

УДК 622.684

Анатолий Брониславович Виноградов

Научно-технический центр электропривода «Вектор», доктор технических наук, научный руководитель, Россия, Иваново, телефон (4932) 26-97-08, e-mail: vinorg_ab@mail.ru

Кирилл Константинович Ермаков

Научно-технический центр электропривода «Вектор», аспирант, инженер-программист, Россия, Иваново, e-mail: nice.ermakov19@gmail.com

Александр Александрович Коротков

Научно-технический центр электропривода «Вектор», кандидат технических наук, инженер-программист, Россия, Иваново, e-mail: korotkov_alexand@mail.ru

Удаленная работа с комплектом тягового электрооборудования карьерного самосвала

Авторское резюме

Состояние вопроса. Электромеханическая трансмиссия карьерного самосвала представляет собой комплекс электрооборудования, обладающего набором параметров для настройки и мониторинга состояния. Для повышения качества, снижения сроков и издержек сервисного обслуживания карьерных самосвалов организована система передачи данных, обеспечивающая удаленную работу с блоками системы управления. Подобные системы существенно повышают эффективность эксплуатации карьерных автосамосвалов при комплексном использовании стандартного подхода к техническому обслуживанию и ремонту горной техники и к мобильным технологиям, позволяют идентифицировать большую часть неисправностей за счет использования системы мониторинга параметров в режиме реального времени при штатной эксплуатации карьерного самосвала.

Материалы и методы. При разработке системы удаленной работы с комплектом тягового электрооборудования использованы методы проектирования и построения архитектуры программного обеспечения, методы объектно-ориентированного программирования и разработки многопоточных приложений с использованием высокоуровневого языка программирования C/C++.

Результаты. Предложена функциональная схема ретрансляции данных для удаленной работы с блоками электрооборудования. Приведено описание инструментального программного обеспечения для мониторинга и конфигурирования параметров электротрансмиссии самосвалов. Разработана процедура удаленной работы с комплектом тягового электрооборудования.

Выводы. Разработанная система проверена на этапах испытания и наладки комплектов, используется в реальных условиях эксплуатации и позволяет организовать сервисное обслуживание самосвалов отечественного производства на уровне, не уступающем лучшим импортным аналогам. Применение комплексного подхода в совокупности с расширением списка диагностических параметров электротрансмиссии при выделении ее как отдельного элемента системы диагностики значительно повышает качество сервисного обслуживания тягового электрооборудования.

Ключевые слова: электромеханическая трансмиссия, удаленное конфигурирование, программирование контроллеров, удаленный мониторинг параметров, система управления карьерным самосвалом

Anatoliy Bronislavovich Vinogradov

Electrical Drive Research and Technical Center "Vector", Doctor of Engineering Sciences, Research Supervisor, Russia, Ivanovo, telephone (4932) 26-97-08, e-mail: vinorg_ab@mail.ru

Kirill Konstantinovich Ermakov

Electrical Drive Research and Technical Center "Vector", Postgraduate Student, Programming Engineer, Russia, Ivanovo, e-mail: nice.ermakov19@gmail.com

Alexander Alexandrovich Korotkov

Electrical Drive Research and Technical Center "Vector", Candidate of Engineering Science, Programming Engineer, Russia, Ivanovo, e-mail: korotkov_alexand@mail.ru

Remote work with a set of traction electrical equipment for mine dump truck

Abstract

Background. The electromechanical transmission of a mine dump truck is an electrical equipment complex with a set of parameters for setting and status monitoring. To improve the quality and to reduce the time and cost of service maintenance of mine dump trucks, a data transmission system is organized that provides remote work with control system

units. Such systems significantly increase the efficiency of operation of mine dump trucks with the integrated use of a standard approach to maintenance and repair of mining equipment and mobile technologies. They allow to identify most of the faults due to the use of a real-time parameter monitoring system during the routine operation of mine truck.

Materials and methods. The authors have used the methods of design and software architecture, methods of object-oriented programming and development of multi-threaded applications using the high-level programming language C/C++.

Results. The paper proposes a functional diagram of data transmission for remote operation with electrical equipment blocks. The description of the instrumental software for monitoring and configuring the parameters of the dump trucks electric transmission is given. A procedure for remote work with a set of traction electrical equipment has been developed.

