

Современный автотранспорт горнопромышленного комплекса: проблемы и решения

И.В. Макарова✉, М.М. Ганиев, А.С. Баринов, Л.М. Габсалихова, Г.Р. Мавляутдинова
Казанской федеральный университет, г. Набережные Челны, Российская Федерация
✉ kamivm@mail.ru

Резюме: В работе описаны проблемы, связанные с автомобильным транспортном горнопромышленного комплекса, в том числе топливной экономичности и экологичности. Приведенные в работе возможности сравнения эффективности автопарка, состоящего из различных моделей автомобильного транспорта для конкретных природно-климатических и географических условий, с учетом особенностей карьеров, а также выбора наиболее адекватного из допустимых вариантов, могут быть реализованы путем применения современных информационных технологий и интеллектуальных систем. Авторами предложен метод, повышающий эффективность решения проблемы оптимального выбора как видовой структуры автопарка горнопромышленного комплекса, так и его численности путем создания интеллектуальной системы. Реализация разработанных алгоритмов на основе апробированных методик и открытых информационных ресурсов позволит выбрать наиболее эффективный состав карьерного автотранспорта. Это повысит безопасность работы как всего горнопромышленного комплекса, так и его персонала, что особенно актуально в рамках реализации стратегических проектов в Арктической зоне России

Ключевые слова: горнопромышленный комплекс, карьерные самосвалы, альтернативное топливо, троллейбусы, интеллектуальная система

Для цитирования: Макарова И.В., Ганиев М.М., Баринов А.С., Габсалихова Л.М., Мавляутдинова Г.Р. Современный автотранспорт горнопромышленного комплекса: проблемы и решения. *Горная промышленность*. 2025;(1S):28–33. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1S-28-33>

Modern motor transport of the mining complex: challenges and solutions

I.V. Makarova✉, M.M. Ganiev, A.S. Barinov, L.M. Gabsalikhova, G.R. Mavlyautdinova
Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation
✉ kamivm@mail.ru

Abstract: The paper describes the challenges associated with motor transport in the mining industry, including the fuel efficiency and environmental friendliness. The possibilities of comparing the efficiency of a fleet consisting of different models of motor transport for specific natural, climatic and geographical conditions with account of specific features of open pits, described in this paper, as well as the choice of the most adequate of the admissible options, can be realised through the use of modern information technologies and intelligent systems. The authors propose a method that increases the efficiency of addressing the challenge to optimally select both the type of vehicle fleet structure in the mining industry and the number of vehicles in this fleet by creating an intelligent system. Implementation of the developed algorithms using the tested methods and open information resources will allow to choose the most efficient structure of the open-pit motor transport. This will improve the safety of both the mining industry complex and its personnel, which is especially important for implementation of the strategic projects in the Arctic Zone of the Russian Federation.

Keywords: mining complex, open-pit dump trucks, alternative fuel, trolley trucks, intelligent system

For citation: Makarova I.V., Ganiev M.M., Barinov A.S., Gabsalikhova L.M., Mavlyautdinova G.R. Modern motor transport of the mining complex: challenges and solutions. *Russian Mining Industry*. 2025;(1S):28–33. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2025-1S-28-33>

Введение

Горнопромышленный комплекс (ГПК) представляет собой сложную организационно-техническую систему, каждая из подсистем которой связана с реализацией своих целей и задач. Функционирование подсистем добычи, обогащения, переработки полезных ископаемых невозможно представить без участия транспортно-логистической подсистемы, которая является связующим звеном, участвуя в организации процессов как перевозки минерального сырья, так и доставки персонала до мест их трудовой деятельности. Поскольку в состав ГПК входят предприятия горно-химической, чёрной и цветной металлургии, промышленности строительных материалов, то каждое из этих направлений имеет свою специфику, что отражается на деятельности транспортного комплекса, который должен обеспечить устойчивость и безопасность процессов. При этом общими остаются проблемы обеспечения надежной эксплуатации автомобильной техники и обеспечения эффективности транспортных процессов. Проблемы автотехники ГПК связаны как со сложными условиями функционирования, так и необходимостью разработки новых месторождений, расположенных в малонаселенных местах с неразвитой инфраструктурой и сложными природно-климатическими условиями. Важность решения вопросов повышения энергоэффективности и экологичности понимают как разработчики, проектирующие новые модели техники для открытых разработок, так и владельцы карьерных самосвалов. Если подходить с позиций реализации принципов ESG (экология–социальная сфера–управление) к работе транспорта ГПК, то применение искусственного интеллекта и цифровизация процессов и являются одним из самых эффективных подходов к созданию комплексных решений. Формировать эффективный автопарк и управлять им помогают интеллектуальные системы, позволяющие найти баланс между экономичностью и экологичностью парка автотехники ГПК. В статье описана концепция такой системы.

