Оригинальная статья

Original Paper

УДК 622.217:621.31 © С.И. Малафеев✉[1,2], Н.А. Серебренников[1], 2026

[1] ООО «Компания «Объединенная Энергия», 111672, г. Москва, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», 600000, г. Владимир, Россия
✉ e-mail: sim@jpc.ru

UDC 622.217:621.31 © S.I. Malafeev✉[1,2], N.A. Serebrennikov[1], 2026

[1] Joint Power Company LLC, Moscow, 111672, Russian Federation
[2] Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation
✉ e-mail: sim@jpc.ru

Мехатронные комплексы горных машин: ООО «Компания «Объединенная Энергия» – 35 лет*

Mechatronic complexes for mining machinery: Joint Power Company LLC – 35 years

DOI: http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-1-61-66

В статье рассмотрены основные направления деятельности ООО «Компания «Объединенная Энергия» по разработке технических средств управления для карьерных машин – буровых станков, экскаваторов и автосамосвалов. Архитектуры мехатронных комплексов для экскаваторов-мехлопат и драглайнов получили статус типовых и используются на предприятиях ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» и ПАО «Уралмашзавод». В комплектных устройствах управления для буровых станков применены перспективные технические решения: электроприводы переменного тока вращателя и хода, тиристорные устройства мягкого пуска приводов переменного тока компрессора, микроконтроллерный модуль измерения глубины скважины при бурении, автоматическая система горизонтирования станка и др. Совместно с Концерном Русэлпром освоено серийное производство преобразователей и систем управления для тягового электрооборудования автосамосвалов грузоподъемностью 90 т и 240 т.

Ключевые слова: *мехатроника, экскаватор, буровой станок, автосамосвал, двигатель, транзистор, преобразователь.*

Для цитирования: Малафеев С.И., Серебренников Н.А. Мехатронные комплексы горных машин: ООО «Компания «Объединенная Энергия» – 35 лет // Уголь. 2026;(1):61-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-1-61-66.

МАЛАФЕЕВ С.И.
Доктор техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ООО «Компания «Объединенная Энергия», 111672, г. Москва, Россия, профессор ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых», 600000, г. Владимир, Россия, e-mail: sim@jpc.ru

СЕРЕБРЕННИКОВ Н.А.
Генеральный директор ООО «Компания «Объединенная Энергия», 111672, г. Москва, Россия, e-mail: serebrennikov@jpc.ru

Abstract

This article examines the key areas of activity of "Joint Power" Company LLC in the development of control equipment for quarry equipment – drilling rigs, excavators, and dump trucks. The architecture of mechatronic systems for excavators and draglines has received standard status and is used at the enterprises of "IZ-KARTEX named after P.G. Korobkov" LLC and Uralmashzavod PJSC. Advanced technical solutions are used in complete control devices for drilling rigs: AC electric drives for the rotation and travel, thyristor soft-start devices for AC compressor drives, a microcontroller module for measuring the borehole depth during drilling, an automatic leveling system for the rig, etc. In cooperation with the Ruselprom Concern, serial production of con-

** Авторы выражают благодарность всем сотрудникам Компании «Объединенная Энергия», принимавшим участие в выполнении проектов, в том числе, главному инженеру О.Б. Баеву, главному конструктору П.М. Афанасьеву, к.т.н. А.В. Карклину, к.т.н. В.И. Коняшину, к.т.н. В.И. Микрюкову, к.т.н. С.А. Салову, инженерам А.В. Анучину, П.А. Афонину, В.С. Герасимову, П.В. Гусарову, А.А. Новгородову, Н.А. Прусову, К.Ю. Раца, В.С. Чистякову, В.А. Шаповалову и другим специалистам.*

verters and control systems for traction electrical equipment of dump trucks with a lifting capacity of 90 tons and 240 tons has been mastered.

Keywords

Mechatronics, excavator, drilling rig, dump truck, motor, transistor, converter.

Acknowledgements

The authors would like to express their gratitude to all employees of the Joint Power Company who participated in implementation of the projects, including Principal Engineer Baev O.B., Principal Designer Afanasyev P.M., PhD. Karklin A.V., PhD. Konyashin V.I., PhD. Mikryukov V.I.,PhD Salov S.A., engineers Anuchin A.V., Afonin P.A., Gerasimov V.S., Gusarov P.V., Novgorodov A.A., Prusov N.A., Ratsa K.Yu., Chistyakov V.S., Shapovalov V.A., and other specialists.