Conclusions. The developed system has been tested at the stages of testing and adjustment. It is used in real operating conditions and allows organizing service maintenance of domestic-made dump trucks at a level that is not inferior to their best imported counterparts. The use of an integrated approach and the extended list of diagnostic parameters of the electric transmission when it is singled out as a separate element of the diagnostic system significantly improves the quality-of-service maintenance of traction electrical equipment.

Key words: electromechanical transmission, remote configuration, controller programming, remote monitoring of parameters, control system of dump truck

DOI: 10.17588/2072-2672.2023.4.063-069

Состояние вопроса. Электромеханическая трансмиссия (ЭМТ) карьерного самосвала представляет собой сложный технический объект, часто работающий в неблагоприятных условиях: запыленность окружающего воздуха, экстремальные температуры и предельные нагрузки [1]. Согласно анализу финансовой составляющей по обслуживанию горной техники [2], самый высокий процент эксплуатационных расходов приходится на карьерные самосвалы (до 40 % от общего числа финансовых затрат). В связи с этим возникает необходимость мониторинга состояния трансмиссии, ведения статистики и анализа возникающих аварийных событий в целях внесения корректировок в программное обеспечение (ПО) или же своевременного проведения технического обслуживания и ремонта горной техники (ТОиР) по фактическому состоянию объекта. Основные преимущества эксплуатации по системе ТОиР, в отличие от традиционного подхода – планово-предупредительных ремонтов (ППР) по регламенту завода-изготовителя, приведены в [3]. Уровень развития технологий на базе имеющегося оборудования позволяет организовать системы удаленного мониторинга состояния параметров системы управления (СУ) ЭМТ [4]. Это существенно повышает эффективность эксплуатации карьерной техники при комплексном использовании ТОиР и мобильных технологий, поскольку классический подход при сервисном обслуживании транспортного средства не всегда позволяет выявить внутренние неполадки системы. При плановом осмотре выявляются внешние признаки неисправности – механические повреждения, течь, гарь. Некоторые признаки незаметны и могут быть зафиксированы только при замере рабочих параметров или путем демонтажа и частичной разборки блоков ЭМТ, что весьма ресурсозатратно. Большую часть неисправностей можно идентифицировать за счет использования системы мониторинга параметров в режиме реального времени при

штатной эксплуатации карьерного самосвала [5]. В [5, 6] приведены примеры внедрения мобильных технологий в горную технику зарубежного производства. Применение комплексного подхода, рассмотренного в [3, 6], не позволяет решить задачи эффективного сервисного обслуживания, поскольку набор доступных параметров ЭМТ существенного ограничен. Используя подход, рассмотренный в [7], предлагается выделить электротрансмиссию как отдельный элемент и расширить список параметров для диагностики и предупреждения неисправностей.

Ниже предложен вариант построения системы передачи данных для организации удаленной работы с оборудованием ЭМТ карьерного самосвала, серийно выпускаемого в ОАО «БЕЛАЗ» (г. Жодино, Беларусь), рассмотрена схема передачи данных, приведено описание специального ПО, выполнено тестирование системы.

Материалы и методы. В комплект тягового электрооборудования (КТЭО) ЭМТ входят: синхронный тяговый генератор (СГТ); два тяговых асинхронных двигателя (ТАД); шкаф управления (ШПСУ) и блок контроллера верхнего уровня (КВУ) [8]. Блок КВУ, являясь центральным устройством, обрабатывает сигналы управления от водителя, передает данные на электронную панель приборов (ЭПП), управляет дизелем и блоками, входящими в состав ШПСУ: блоком контроллера системы возбуждения тягового генератора (СВТГ), двумя блоками контроллеров силовых преобразователей (КСП), блоком контроллера системы управления микроклиматом (СУМК) и блоком контроллера инвертора привода системы охлаждения (ИПСОх) для КТЭО карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 т (рис. 1). Взаимодействие КВУ с блоками ШПСУ организовано по двум линиям CAN левого и правого бортов. Блок КВУ подключается к сети Ethernet для доступа к параметрам системы управления, считывания аварийных логов и истории событий, монито-

ринга переменных управления в реальном времени и обновления ПО.