Методы и материалы

Поиск эффективных решений, в том числе при управлении автотехникой ГПК, связан с многофакторным анализом, в основе которого – обработка больших данных с последующим выбором оптимального варианта из числа возможных. Развитие алгоритмов и методов интеллектуального анализа, а также техники и технологий позволяет автоматизировать эти процессы, обобщив имеющиеся расчетные модели в одну интеллектуальную систему, исключив вероятность случайных ошибок и снизив риски техногенных катастроф.

Для решения задач оптимизации грузоперевозок исходили из того, что необходимо определить рациональный с точки зрения энергоэффективности, экологичности и экономичности состав парка карьерных самосвалов при организации работ. Для решения проблем ГПК на уровне выбора решений и оптимизации управления наиболее рационально использовать системы поддержки принятия решений, модульная структура которых позволяет расширять функционал по мере возникновения новых проблем, разрабатывая новые модули, реализующие известные расчетные модели и алгоритмы. Новизна предлагаемого подхода заключается в разработке и внедрении такой системы, которая обобщает имеющиеся расчетные модели с алгоритмами интеллектуального многофакторного анализа данных и методами поиска оптимальных решений для каждой конкретной ситуации.

Обязательные модули, которые позволяют реализовать данную концепцию, должны обеспечивать получение адекватных данных, их актуализацию и хранение с возможностью быстрого доступа, а также интеллектуальное ядро системы, включающее набор расчетных алгоритмов и методов для обработки данных и выбора наиболее рационального решения. Модуль сбора данных может обеспечивать доступ к разнородной информации, которая, в свою очередь, может быть как условно-постоянной (например, нормативная документация, методики расчета), которая обновляется по мере появления новых документов или обновления существующих, так и оперативной, которая может включать данные мониторинга, показаний датчиков и т.п. Модуль администрирования и хранения данных предназначен для их актуализации с целью обеспечения адекватности расчетов. Интеллектуальный модуль может содержать несколько подмодулей в зависимости от задач, которые должна решать система. Это могут быть задачи как оперативного управления, так и прогнозы и поиски оптимальных решений.

Состояние проблемы: исследования в области автотранспорта ГПК

Для повышения экономичности и экологичности открытых горных работ применяются различные стратегии: совершенствование техники и технологий открытых горных работ, а также более экологичные виды транспорта: газомоторный, водородный, электрический.

Работы в области повышения экологичности

С ростом глубины открытых выработок значительно возрастает роль карьерного автотранспорта. Однако выхлопные газы в своем составе содержат токсичные вещества, что наряду с ухудшением условий проветривания рабочего пространства глубоких карьеров приводит к превышению предельно допустимых концентраций вредных веществ. Кроме того, дизельные двигатели характеризуются повышенной дымностью, что зачастую вызывает необходимость остановки карьера, поскольку ухудшение видимости на трассе в карьере может иметь серьезные последствия для безопасности людей [1]. Несмотря на достоинства карьерного автотранспорта, его применение сдерживается возрастающими объемами расхода дизельного топлива и шин, а также повышенными требованиями к надежности.

К выбросам углекислого газа, пыли и углеводородов приводит использование взрывчатых веществ для извлечения полезных ископаемых. Очистка воздуха от пыли улучшает условия труда рабочих, помогает снизить количество абразивных частиц, попадающих в двигатели самосвалов и увеличивает их срок службы. Источниками вредных выбросов, в том числе черного углерода, являются и сами карьерные самосвалы. При решении задач по улучшению экологической ситуации в карьерах важно учитывать множество факторов, влияющих на объем выбросов автосамосвалов, основным показателем, влияющим на который является удельный расход топлива, зависящий от типа двигателя, состояния техники и условий эксплуатации. В исследовании [2] рассмотрено использование газотурбинного двигателя для карьерных 120–130-тонных самосвалов. В статье [3] анализируется работа самосвала БелАЗ на газодизельном топливе. Использование сжиженного природного газа в качестве моторного топлива снижает не только экологическую на-

грузку на окружающую среду, но и затраты на топливо.

