

Научная статья

УДК 622.271:629.3

## ЭЛЕКТРОСАМОСВАЛ КАК ОСНОВА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ КАРЬЕРА

Андрей Константинович Артюшин<sup>1</sup>, Клим Артемович Алимпьев<sup>2</sup>,  
Олег Валерьевич Баранов<sup>3</sup>, Иван Алексеевич Пыталев<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Магнитогорский государственный технический университет  
имени Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

<sup>1</sup> andrey.art.1999@mail.ru

<sup>2</sup> alimpevklm@mail.ru

<sup>3</sup> boleg5429@gmail.com

<sup>4</sup> vehicle@list.ru

**Аннотация.** Проведен анализ роли электросамосвалов в модернизации транспортной инфраструктуры открытых карьеров. Рассмотрены преимущества и недостатки внедрения электросамовала с точки зрения цифровизации и автоматизации горнотехнической системы. Установлено стратегическое значение электросамосвалов для устойчивой развития горнодобывающей промышленности.

**Ключевые слова:** электросамосвал, карьерный транспорт, энергетическая эффективность, литий-ионные батареи, автоматизация, транспортная инфраструктура

**Для цитирования:** Электросамосвал как основа совершенствования транспортной инфраструктуры карьера / А. К. Артюшин, К. А. Алимпьев, О. В. Баранов, И. А. Пыталев // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 737–741.

Original article

## ELECTRIC DUMP TRUCK AS A BASIS FOR IMPROVING THE QUARRY TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Andrey K. Artyushin<sup>1</sup>, Klim A. Alimpyev<sup>2</sup>, Oleg V. Baranov<sup>3</sup>, Ivan A. Pytalev<sup>4</sup>

<sup>1-4</sup> Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

<sup>1</sup> andrey.art.1999@mail.ru

<sup>2</sup> alimpevklim@mail.ru

<sup>3</sup> boleg5429@gmail.com

<sup>4</sup> vehicle@list.ru

**Abstract.** An analysis of the role of electric dump trucks in modernising the transport infrastructure of open-pit quarries has been carried out. The advantages and disadvantages of implementing an electric dump truck from the perspective of digitalisation and automation of the mining and technical system have been examined. The strategic importance of electric dump trucks for the sustainable development of the mining industry has been established.

**Keywords:** electric dump truck, quarry transport, energy efficiency, lithium-ion batteries, automation, transport infrastructure

**For citation:** E`lektrosamosval, kak osnova sovershenstvovaniya transportnoj infrastruktury` kar`era [Electric dump truck as a basis for improving the quarry transport infrastructure] (2026) A. K. Artyushin, K. A. Alimpyev, O. V. Baranov, I. A. Pytalev. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : materials of the XXII All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 737–741. (In Russ).

Современное состояние горнодобывающей промышленности характеризуется непрерывным увеличением глубины открытых горных работ, ужесточением экологических требований и ростом эксплуатационных затрат, связанных с транспортировкой горной массы. В этих условиях электрификация карьерного транспорта в ближайшее время может стратегическим направлением развития отрасли, позволяющим одновременно решать задачи повышения энергетической эффективности, снижения себестоимости добычи и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. При этом уже сегодня электросамосвалы формируют технологическую основу для модернизации транспортной инфраструктуры не только карьера, но и всей горнотехнической системы [1–3].

Автомобильный транспорт на карьере характеризуется существенными энергетическими потерями, связанными с высоким коэффициентом тары

современных карьерных самосвалов (0,70–0,84) и значительным коэффициентом сопротивления движению. При движении автосамосвалов по уклону вверх затраты энергии необходимы как на подъем полезного груза, так и на перемещение собственной массы транспортного средства, что существенно снижает общую энергетическую эффективность системы.

Развитие литий-ионных аккумуляторных технологий открывает новые возможности для создания полностью электрических карьерных самосвалов, работающих без дизельных двигателей. Белорусский автозавод БелАЗ совместно с производителями аккумуляторов разрабатывает карьерный самосвал грузоподъемностью 90 т с полностью электрической силовой установкой. Вместо традиционной дизель-генераторной установки в такой машине используются аккумуляторные батареи, благодаря чему снижается себестоимость эксплуатации и полностью исключаются выбросы вредных веществ в процессе работы [1, 2].

Литий-ионные аккумуляторы ценятся в горнодобывающей промышленности благодаря высокой удельной энергии, относительно низкой скорости саморазряда (менее 5 % в месяц) и отсутствию эффекта памяти. Способность выдерживать 2000–4000 циклов разрядки при сохранении 80 % емкости обеспечивает длительный срок службы и экономическую эффективность использования. Современные литий-ионные батареи позволяют осуществлять зарядку в течение одного часа при токе до двух емкостей аккумулятора, что существенно сокращает время простоя техники [4].