Каждый блок ШПСУ выполняет определенные задачи. Блок КСП управляет силовыми преобразователями секций правого и левого бортов, реализуя алгоритмы адаптивно-векторного управления тяговым асинхронным двигателем, формирует сигналы управления силовыми транзисторами трехфазного инвертора и чоппера тормозного резистора [9]. Блок СВТГ управляет током возбуждения тягового генератора, поддерживая заданное напряжение на общей шине DC. Блок СУМК контролирует температуру и влажность внутри шкафа при работе и простое самосвала, выявляет и устраняет последствия воздействия резких перепадов температур и влаги, управляет приводом воздушной заслонки или трехходового крана (в случае жидкостного охлаждения). Блок ИПСОх осуществляет управление производительностью циркуляционного насоса внутреннего, замкнутого контура системы жидкостного охлаждения модулей ШПСУ. Управление ЭМТ осуществляется блоком КВУ, который обеспечивает обработку сигналов от органов управления и датчиков подсистем самосвала, управление оборотами двигателя внутреннего сгорания (ДВС), регулирование мощности тягового генератора, реализует алгоритмы управления движением, включая специальные режимы и функции. КВУ обеспечивает диспетчеризацию системы защит и диагностику состояния КТЭО [9].

В процессе эксплуатации самосвала выявляются различные режимы, требующие корректировки алгоритмов управления и последующее обновление ПО¹. Задача наладчика, работающего на самосвале, в данном случае сводится к обеспечению канала обмена данными через сеть Internet и воспроизведение нестандартных режимов работы ЭМТ. Удаленное подключение к комплекту оборудования позволяет без выезда на место (дистанционно) проводить диагностику, выявлять причины нестандартной работы и оперативно вносить изменения, установив обновленное ПО. Следует отметить, что процедура удаленного подключения и работы с КТЭО значительно снижает время простоя самосвала, если проблема не связана с выходом из строя оборудования, повышает оперативность диагностики, но требует обеспечения надежного скоростного интернет-канала и должна выполняться в присутствии и под контролем технического специалиста².

Результаты. Для реализации удаленной работы с КТЭО разработан комплекс инструментального ПО, позволяющий установить связь персонального компьютера (ПК) специалиста сервисной службы с ПК наладчика, находящегося на самосвале.

Основным элементом схемы взаимодействия является сервер, выступающий связующим элементом между двумя абонентами сети Интернет (рис. 2).

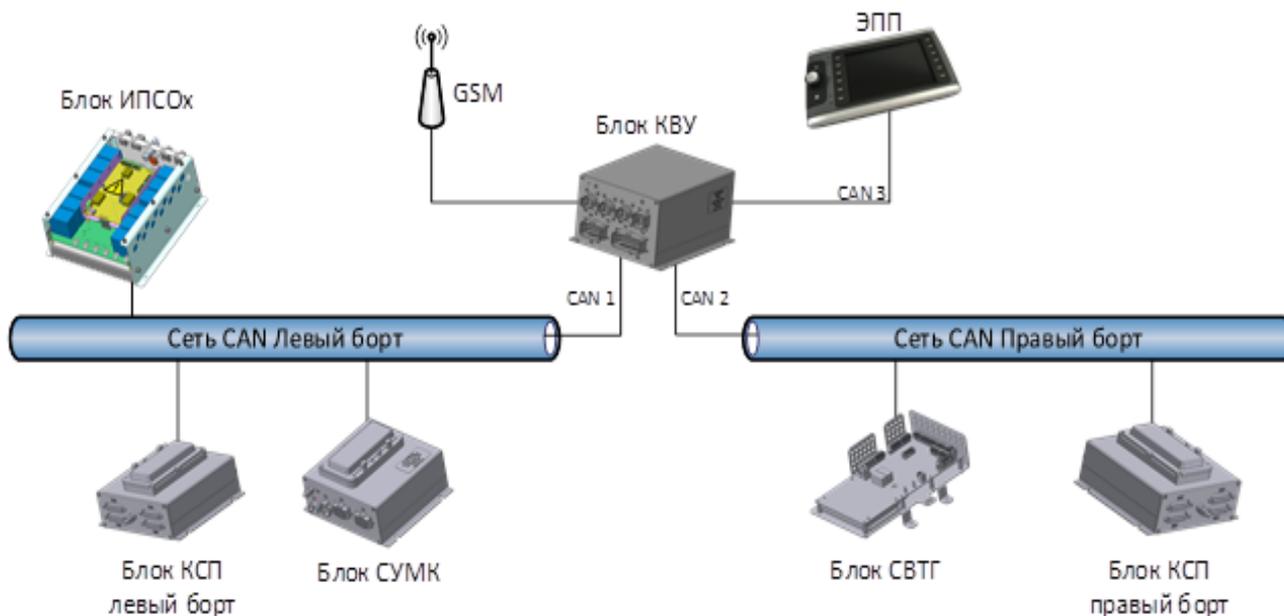


Рис. 1. Схема взаимодействия блоков КТЭО карьерного самосвала грузоподъемностью 240 тонн

¹ Modernization of dump truck onboard system. – 2017. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/87/2/022017>.

