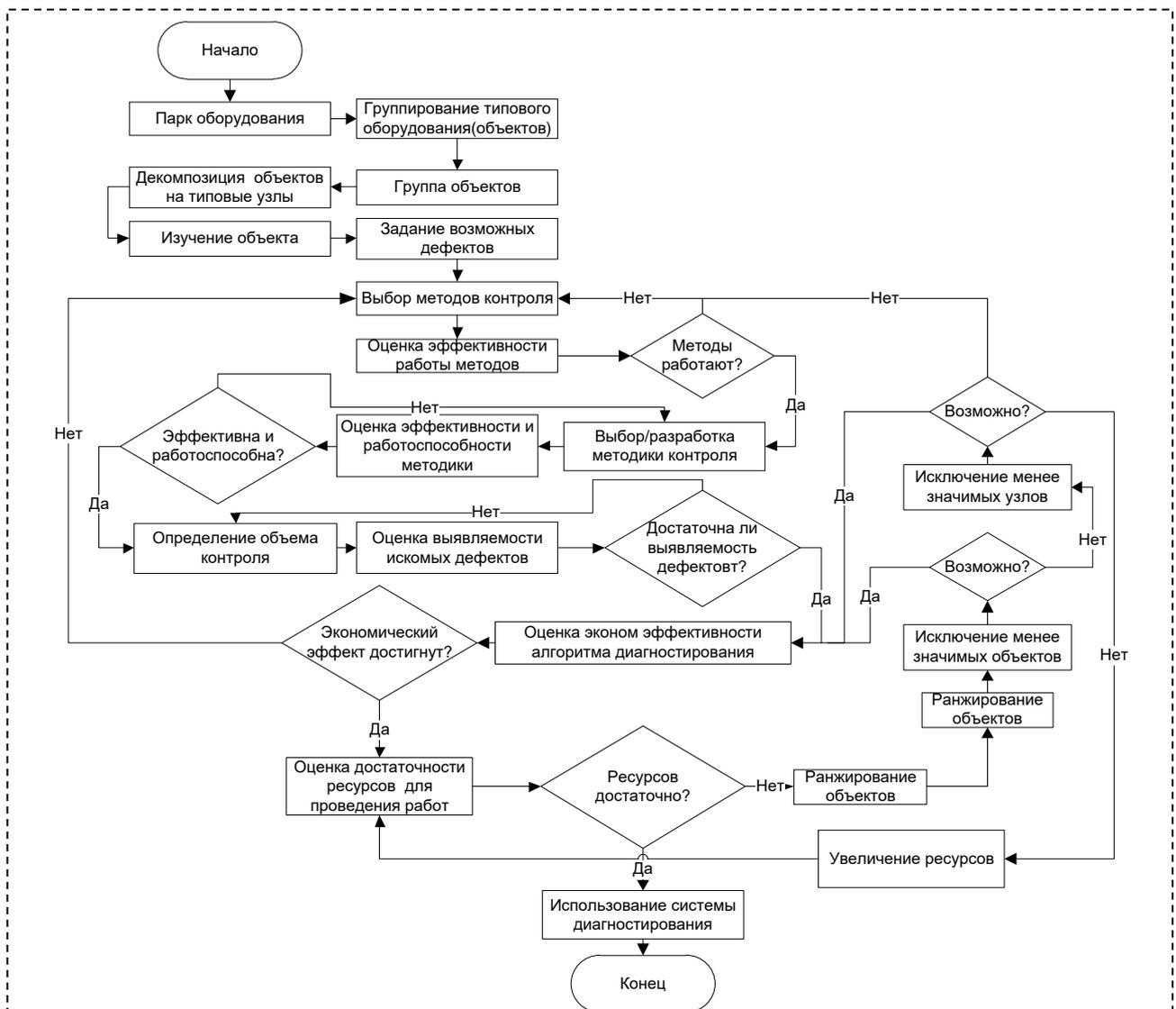


Рис. 1. Алгоритм разработки системы диагностирования
 Fig. 1. Diagnostic system development algorithm

результат реализации алгоритма диагностирования [13-15].