For citation

Malafeev S.I., Serebrennikov N.A. Mechatronic complexes for mining machinery: Joint Power Company LLC – 35 years. *Ugol'*. 2026;(1):61-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-1-61-66.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях новой промышленной революции главным фактором развития современной добычи полезных ископаемых является качественное преобразование горнотранспортного комплекса на основе автоматизации и цифровизации машин, технологических процессов и предприятий [1, 2]. В начале XXI столетия в России начался активный переход к созданию и внедрению горных машин нового поколения [3]. Электроприводы постоянного тока с управлением от генераторов уступили место мехатронным системам с двигателями переменного или постоянного тока с транзисторными преобразователями и высоким уровнем организации процессов управления. Информационные системы позволили не только осуществлять диагностику, удаленный мониторинг и дистанционное управление, но и перейти к внедрению беспилотного транспорта в карьерах [2, 4]. Радикально изменился человеко-машинный интерфейс [5]. Единое информационное пространство на предприятиях обеспечивает взаимодействие всех участников процессов и высокую эффективность автоматизированного управления горными машинами [6].

Динамичная модернизация горной техники на протяжении последних трех десятилетий происходила благодаря активной работе российских машиностроительных предприятий горного профиля, а также малых и средних научно-производственных предприятий, начавших свою деятельность в конце прошлого столетия. К числу таких организаций относится ООО «Компания «Объединенная Энергия», г. Москва. Предприятие, организованное в 1991 г., в январе 2026 г. отмечает свой 35-летний юбилей. В настоящее время Компания известна в России и за рубежом как разработчик и изготовитель широкой номенклатуры компонентов и систем наукоемкого электрооборудования для открытых горных работ [3, 7, 8]. Низковольтные комплектные устройства (НКУ), созданные специалистами Компании, используются в составе всех основных карьерных машин: экскаваторов, буровых станков, автосамосвалов, мобильных автономных энергетических станций, земснарядов [3, 7, 9].

Настоящая статья посвящена 35-летнему юбилею Компании и содержит сведения об основных направлениях и результатах ее деятельности по созданию мехатронных комплексов для горных машин нового поколения.

МЕХАТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

Мехатронный комплекс карьерного электрического экскаватора включает систему взаимосвязанных приводов главного движения и хода, механические передаточные устройства, электропитающую, информационную и управляющие системы с высоким уровнем организации процессов управления [7]. Мехатронные комплексы, разработанные Компанией, получили статус типовых для различных экскаваторов и используются на предприятиях ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова» и ПАО «Уралмашзавод», а также при модернизации эксплуатируемых в настоящее время машин.

Первый приоритет в мехатронном комплексе имеет электропитающая система. Основные требования к ней – обеспечение машины электроэнергией в необходимом количестве при надлежащем качестве, соответствие требованиям по электромагнитной совместимости оборудования и электробезопасности [3]. Горные машины получают питание от консольных линий, характеризуются нестационарными режимами электропотребления с рекуперацией энергии в сеть. Для подключения машины к питающей сети используется ячейка высоковольтного ввода ЯВВ-6-250-УХЛ2. Устройство содержит коммутационную аппаратуру с повышенным ресурсом (750000 циклов), элементами местного и дистанционного управления, микроконтроллерную систему защит с функциями диагностики, индикации и регистрации аварийных событий, многофункциональные приборы учета расхода электроэнергии на вводе и фидерах.

Мехатронные системы главного движения экскаваторов-мехлопат (напора, подъема и поворота), а также хода выполнены по системам активный выпрямитель-транзисторный преобразователь – двигатель постоянного тока (ТрПД) или активный выпрямитель – инвертор напряжения – асинхронный двигатель (АВ-ИН-АД). При использовании асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором применяется векторное управление с наблюдателем на основе фильтра Р. Калмана.

Информационно-диагностическая система «Пульсар» устанавливается на всех машинах с оборудованием управления Компании. Система осуществляет:

– сбор данных с установленных на экскаваторе датчиков;

– анализ данных, выявление и диагностику аномалий в системе и компонентах с выводом сообщений на мониторе;

– формирование сообщений для машиниста о нарушениях условий эксплуатации машины, например недопустимом наклоне платформы или снижении качества электроэнергии, коррекции характеристик приводов при низких температурах и др.;

– формирование отчетов о работе машины, аварийных отключениях и простоях;

– информационную поддержку машиниста в процессе работы.

Телекоммуникационная система предназначена для интеграции машины в единое информационное пространство и реализации интернет-технологий управления.