На современном этапе развития электромобилей при внедрении их на карьерах существует ряд сложностей. Одним из основных ограничений является масса аккумуляторных батарей, которая значительно превышает массу эквивалентной по мощности дизель-генераторной установки, что снижает полезную грузоподъемность машины. Кроме того, необходимо создание соответствующей инфраструктуры зарядных станций на территории карьера, способных обеспечить быструю зарядку мощных батарейных комплексов [1, 4]. В настоящее время решение этой проблемы возможно следующими способами:

- *быстрая зарядка*: развитие систем быстрой зарядки, которые позволяют восстановить 80 % емкости батареи за 30–60 мин;
- *динамическая подзарядка*: система BluVein использует контактные рельсы, установленные в подземных выработках, для подзарядки машин во время движения;
- *гибридные системы*: использование дизель-электрических троллейбусов, в которых электроэнергия подводится по контактным кабелям. Компания Voliden установила 27 таких грузовиков на своих шведских рудниках;
- для полного использования потенциала электросамосвалов необходимо обеспечить питание от возобновляемых источников энергии. Компания Antofagasta Minerals на медном руднике Zaldívar в Чили уже получает 100 % электроэнергии от возобновляемых источников.

Масштабное внедрение электросамосвалов обеспечит переход на важный этап автоматизации горнодобывающей отрасли, позволяющий повысить безопасность производства за счет исключения персонала из опасных зон. Внедрение автоматизированных систем позволяет сократить нетехнологические простои на 10 %, повысить среднюю скорость передвижения техники на 20 % и снизить издержки на эксплуатацию до 15 % в год. Зарубежные компании Komatsu и Caterpillar начали разработку технологий автоматизации транспортировки в карьерах в 1990-х гг., и автономные карьерные самосвалы показывают на 20 % большую эффективность эксплуатации по сравнению с традиционными машинами [1]. При этом современные системы диспетчеризации горно-транспортного комплекса обеспечивают непрерывный мониторинг местоположения карьерных самосвалов через спутниковые системы навигации GPS и ГЛОНАСС. Внедрение систем диспетчеризации позволяет повысить эффективность работы карьерного транспорта на 10–20 % за счет сокращения простоев и оптимизации маршрутов.

Одной из современных инновационных тенденций является интеграция электросамосвалов с системами автономного управления. Компания Komatsu разработала FrontRunner Autonomous Haulage System (AHS), которая используется более чем на 750 автономных грузовиков на карьерах по всему миру. Эта система использует высокоточную спутниковую навигацию (GPS) для управления маршрутами грузовиков без участия оператора. Согласно данным Komatsu и компании Modular Mining, более чем за 10 лет работы автоматизированная система транспортировки Komatsu перевезла более двух миллиардов тонн материала по всему миру [1]. По данным Caterpillar, беспилотная техника показывает на 20 % большую эффективность эксплуатации по сравнению с традиционными машинами, а производительность составляет 99,95 % благодаря тому, что машины не простаивают и работают в среднем на 2,5 ч больше, чем машины с оператором [1].

Переход на электросамосвалы в ближайшем будущем является неизбежным процессом, темпы которого определяются экономическими и экологическими факторами. На данный момент в долгосрочной перспективе рассматриваются две основные технологии: водородные топливные элементы и технология BEV (Battery Electric Vehicle) на литий-ионных батареях. Однако BEV-технология считается наилучшим вариантом в обозримом будущем. Цены на литий-ионные батареи за последнее десятилетие имеют тенденцию к снижению, что делает электрический транспорт все более доступным [4, 5].

Таким образом, развитие инфраструктуры зарядных станций и систем управления энергопотреблением является критически важным условием для масштабного внедрения электросамосвалов. Интеграция с возобновляемыми источниками энергии позволит создать полностью автономные

и экологичные энергетические системы для карьеров, что значительно снизит себестоимость транспортирования горной массы и повысит эффективность функционирования горнодобывающих предприятий.

#### *Список источников*

1. Автономные самосвалы готовятся к карьерному росту // CDO2DAY : [сайт]. URL: <https://cdo2day.ru/sekrety-firm/avtonomnye-samosvaly-gotovyatsja-k-karernomu-rostu/> (дата обращения: 13.02.2026).
2. БелАЗ выпустит электрический карьерный самосвал // DROM.ru : [сайт]. URL: <https://news.drom.ru/78480.html> (дата обращения: 13.02.2026).
3. Энергоемкость транспортных систем карьеров // Geokniga : [сайт]. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-energoemkosttransportnyh-sistem-karerov.doc> (дата обращения: 13.02.2026).
4. Роль литий-ионных аккумуляторов в развитии горнодобывающей промышленности // Atlas Copco : [сайт]. URL: <https://www.atlascopco.com/ru-uz/construction-equipment/resources/blog/lithium-ion-batteries-in-mining-industry> (дата обращения: 13.02.2026).
5. Robotic Geotechnologies as Way of Improving Efficiency and Ecologization of Mineral Resource Management / M. V. Ryl'nikova, D. Y. Vladimirov, I. A. Pytalev, T. M. Popova // Journal of Mining Science. 2017. Vol. 53, No. 1. P. 84–91. DOI 10.1134/S1062739117011884