При работе с парком оборудования значительных размеров первоочередной проблемой становится проблема недостатка ресурсов: трудолюдских, временных, финансовых. Применение данного алгоритма (рис. 1), при котором в условиях недостаточности ресурсов происходит сокращение единиц, участвующих в контроле, либо сокращение отдельных узлов, а при невозможности их исключения – пересмотр методов и глубины контроля, позволяет выполнить контроль всего парка даже при наличии минимальных ресурсов, распределив их в зависимости от поставленных перед каждой единицей оборудования задач, и выявить риски срыва выполнения задач оборудованием уже на моменте диагностирования, превращая парк оборудования если не в полностью «открытую книгу», то в отдельные ответственные участки, наполненные достоверной информацией в нужном объеме, снимая вопрос о расходе всех имеющихся ресурсов на отдельные единицы техники, что в итоге не приведет к каким-либо изменениям в структуре ТОиР.

Данная схема применялась на предприятиях ПАО «КТК» с 2009 г. по 2019 г. Практическое применение позволило подтвердить ее работоспособность и обеспечить весь парк тяжелого горного оборудования необходимым объемом технического диагностирования в рамках имеющихся ресурсов. Так, в зависимости от наличия ресурсов и поставленных задач в рамках существующих руководящих документов проводились следующие работы по неразрушающему контролю рабочего оборудования экскаваторов ЭШ-10/70. На экскаваторе, перед которым ставились задачи по обеспечению высокой производительности и критичности простоев, проводились разовые (за год) работы с трудозатратами в 380 человеко-часов (с выявлением более чем 250 критических дефектов и последующим контролем их устранения), а на аналогичном экскаваторе, имеющем возможность простаивать ежемесячно по 4-5 смен, проводились ежемесячные работы по 10-12 часов (всего 146 часов в год), где устранялись только критичные дефекты, чем и обеспечивалась его работоспособность.

В данном случае приведен пример, когда в одинаковых условиях критичными становятся факторы аварийности и простоя. В одном случае необходимо было обеспечить длительную работоспособность с возможными ежемесячными неплановыми простоями (но не было времени на единоразовый длительный ремонт), а в другом, наоборот, было время на длительный ремонт, но год экскаватор должен был отработать без простоев по причинам поломки данного узла. При этом в первом случае на устранение всех дефектов рабочего оборудования ушло менее 900 тыс. руб., и дефекты были устранены и не возобновились через год работы, а во втором – не более 40% дефектов было устранено с сопоставимыми затратами, получившимися за счет роста устраняемых дефектов (устранение дефекта на ранней стадии всегда дешевле) и меньшей производительности работ по неразрушающему контролю и сварке (из-за множества циклов подготовительных работ).

Выводы

1. Задачей технического диагностирования в рамках обеспечения ТОиР является обнаружение дефектов и их ранжирование с целью обеспечения работоспособности объекта на определенном промежутке времени с определенными требуемыми характеристиками.

2. Разработка методологии внедрения технического диагностирования в типовые процессы ремонтных и наладочных служб является первоочередной задачей, позволяющей решить проблему технического диагностирования в рамках ТОиР.

3. Система диагностирования – это целый комплекс алгоритмов, правил и подходов к различному оборудованию угольных карьеров, спектр которого не только широк, но и ограничен внешними ресурсами среды предприятия. Система должна быть гибкой, изменяемой в любой момент времени в зависимости от имеющихся ресурсов и поставленных перед ней целей, отзывчивой на внешние изменения среды.

4. Предложенная алгоритмизированная последовательность действий позволяет обеспечить гибкость системы технического диагностирования в зависимости от внешних условий среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dryigin, M. Strategy of Russian Coal Mining Enterprises' Excavator Park Technical State Correction / M. Dryigin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03011.

2. Dryigin, M. Ways of Increasing Excavator Fleet Productivity in Russian Coal Open Pits (Kuzbass Case Study) / M. Dryigin, N. Kurychkin,

A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03010.