Дистанционно-управляемые автомобили позволят снизить риск возникновения опасности для жизни и здоровья водителей при работе в карьерах. В исследовании [4] обосновывается необходимость создания автономной системы управления самосвалами, что позволяет снизить влияние человеческого фактора.

Многообещающее направление для улучшения экологической ситуации и повышения экономической эффективности в горнодобывающей промышленности представляет перевод карьерных самосвалов на электроэнергию. При использовании электроприводов самосвалы быстрее набирают скорость на подъемах, что сокращает общее время рабочего цикла, позволяя выполнять больше рейсов за единицу времени. БЕЛАЗ представил различные варианты карьерных самосвалов с электроприводом. При использовании самосвала в режиме троллейвоза [5] двигатель работает на холостом ходу, существенно снижая расход топлива, шум и объем выбросов. По мнению авторов [6], частично решить экологические проблемы без потери автономности автотранспорта позволит применение гибридных систем электродвижения с использованием накопителей электрической энергии.

Использование троллейвозов на предприятиях ГПК может быть выгодным особенно в регионах с большой разницей между ценами на дизельное топливо и стоимостью электроэнергии. Троллейвозы лучше использовать на долгосрочных разработках, где их преимущества могут быть реализованы наиболее эффективно, поскольку контактная сеть требует значительных первоначальных инвестиций. Использование троллейвозов в особенности эффективно при значительной удаленности горнодобывающего предприятия от мест добычи нефти и нефтеперерабатывающих заводов, особенно в Якутии и районах Крайнего Севера [7]. БЕЛАЗ представил опытный образец новейшего электросамосвала БЕЛАЗ-7558Е, для изготовления которого используется карьерный самосвал БЕЛАЗ-75306. Авторы [8] проанализировали существующие системы электро-механической трансмиссии карьерных автосамосвалов «БелАЗ» путем моделирования работы существующей и модернизированной систем электро-механической трансмиссии с использованием наиболее перспективного варианта модернизации.

Концепция логистического управления экологической безопасностью автотранспорта, по мнению авторов исследования [9], должна рассматриваться на мегауровне формирования регионального автопарка, макроуровне местного управления пассажирских маршрутов и движения, а также на микроуровне конкретного транспортного средства (водитель – автомобиль).

Повышение экономичности автотранспорта ГПК

Решение вопросов эксплуатационной надежности карьерных самосвалов в арктической зоне требует комплексного подхода, включающего изучение климатических условий. Арктические условия характеризуются экстремально низкими температурами, которые могут достигать $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже. В условиях низких температур трение между подвижными частями увеличивается, что, в свою очередь, приводит к повышенному износу деталей. Кроме того, возникают трудности при запуске двигателя, что связано с загустением масел и топлива, а также с изменением свойств аккумуляторов. Использование самосвалов в составе карьерных автопоездов может быть одним

из вариантов повышения эффективности и экологичности автомобильного транспорта в карьерах [10].

Методики оценки эффективности автотранспорта ГПК обсуждались в работах разных авторов. Предлагается дифференциально-аналитический метод, позволяющий более точно оценить расход топлива и затраты, а также графоаналитический метод для визуализации данных и принятия обоснованных решений по оптимизации маршрутов и процессов. В работе [11] выделено 5 групп факторов: конструктивные, горнотехнические, технологические, эксплуатационные и климатические, учет которых позволяет более точно оценить топливную экономичность карьерных автосамосвалов и разработать стратегии для ее повышения. В работе [12] показано, что фактические показатели расхода топлива автосамосвалов могут отличаться от расчетных значений, полученных по методике АМ-13-р от 14.03.2008, причем более существенно для глубоких карьеров. Поэтому авторы предложили новую методику нормирования расхода дизельного топлива. Уточненная методика нормирования топлива приведена в работе [13]. Авторы [14] предлагают оценивать влияние всех внешних и внутренних факторов при расчете рационального режима работы карьерного самосвала, поскольку расчет эффективной мощности с учетом средней индикаторной работы двигателя за рабочий ход поршня приводит к погрешности. Выбор рациональной скорости движения самосвала в порожнем и груженом состояниях путем учета погрешности приведет к снижению удельного расхода топлива. Оптимального значения энергетических характеристик автосамосвалов, по мнению авторов [15], можно достичь за счет относительного равенства эффективной мощности двигателя автосамосвала и мощности, затрачиваемой на транспортирование горной массы. В качестве критериев энергетической эффективности принимаются удельные значения этих величин.