² Monitoring the Utilization of Dump truck in Coal Mines Using Internet of Thing (IoT). – 2019. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8978465>

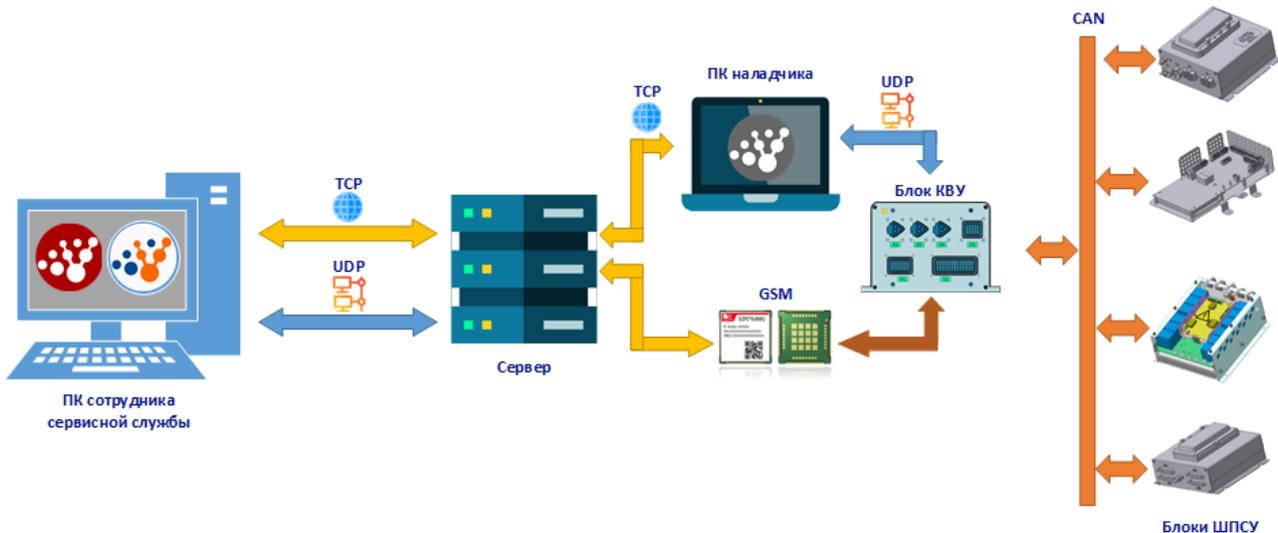


Рис. 2. Схема трансляции данных для удаленной работы с блоками КТЭО карьерного самосвала

К серверу подключаются:

1) сервисная служба, имеющая квалификацию в диагностике и настройке оборудования с использованием инструментального ПО, поддерживающего удаленное соединение. Связь осуществляется по протоколу TCP;

2) наладчик, используя инструментальное ПО, обеспечивающее сквозную передачу данных между сервером и блоком КВУ. Связь с сервером осуществляется по протоколу TCP, с КВУ – по протоколу UDP. В этом случае ПК наладчика выступает в качестве « сетевого моста », соединяя сервер с КВУ. Если в блок КВУ установлена плата расширения с модулем GSM, подключение к серверу выполняется автоматически при обнаружении сети, но для возможности настройки параметров и обновления ПО наладчик должен разрешить управление по сети GSM.

Рассмотрим процедуру удаленной работы с КТЭО. По сети Интернет к серверу подключаются с одной стороны клиенты (наладчики) и с другой – сотрудники сервисной службы, имеющие статус администратора. На стороне клиента работает программа трансляции данных, предоставляя администраторам прямой доступ к блоку КВУ и возможность мониторинга переменных, настройки параметров и обновления ПО блоков ШПСУ и КВУ.

В качестве клиента сервера также может выступать автономная система удаленного контроля и мониторинга, реализованная на базе встроеного в блок КВУ GSM модема.

Следует отметить, что практическое использование удаленного подключения имеет ограничение – самосвал должен находиться в зоне покрытия мобильной сети, что в реальных условиях эксплуатации не всегда выполняется.