В 2008-2025 гг. в Компании было спроектировано и изготовлено 356 НКУ для различных экскаваторов-мехлопат, в том числе: 218 с приводами по системе генератор-двигатель, 82 – по системе АВ-ТрП-Д, 56 – по системе АВ-ИН-АД. На *рис. 1* представлен экскаватор ЭКГ-15 в АО «Олкон».

Шагающие экскаваторы – это машины с очень большим сроком эксплуатации [10]. В течение жизненного цикла машины проходят несколько капитальных ремонтов и модернизаций. Для всех машин: ЭШ-6/45; ЭШ-10/70; ЭШ-13/50; ЭШ-20/90; ЭШ-40/85, работающих на добывающих предприятиях, разработаны и реализованы проекты низковольтных комплектных устройств управления с приводами главного движения по системе генератор-двигатель постоянного тока и тиристорными регуляторами токов возбуждения. В модернизированных НКУ применены современные цифровые системы управления и контроля, эффективные защиты оборудования, в том числе от растягивания ковша, нарушения сопротивления изоляции и др. Для новых экскаваторов ЭШ-11/75 и ЭШ-20/90 разработаны проекты НКУ с приводами главного движения по системам АВ-Тр-ПД и АВ-ИН-АД.

Более 50 комплектов различных типов НКУ было поставлено для предприятий России, стран СНГ и Индии. На *рис. 2* представлен экскаватор ЭШ-24/95 при подготовке к работе в Индии.

Рис. 1. Экскаватор ЭКГ-15 в АО «Олкон», октябрь 2025 г.

Fig. 1. The EKG-15 face shovel at Olkon JSC, October 2025

Рис. 2. Экскаватор ЭШ-24/95 в Индии

Fig. 2. The ESH-24/95 dragline in India

В проектах модернизации роторных экскаваторов предусмотрены различные варианты управления исполнительными устройствами. Привод ротора выполнен с использованием асинхронного двигателя с тиристорным устройством плавного пуска. Двигатели переменного тока подъема роторной стрелы управляются частотными преобразователями. В системе управления применен датчик наклона для корректного позиционирования подъемного механизма в режимах автоматического дозированного перемещения. Для механизмов поворотов роторной и отвальной стрел применены тиристорные приводы постоянного тока. Вспомогательные приводы экскаватора выполнены с применением асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. В приводе кабельного барабана применен двигатель с фазным ротором. Все асинхронные двигатели экскаватора оснащены устройствами плавного пуска.

Состояние всех компонентов экскаватора контролируется информационно-диагностической системой. Данные обрабатываются и передаются на сервер. Эффективное управление машиной обеспечивается с помощью современного человеко-машинного интерфейса.

Для роторных экскаваторов ЭР-1250, ЭР-1600, ЭРП-2500 и ЭРШД-5250 разработано и поставлено более 10 комплектов НКУ на предприятия СУЭК, АО «Мордовцемент», ПАО «ППГХО имени Е.П. Славского» и

др. На *рис. 3* представлен роторный экскаватор в АО «Мордовцемент». На *рис. 4* приведены фотографии рабочего места машиниста и вид главного экрана монитора.

Рис. 3. Роторный экскаватор в АО «Мордовцемент»
Fig. 3. A rotary mechanical shovel at Mordovcement JSC

МЕХАТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БУРОВЫХ СТАНКОВ

Современный станок шарошечного бурения – сложный эргатический мехатронный комплекс [11]. Все компоненты, входящие в состав бурового станка и выполняющие разные функции, имеют высокий уровень управления [11]. В НКУ для буровых станков Компании применены перспективные технические решения: электроприводы переменного тока вращателя и хода, тиристорные устройства мягкого пуска приводов переменного тока компрессора, микроконтроллерный модуль измерения глубины скважины при бурении, автоматическая система горизонтирования станка, информационная система сбора, обработки и визуализации параметров технологического процесса и др. Для управления асинхронными двигателями вращателя и хода применены специальные бездатчиковые алгоритмы векторного управления. Компьютерная система управления и мониторинга при работе станка обеспечивает графическое отображение основных параметров бурения: частоты и нагрузки двигателя вращателя, усилия и скорости подачи инструмента, давления масла, давления воздуха, уровня и давления воды, глубины скважины, скорости проходки, производительности маслонасоса, а также углов крена платформы машины, состояния входов и выходов модулей системы управления и др.

На предприятия – изготовителям буровых станков: ООО «ИЗ-КАРТЭКС имени П.Г. Коробкова», завод «Рудгормаш» и ОАО «ЛМЗ Универсал» (Беларусь) поставлено более 200 комплектных систем управления. На *рис. 5* показаны буровой станок СБШ-250-32 и пульт управления станком.