Применение математических моделей и интеллектуальных методов в управлении автотранспортом ГПК

Для обеспечения эффективного и экологичного функционирования открытых разработок создаются многочисленные интеллектуальные решения, которые обеспечивают рациональную эксплуатацию карьерных самосвалов и самосвально-экскаваторных комплексов. Так, в статье [16] рассмотрены вопросы создания интеллектуальной системы управления автомобилями, перевозящих горную массу на открытых горных работах, для совершенствования диспетчеризации, снижения расходов топлива и улучшения экологических показателей. Для этого сформирована база знаний экспертной системы, рассмотрена математическая модель перевозочного процесса и выполнено планирование многофакторных измерений. Описание современных систем диспетчеризации горнотранспортных комплексов на открытых горных работах и оценка их эффективности приведены в статье [17]. Для автоматического контроля загрузки карьерных автосамосвалов авторы [18] предлагают способ на базе встроенных бортовых систем, которые дают повышенную точность 2,5–3% от паспортной грузоподъемности.

Для применения интеллектуальных систем важное значение имеет качество информации о состоянии оборудования в процессе эксплуатации: достаточность и степень достоверности, структура и адресат получения. Преодоление трудностей, связанных с неполнотой и расплывчатостью данных при оценке состояния оборудования карьерных экскаваторов, авторы исследования [19] предлагают



Рис. 1
 Предлагаемая интеллектуальная система

Fig. 1
 The proposed intelligent system

путем применения нечеткой логики и нечетких множеств, в частности, моделирования в среде fuzzyTECH. Методика, предлагаемая авторами [20], использует методы оценки надежности работы экскаваторно-автомобильных комплексов, реализованные в компьютерной программе, позволяя реализовать оперативное управление карьерным автотранспортом с помощью мобильного приложения.

Повышение эффективности автотранспорта ГПК с помощью интеллектуальных систем

Поскольку существуют различные методики расчета энергоэффективности автотранспорта ГПК, которые учитывают различные влияющие факторы, то интеллектуальная система, в которую эти методики заложены, позволяет не только сформировать рациональный состав автопарка ГПК, но и оценить его эффективность как с точки зрения затрат, так и с точки зрения экологической безопасности. Нами разработаны алгоритм и концепция такой системы (рис. 1). Преимущество заключается в том, что модульная архитектура системы позволяет дорабатывать и расширять ее возможности по мере возникновения новых проблем. При этом такая система дает возможность сформировать оптимальный автопарк еще на стадии проектирования карьера, используя новые методики, которые могут также по мере появления дополнять состав расчетных моделей, хранящихся в системе. Это позволит как избежать нерациональных решений, так и предотвратить риск техногенных катастроф, а также улучшить условия труда в ГПК.

Несмотря на то что существует множество разработок в области управления процессами ГПК, в том числе и работой транспорта, на наш взгляд, более важной задачей являются прогнозирование и планирование оптимального

парка АТС еще на этапе разработки проекта карьера. Интеллектуальная система позволит не только сформировать оптимальную структуру автомобильного парка ГПК, но и оценить его энергоэффективность и экологичность. Разработанный алгоритм и концепция такой системы позволят найти оптимальные решения еще на этапе проектирования карьера.

Заключение

Интеллектуализация автотранспорта, в том числе и ГПК, стимулирует создание и применение интеллектуальных решений в области управления его функционированием. Это относится к процессам как оптимизации парка автосамосвалов, так и их рационального использования. Такие решения, как правило, способствуют не только повышению энергоэффективности, но и экологичности автопарка ГПК, что способствует в том числе и созданию безопасной рабочей среды. Приведенные в работе возможности сравнения эффективности автопарка, состоящего из различных моделей автомобильного транспорта для конкретных природно-климатических и географических условий, с учетом особенностей карьеров, а также выбора наиболее адекватного из допустимых вариантов, могут быть реализованы путем применения современных информационных технологий и интеллектуальных систем. Реализация разработанных алгоритмов на основе апробированных методик и открытых информационных ресурсов позволит выбрать наиболее эффективный состав карьерного автотранспорта. Это повысит безопасность работы как всего ГПК, так и его персонала, что особенно актуально в рамках реализации стратегических проектов в Арктической зоне России.