Сервер выступает центральным элементом, который обеспечивает удаленную связь

рабочих компьютеров сервисной службы с КТЭО. Уникальность протоколов, используемых для связи с интеллектуальными блоками трансмиссии, а также специфика задач удаленной работы с КТЭО (в частности, поддержка дистанционного программирования) определили основные требования, предъявляемые к серверу, и необходимость разработки собственного ПО.

При разработке сервера решены следующие задачи:

- авторизация зарегистрированных клиентов (наладчиков) и администраторов (работников сервисной службы) с уникальными логинами и паролями;
- возможность выбора администратором одного клиента из списка авторизованных на сервере и соединение с его ПК;
- обеспечение сквозной передачи данных между ПК администратора и ПК подключенного к нему клиента.

На данный момент серверное ПО представляет собой консольное приложение, разработанное на языке C++ и установленное на ПК, имеющем выход в Интернет. В программе реализованы работа монитора для ввода команд пользователей, возможность авторизации администратора, наладчика и суперадминистратора, сбор и систематизация данных клиентов. Удаленная сессия ограничивается двумя параллельно работающими каналами передачи данных «администратор–клиент», что не требует больших вычислительных мощностей.

В перспективе, по мере увеличения числа выпускаемых самосвалов, все более актуальными станут задачи автоматического сбора, обработки и хранения на сервере данных по скоростям движения самосвала, температурам силовых модулей и электрических машин, накопления статистики по аварийным со-

бытия. Рассматривается возможность переноса программного обеспечения на VPS (Virtual Private Server).

Особенностью разработанного серверного ПО является его многопоточность [10]. Все каналы передачи данных выделены в отдельные потоки и изолированы, исключая, таким образом, возможность ошибочной передачи данных другому клиенту. Сервер может вести журнал удаленных сессий для анализа пользовательской активности. Перспективным, на наш взгляд, является разработка алгоритма анализа состояния ЭМТ по данным, полученным в автоматическом режиме, прогнозирование вероятностного выхода из строя элементов КТЭО и оповещение ответственных служб.

Для обновления программных кодов контроллеров ШПСУ и КВУ сотрудники сервисной службы используют программу EMTProg, которая позволяет подключаться к блокам нижнего уровня – напрямую по сети CAN (через USB-CAN адаптер Marathon), к блоку КВУ – по локальной сети Ethernet или через Сервер (в случае удаленной работы) (рис. 3).



Рис. 3. Схема подключения EMTProg к блокам КТЭО

Программа разрабатывалась как универсальный и удобный инструмент для обновления ПО контроллеров КТЭО, который может быть использован на всех этапах производства и обслуживания на местах эксплуатации. Например, если требуется обновить программу блока ШПСУ, можно использовать подключение по сети CAN (предварительно отключив блок от общей сети) или выполнить обновление через КВУ, который должен быть подключен к программируемому блоку.

На данный момент EMTProg представляет собой графическое приложение, разработанное на языке C++. Программа использует dll-библиотеку, обеспечивающую взаимодействие с адаптером Marathon, сетевые сокеты для передачи данных по протоколам UDP и TCP, поддерживает команды подключения к серверу, запрос списка доступных клиентов (наладчиков) и соединение с клиентом по его имени. Интерфейс программы реализован так, чтобы пользователь имел возможность обновить ПО выбранного блока или всего комплекта в автоматическом режиме.

Работу в программе EMTProg можно разделить на 3 этапа:

1) чтение файла кодов программ (.fwc) и создание на его основе списка устройств доступных для программирования;

2) выбор устройства и способа подключения к нему, установка соединения и считывание информации о текущей версии исполняемой программы, уникальных идентификационных данных;

3) стирание и запись кодов программы для подключенного блока.

Планируется доработка EMTProg в части поддержки серверных команд идентификации клиентов: получение сведений об имени и должности наладчика, названии организации, в которой он работает.

Для настройки параметров и мониторинга переменных системы управления КТЭО сотрудники сервисной службы используют программу KVUApp. Данное приложение разрабатывалось как многофункциональный инструмент диагностики оборудования, расширенной настройки и наладки алгоритмов управления. Программа загружает и предоставляет доступ к списку параметров КВУ и блоков ШПСУ.