Рис. 4. Роторный экскаватор ЭР-1250: а – рабочее место машиниста, б – главный экран монитора
Fig. 4. ER-1250 rotary mechanical shovel: а – operator's seat, б – main monitor screen

Рис. 5. Буровой станок СБШ-250-32: а – общий вид, б – пульт управления
Fig. 5. The SBSh-250-32 drilling rig: a – general view, б – control panel

МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

В 2020 г. в Компании совместно с Концерном Русэлпром было начато проектирование и изготовление преобразователей и систем управления для тягового электрооборудования автосамосвалов грузоподъемностью 90 т. В 2022 г. было освоено серийное производство оборудования для автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью 90 т. и 240 т. Разработан и проходит испытания комплект оборудования для автосамосвалов грузоподъемностью 136 т.

В транзисторных преобразователях для всех машин используется воздушное охлаждение силовых компонентов, обеспечивающее эксплуатационные преимущества по сравнению с лучшими российскими техническими решениями для автосамосвалов БелАЗ [14]. Для системы векторного управления асинхронными двигателями разработаны специальные алгоритмы, обеспечивающие устойчивую работу в широком диапазоне частот при оптимальном согласовании мощности дизельного двигателя и электрического привода. В мехатронной трансмиссии реализованы антипробуксовочные и антиблокировочные функции, режимы ограничения дифференциала, удержания автосамосвала при нулевой скорости, а также автоматической стабилизации скорости при движении (круиз-контроль). Применено согласованное действие ограничений дифференциала и ускорения, повышающее эффективность противоаварийного управления [8].

Информационно-диагностическая система выполняет регистрацию основных параметров и сохраняет предысторию аварийных процессов. Система удаленного мониторинга позволяет контролировать работу мехатронной системы автосамосвала из любой точки наблюдения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Горнодобывающая промышленность находится в процессе качественного преобразования на основе широкого внедрения технологий автоматизации. Успех достижения горизонтов Индустрии 4.0 зависит не только от способности отрасли адаптироваться и внедрять инновации, но и уделять приоритетное внимание научным исследованиям и перспективным разработкам новой техники. Успешно реализованные Компанией «Объединенная Энергия» в течение 35 лет проекты мехатронных комплексов для основных горных машин на карьерах – экскаваторов, буровых станков, автосамосвалов и др., для всех условий эксплуатации в России и других странах продемонстрировали соответствие технических решений мировому уровню.

Достижения Компании свидетельствуют о ее высоком научном, техническом и производственном потенциалах для решения актуальных задач трансформации горнодобывающей отрасли в условиях перспективной автоматизации и цифровизации.

Список литературы • References

1. Long M., Schafrik S., Kolapo P., Agioutantis Z., Sottile J. Equipment and Operations Automation in Mining: A Review. *Machines*. 2024;12(713):1-17. https:// doi.org/10.3390/machines12100713.
2. Du H., Chan L., Tong J., Raad R., Naghdy F., Guo Q., Yu Y., Islam M.R., Tubbal F., Ros M., Li Z., Ritz C. Industrial Progress of Robotic Automation in Mining Applications: A Survey. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2025;(42):537-556. https://doi.org/10.1007/s42461-025-01219-y.
3. Малафеев С.И., Малафеев С.С. Информационные и управляющие компоненты электрических карьерных экскаваторов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 4. С. 33-45. DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_33.
   Malafeev S.I., Malafeev S.S. Information and control elements of electric mining shovels. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(4):33-45. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2021_4_0_33.
4. Gaber T., El-Jazouli Y., Eldesouky E., Ali A. Autonomous Haulage Systems in the Mining Industry: Cybersecurity, Communication and Safety Issues and Challenges. *Electronics* 2021;(10):1357. https:// doi.org/10.3390/ electronics10111357.
5. Cheng Z., Lyu J. Research on the Optimization and Evaluation of Excavator Human-Machine Interface Layout Based on Situation Awareness. *Paradigm Academic Press. Art and Society.* 2023;2(2): 38-51. DOI: 10.56397/AS.2023.04.06.
6. Жиронкин С.А., Коновалова М.Е. Перспективы перехода к майнингу 5.0 – геотехнологии второй половины XXI в. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 2(162). С. 45-56. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-2-45-56.
   Zhironkin S.A., Konovalova M.E. Transition prospects to mining 5.0 – geotechnology of the second half of the XXI Century. *Bulletin of*

the Kuzbass State Technical University. 2024;2(162):45-56. (In Russ.). DOI: 10.26730/1999-41252024-2-45-56.