3. Dryigin, M. Diagnostics of Heavy Mining Equipment During the Scheduled Preventive Maintenance / M. Dryigin, N. Kuryshkin // Journal of Physics: Conference Series 11. Сер. "XI International Scientific and Technical Conference "Applied Mechanics and Dynamics Systems". – 2018. – P. 012028.

4. Dryigin, M. Improving the Repair Planning System for Mining Equipment on the Basis of non Destructive Evaluation Data / M. Dryigin, N. Kuryshkin // E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20-22 November 2017. – V. 21. – P. 03011.

5. Криксунов, Л. З. Тепловизоры: Справочник / Л. З. Криксунов, Г. А. Падалко – Киев: Техника, 1987. – 164 с.

6. Девятков, Н. Д. Применение электроники в медицине и биологии // Электронная техника. Сер. СВЧ-техника. – 1993. – № 1 (455). – С. 67-76.

7. Rogalski, A. Infrared detectors. – Singapore: Gordon and Breach Science Publishers, 2000. – 681 p.

8. Барков, А. В. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации: Учеб. пособие / А. В. Барков, Н. А. Баркова, А. Ю. Азовцев. – СПб.: СПбМТУ, 2000. – 158 с.

9. Дубов, А. А. Диагностика котельных труб с использованием магнитной памяти металла. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 112 с.

10. Инфракрасная термография в энергетике. Т. 1. Основы инфракрасной термографии / А. В. Афонин [и др.]; под ред. Р. К. Ньюпорта, А. И. Таджибаева. – СПб.: ПЭИПК, 2000. – 240 с.

11. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения. – М.: Стандартинформ, 2009. – 9 с.

12. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. Т. 1. Методология, организация, терминология / В. С. Авдусевский [и др.]; под ред. А. И. Рембезы. – М.: Машиностроение, 1986. – 223 с.

13. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. Т. 9. Техническая диагностика / И. М. Синдеев [и др.]; под общ. ред. В. В. Клюева, П. П. Пархоменко – М.: Машиностроение, 1987. – 351 с.

14. Гончаров, И. Б. Дефектоскопия оборудования в угольной промышленности. / И. Б. Гончаров, К. М. Матангин. – М.: Изд-во Недр, 1990. – 148с.

15. Глазунов, Л. П. Проектирование технических систем диагностирования / Л. П. Глазунов, А. Н. Смирнов. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 168 с.

Mikhail Yu. Drygin, C. Sc. in Engineering,

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russia

TECHNICAL DIAGNOSTICS OF THE MAIN MINING EQUIPMENT

Abstract: *The main problem of the preventive maintenance system is that it does not rely on the use of a wide range of devices and technical diagnostic methods. The use of technical diagnostics is faced with the lack of a flexible system that allows you to change the requirements for the volume and order of work depending on the available resources, which, if they are insufficient, turns this operation into a formally performed one. At the same time, the introduction of a technical diagnostic system in the maintenance and repair system is hampered by the lack of correctly posed tasks and the availability of modern methodological foundations. The solution to this problem is the development and implementation of a flexible algorithm for technical diagnostics, which allows to maximize the result of work within the legal framework in accordance with the available resources of the environment, and if they are clearly inadequate, to fix this fact as impossible, requiring changing the tasks set for the equipment, which, undoubtedly will reduce the required resources.*

Keywords: *Excavator, technical diagnostics, coal mine, defect, technical condition control, non-destructive testing.*

Article info: received May 21, 2020

DOI: 10.26730/1816-4528-2020-2-44-50

REFERENCES

1. Drygin, M. Strategy of Russian Coal Mining Enterprises' Excavator Park Technical State Correction / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03011.

2. Drygin, M. Ways of Increasing Excavator Fleet Productivity in Russian Coal Open Pits (Kuzbass Case Study) / M. Drygin, N. Kurychkin, A. Bakanov // E3S Web of Conferences. The 1st Scientific Practical Conference "International Innovative Mining Symposium (in memory of Prof. Vladimir Pronoza)", Kemerovo, 24-26 April 2017. – V. 15. – P. 03010.