Программа KVUApp выполняет следующие функции:

- настройку параметров системы управления (для опытных пользователей);
- просмотр истории аварийных событий и считывание записей КБА (кольцевых буферов аварии);
- запись в файл и построение графиков (в реальном времени) значений переменных, предназначенных для анализа и мониторинга работы КТЭО;
- обновление программного обеспечения КВУ.

KVUApp – графическое приложение, разработанное на языке C++, которое позволяет подключаться к блоку КВУ только по локальной сети Ethernet. Для поддержки удаленной работы с КТЭО разработана утилита AppBind, предоставляющая возможность авторизации на сервере и соединения с клиентом (рис. 4) [10].



Рис. 4. Схема подключения KVUApp к блокам КТЭО

В случае возникновения аварийного события в КТЭО блок КВУ собирает всю необходи-

мую для последующего анализа информацию: сохраняет регистры и переменные управления, коды текущих защит, загружает кольцевые буферы аварии контроллеров ШПСУ. Наладчик на месте должен получить эти данные, провести первичный анализ, оценить возможность устранения причин и последствий аварии. Для этого используется приложение KVUApp.

Если наладчик не имеет достаточной квалификации, оперативный анализ аварийной ситуации может провести сотрудник сервисной службы, не выезжая на место работы самосвала. В этом случае задача наладчика – предоставить прямой доступ к оборудованию, выполнив подключение с одной стороны к блоку КВУ, с другой – к серверу (через Интернет), используя программу EMTNetBridge (рис. 2).

EMTNetBridge – приложение, разработанное на языке C++, основная задача которого заключается в соединении разнотипных сетей и организации канала передачи данных между сервером и КВУ. Приложение имеет следующий функционал: тестирование канала соединения с блоком КВУ и с сервером, авторизация клиента на сервере, обмен данными между КВУ и сервером, а также текстовыми сообщениями между наладчиком и работником сервисной службы [10]. Рассматривается возможность удаленного наблюдения или управления рабочим столом ПК наладчика в целях визуального контроля и помощи в ситуациях, требующих участия сервисной службы.

Выводы. Для поддержания карьерных самосвалов в рабочем состоянии сервисные службы выполняют задачи по ремонту и обслуживанию блоков и техники в целом. Это требует значительных материальных и кадровых ресурсов в виду сложной технической организации транспортного средства. В целях повышения эффективности работ по сервису разработчики КТЭО стремятся организовать наиболее функциональную и удобную систему мониторинга и настройки параметров. Все чаще данные системы используют функционал удаленного доступа, что повышает эффективность диагностики за счет оперативного доступа к массивам данных ЭМТ.

Разработанная система удаленной работы с блоками КТЭО карьерных самосвалов была проверена на этапах наладки и испытаний комплектов и показала свою эффективность в реальных условиях эксплуатации при обновлении ПО контроллеров и настройки параметров управления.

Между тем не каждый карьер (разрез) имеет стабильное покрытие мобильной сетью, требуемое для организации устойчивого удаленного соединения с оборудованием самосвала. Для решения этой проблемы требуется разработка алгоритмов накопления данных на стороне оборудования самосвала. Планируется

расширение использования разработанного комплекса инструментального ПО в целях повышения эффективности работ по обслуживанию и ремонту карьерных самосвалов.

Список литературы

1. **Модернизация** электротрансмиссии карьерных самосвалов по результатам длительной эксплуатации / А.Б. Виноградов, Н.Е. Гнездов, А.А. Коротков, В.Л. Чистосердов // Горный журнал. – 2022. – № 4. – С. 106–112. DOI: 10.17580/gzh.2022.04.16.
2. **Mackey J.** Heavy mine haul truck. Surrey: University of Surrey, 2015.
3. **Клебанов А.Ф., Сиземов Д.Н., Кадочников М.В.** Комплексный подход к удаленному мониторингу технического состояния и режимов эксплуатации карьерного автосамосвала // Горная промышленность. – 2020. – № 2. – С. 75–82.
4. **Владимиров Д.Я., Клебанов А.Ф., Кузнецов И.В.** Цифровая трансформация открытых горных работ и новое поколение карьерной техники // Горная промышленность. – 2020. – № 6. – С. 10–12.
5. **Hara H., Bartkoske A.J.** Real-time condition monitoring for mobile mine equipment // Modular mining systems. – 2008. – P. 16–17.
6. **Sander D.** Using technology in mobile equipment maintenance at teck coal to create a competitive advantage. Doctoral dissertation. – Canada: Simon Fraser University, 2011.
7. **Вишняков Г.Ю., Ботян Е.Ю.** Оценка современных систем мониторинга карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – Вып. 2(160). – С. 51–57.
8. **Виноградов А.Б., Чистосердов В.Л., Сибирцев А.Н.** Комплекты тягового электрооборудования для карьерных самосвалов большой грузоподъемности // Добывающая промышленность. – 2017. – Вып. 2(06). – С. 90–93.
9. **Сибирцев А.Н., Виноградов А.Б., Чистосердов В.Л.** Комплект тягового электрооборудования карьерного самосвала грузоподъемностью 90 т. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – URL: <http://vectorgroup.ru/> (дата обращения 28.06.2022).
10. **Ермаков К.К., Горелкин Р.О.** Разработка программного обеспечения для удаленного мониторинга и конфигурирования системы управления карьерного самосвала // «Тинчуринские чтения – 2022»: материалы конференции. В 3 т. Т. 3. – Казань: ФГБОУВО «Казанский государственный энергетический университет», 2022. – С. 44–48. – 605 с.