7. Малафеев С.С. Карьерные экскаваторы: актуальные вопросы повышения эффективности работы // Автоматизация в промышленности. 2025. № 3. С. 29-33.
   Malafeev S.S. Quarry excavators: current issues of increasing operational efficiency. Automation in Industry. 2025;(3):29-33. (In Russ.).
8. Мартынов К.А. Комплексная модель управления жизненным циклом наукоемких изделий // Russian Journal of Management. 2025. № 13(8). С. 113-140. DOI: 10.29039/2500-1469-2025-13-8-113-140.
   Martynov K.A. Comprehensive model of life cycle management of high-tech products. *Russian Journal of Management*. 2025;13(8): 113-140. (In Russ.). DOI: 10.29039/2500-1469-2025-13-8-113-140.
9. Малафеев С.И., Коняшин В.И., Новгородов А.А. Проектирование и реализация мехатронной трансмиссии автосамосвала БелАЗ-90 // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 9. С. 169-179. DOI: 10.25018/0236_1493_2022_9_0_169.
   Malafeev S.I., Konyashin V.I., Novgorodov A.A. Mechatronic transmission design and implementation for dump truck BelAZ-90. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2022;(9):169-179. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236_1493_2022_9_0_169.
10. Bebić M., Rašić N., Vojvodić N., Jeftenić B. Revitalization and Modernization of Dragline Excavators with Limited Budget. 2021, 21st International Symposium on Power Electronics (Ee). 27-30 October 2021, Novi Sad, Serbia, pp. 1-6. DOI: 10.1109/Ee53374.2021.9628268.
11. Kokkinis A., Frantzis T., Skordis K., Nikolakopoulos G., Koustoumpardis P. Review of Automated Operations in Drilling and Mining. *Machines*. 2024;12(845):1-19. https://doi.org/10.3390/machines12120845.
12. Vinogradov A.B., Gnezdov N.E., Sibirtsev A.N., Korotkov A.A., Chistoserdov V.L., Ermakov K.K. Extended Features and Import Substitution in Traction Electrical Equipment of Mining Dump Trucks. 2024 IEEE 3rd International conference on problems of informatics, electronics and radio engineering (PIERE). 2024, pp. 1250-1254. DOI: 10.1109/PIERE62470.2024.10805046.

Authors Information
Malafeev S.I. – Doctor of Engineering Sciences, Professor, Chief Researcher, Joint Power Company LLC, Moscow, 111672, Russian Federation, Professor, Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, 600000, Russian Federation, e-mail: sim@jpc.ru

Serebrennikov N.A. – General Director, Joint Power Company LLC, Moscow, 111672, Russian Federation, e-mail: serebrennikov@jpc.ru

Информация о статье
Поступила в редакцию: 24.10.2025
Поступила после рецензирования: 17.12.2025
Принята к публикации: 29.12.2025

Paper info
Received October 24, 2025
Reviewed December 17, 2025
Accepted December 29, 2025

Студенты-механики в Хакасии пополняют кадровый резерв разреза «Кирбинский»

Несмотря на предновогоднюю суету, разрез «Кирбинский» продолжает работу по формированию собственного кадрового резерва. На этот раз с производством знакомились студенты Хакасского политехнического колледжа, которые в ближайшие годы могут пополнить производственные подразделения. Экскурсию для группы из 15 человек лично провел главный инженер предприятия Константин Шепелев.

В ходе экскурсии ребятам рассказали историю предприятия и озвучили текущие результаты. Несмотря на молодой возраст, «Кирбинский» уверенно развивается: завершен этап горно-обогатительных работ, в ноябре была отгружена 15-миллионная тонна угля, а текущая мощность разреза составляет 2,4 млн т угля в год.

Маршрут экскурсии охватил ключевые производственные объекты, где в дальнейшем могут работать выпускники колледжа: горный участок, угольный склад, ремонтный цех и очистные сооружения. Особый интерес учащихся вызвал современный парк техники, в том числе крупнейший гидравлический экскаватор Hitachi EX2600 с ковшом объемом 15 м^3.

Отдельное внимание было уделено логистике предприятия – работе собственных железнодорожных путей и процессу погрузки угля в вагоны. Для будущих механиков это важная часть производственной цепочки, в которой также востребованы их профессиональные навыки.

Пресс-служба компании «Русский уголь»