3. Drygin, M. Diagnostics of Heavy Mining Equipment During the Scheduled Preventive Maintenance / M. Drygin, N. Kuryshkin // Journal of Physics: Conference Series 11. Ser. "XI International Scientific and Technical Conference "Applied Mechanics and Dynamics Systems". – 2018. – P. 012028.

4. Drygin, M. Improving the Repair Planning System for Mining Equipment on the Basis of non Destructive Evaluation Data / M. Drygin, N. Kuryshkin // E3S Web of Conferences. The Second International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 20-22 November 2017. – V. 21. – P. 03011.

5. Kriksunov, L. Z. Teplovizoryi: Spravochnik [Thermal Imagers: Reference] / L. Z. Kriksunov, G.

A. Padalko – Kiev: Tehnika [Equipment], 1987. – 164 p.

6. Devyatkov, N. D. Primenenie elektroniki v meditsine i biologii [The use of electronics in medicine and biology] // Elektronnaya tehnika. Ser. SVCh-tehnika. [Electronic equipment. Microwave Technology Series.] – 1993. – № 1 (455). – P. 67-76.

7. Rogalski, A. Infrared detectors. – Singapore: Gordon and Breach Science Publishers, 2000. – 681 p.

8. Barkov, A. V. Monitoring i diagnostika rotnykh mashin po vibratsii: Ucheb. posobie [Monitoring and Diagnostics of Rotary Vibration Machines: A Training Manual] / A. V. Barkov, N. A. Barkova, A. Yu. Azovtsev. – St. Petersburg: SPbMTU, 2000. – 158 p.

9. Dubov, A. A. Diagnostika kotelnykh trub s ispolzovaniem magnitnoy pamyati metalla [Diagnostics of boiler pipes using metal magnetic memory]. – Moscow: Energoatomizdat, 1995. – 112 p.

10. Infrakrasnaya termografiya v energetike. T. 1. Osnovy infrakrasnoy termografii [Infrared thermography in the energy sector. T. 1. Fundamentals of infrared thermography] / A. V. Afonin [i dr.]; pod red. R. K. Nyuporta, A. I. Tazhibayeva. – St. Petersburg: PEIPK, 2000. – 240 p.

11. GOST 20911-89. Tehnicheskaya diagnostika. Terminy i opredeleniya. [Technical diagnostics. Terms and Definitions.] – Moscow: Standartinform, 2009. – 9 p.

12. Nadezhnost i effektivnost v tehnikе: Spravochnik: V 10 t. T. 1. Metodologiya, organizatsiya, terminologiya [Reliability and efficiency in technology: Reference: In 10 t. T. 1. Methodology, organization, terminology] / V. S. Avduevskiy [i dr.]; pod red. A. I. Rembezyi. - Moscow: Mashinostroenie [Engineering], 1986. – 223 p.

13. Nadezhnost i effektivnost v tehnikе: Spravochnik: V 10 t. T. 9. Tehnicheskaya diagnostika [Reliability and efficiency in technology: Handbook: In 10 t. T. 9. Technical diagnostics] / I. M. Sindeev [i dr.]; pod obsch. red. V. V. Klyueva, P. P.

Parhomenko – Moscow: Mashinostroenie [Engineering], 1987. – 351 p.

14. Goncharov I. B. Defektoskopija oborudovaniya v ugol'noj promyshlennosti [Flaw detection of equipment in the coal industry]. / I. B. Goncharov, K. M. Matangin. – Moscow: Publishing House “Nedra”, 1990. – 148p.

15. Glazunov L. P. Proektirovanie tehnicheskikh sistem diagnostirovaniya [Designing technical diagnostic systems] / L. P. Glazunov, A. N. Smirnov. – Moscow: Jenergoatomizdat, 1982. – 168 p.

Библиографическое описание статьи

Дрыгин М.Ю. Разработка алгоритма технического диагностирования основного горного оборудования // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 2 (148). – С. 44-50.

Reference to article

Drygin M.Yu. Technical diagnostics of the main mining equipment. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.2 (148), pp. 44-50.