References

1. Vinogradov, A.B., Gnezdov, N.E., Korotkov, A.A., Chistoserdov, V.L. Modernizatsiya elektrottransmissii kar'ernykh samosvalov po rezul'tatam dlitel'noy ekspluatatsii [Modernization of electromechanical transmission for dump trucks based on long-term operation data]. *Gornyy zhurnal*, 2022, no. 4(2297), pp. 106–112. DOI: 10.17580/gzh.2022.04.16.
2. Mackey, J. Heavy mine haul truck. Surrey: University of Surrey, 2015.
3. Klebanov, A.F., Sizemov, D.N., Kadochnikov, M.V. Kompleksnyy podkhod k udalennomu monitoringu tekhnicheskogo sostoyaniya i rezhimov ekspluatatsii kar'ernogo avtosamosvala [Integrated approach to

remote monitoring of technical and operation conditions of mine dump trucks]. *Gornaya Promyshlennost'*, 2020, no. 2, pp. 75–82.

4. Vladimirov, D.Ya., Klebanov, A.F., Kuznetsov, I.V. Tsifrovaya transformatsiya otkrytykh gornyx rabot i novoe pokolenie kar'ernoy tekhniki [Digital transformation of open pit mining and a new generation of open pit equipment]. *Gornaya Promyshlennost'*, 2020, no. 6, pp. 10–12.

5. Hara, H., Bartkoske, A.J. Real-time condition monitoring for mobile mine equipment. *Modular mining systems*, 2008, pp. 16–17.

6. Sander, D. Using technology in mobile equipment maintenance at teck coal to create a competitive advantage. Doctoral dissertation. Canada: Simon Fraser University, 2011.

7. Vishnyakov, G.Yu., Botyan, E.Yu. Otsenka sovremennykh sistem monitoringa kar'ernykh avtosamosvalov [Evaluation of modern monitoring systems of dump trucks]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2022, issue 2(160), pp. 51–57.

8. Vinogradov, A.B., Chistoserdov, V.L., Sibirtsev, A.N. Komplekty tyagovogo elektrooborudovaniya dlya kar'ernykh

samosvalov bol'shoy gruzopod'emnosti [Electrical Traction Equipment Sets for Heavy Duty Mining Dump Trucks]. *Dobyvayushchaya promyshlennost'*, 2017, issue 2(06), pp. 90–93.

9. Sibirtsev, A.N., Vinogradov, A.B., Chistoserdov, V.L. Komplekt tyagovogo elektrooborudovaniya kar'ernogo samosvala gruzopod'emnost'yu 90 t. Rukovodstvo po ekspluatatsii [Electrical Traction Equipment Set for a Mining Dump Truck with Load Carrying Capacity 90 tons. Operation manual]. Available at: <http://vectorgroup.ru/> (access date 28.06.2022).

10. Ermakov, K.K., Gorelkin, R.O. Razrabotka programmogo obespecheniya dlya udalennogo monitoringa i konfigurirovaniya sistemy upravleniya kar'ernogo samosvala [Software Development for Remote Monitoring and Configuration of the Mining Dump Truck Control System]. *Materialy konferentsii «Tinchurinskie chteniya – 2022» v 3 t., t. 3, Kazan', 27–29 April 2022 g.* [Development of software for remote monitoring and configuration of the mine dump truck control system]. Kazan', 2022, pp. 44–48. 605 p.