Список литературы / References

1. Сержан С.Л., Малеванный Д.В. Современное состояние и перспективы развития технологий подъема для комплексов добычи глубоководных твердых полезных ископаемых. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2024;(12-1):107–128. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_121_0_107
 Serzhan S.L., Malevannyj D.V. Lifting technologies for deep-sea solid mineral extraction facilities: current situation and prospects. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2024;(12-1):107–128. (In Russ.) https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_121_0_107
2. Пашкевич Н.В., Хлопонина В.С., Поздняков Н.А., Аверичева А.А. Анализ проблем воспроизводства минерально-сырьевой базы дефицитных стратегических полезных ископаемых. *Записки Горного института*. 2024;270:1004–1023. Режим доступа: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16430> (дата обращения: 15.11.2024).
 Pashkevich N.V., Khloponina V.S., Pozdnyakov N.A., Avericheva A.A. Analysing the problems of reproducing the mineral resource base of scarce strategic minerals. *Journal of Mining Institute*. 2024;270:1004–1023. Available at: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16430> (accessed: 15.11.2024).
3. Azikhanov S., Bogomolov A., Dubov G., Nokhrin S. Development of the instrumentation system for gas-and-diesel fuelled BelAZ dump truck. *MATEC Web of Conferences*. 2019;297:03001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201929703001>
4. Жуковский Ю.Л., Сусликов П.К. Оценка потенциального эффекта применения технологии управления спросом на горных предприятиях. *Устойчивое развитие горных территорий*. 2024;16(3):895–908. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-3-895-908>
 Zhukovsky Yu.L., Suslikov P.K. Assessment of the potential effect of applying demand management technology at mining enterprises. *Sustainable Development of Mountain Territories*. 2024;16(3):895–908. <https://doi.org/10.21177/1998-4502-2024-16-3-895-908>
5. Belikova D.D., Safiullin R.N. The design and evaluation of a telematic automated system of weight control for heavy vehicles. *Infrastructures*. 2022;7(7):86. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7070086>
6. Петраков Д.Г., Пеньков Г.М., Золотухин А.Б. Экспериментальное исследование влияния горного давления на проницаемость песчаника. *Записки Горного института*. 2022;254:244–251. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.24>
 Petrakov D.G., Penkov G.M., Zolotukhin A.B. Experimental study on the effect of rock pressure on sandstone permeability. *Journal of Mining Institute*. 2022;254:244–251. <https://doi.org/10.31897/PMI.2022.24>
7. Хазин М.Л., Штыков С.О. Карьерный электрифицированный транспорт. *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2018;16(1):11–18. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-1-11-18>
 Khazin M.L., Shtykov S.O. Electric mining trucks. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. 2018;16(1):11–18. (In Russ.) <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-1-11-18>
8. Литвиненко В.С., Двойников М.В. Методика определения параметров режима бурения наклонно прямолинейных участков скважины винтовыми забойными двигателями. *Записки Горного института*. 2020;241:105–112. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.1.105>
 Litvinenko V.S., Dvoynikov M.V. Methodology for determining the parameters of drilling mode for directional straight sections of well using screw downhole motors. *Journal of Mining Institute*. 2020;241:105–112. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.1.105>
9. Safiullin R.N., Reznichenko V.V., Safiullin R.R. The software adaptive system for managing the heavy cargo transportation process based on the automated vehicle weight and size control system. *Journal of Physics: Conference Series*. 2021;1753:012063. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1753/1/012063>
10. Тарасов П.И., Зырянов И.В., Кондратьев А.П., Хазин М.Л. Автопоезда – новая техника для эффективного освоения кимберлитовых месторождений Республики Саха (Якутия). *Горная промышленность*. 2016;(5):45–48.
 Tarasov P.I., Zyryanov I.V., Kondratyuk A.P., Khazin M.L. Автопоезда – новая техника для эффективного освоения кимберлитовых месторождений Республики Саха (Якутия). *Russian Mining Industry*. 2016;(5):45–48. (In Russ.)
11. Литвинова Т.Е., Герасев С.А. Поведение фосфата церия (III) в карбонатно-щелочной среде. *Записки Горного института*. 2024:1–8. Режим доступа: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16416> (дата обращения: 18.11.2024).
 Litvinova T.E., Gerasev S.A. Behaviour of cerium (III) phosphate in a carbonate-alkaline medium. *Journal of Mining Institute*. 2024:1–8. Available at: <https://pmi.spmi.ru/pmi/article/view/16416> (accessed: 18.11.2024).
12. Tian H., Safiullin R.N., Safiullin R.R. Integral evaluation of implementation efficiency of automated hardware complex for vehicle traffic control. *International Journal of Engineering*. 2024;37(8):1534–1546. <https://doi.org/10.5829/IJE.2024.37.08B.07>
13. Сафиуллин Р.Н., Сафиуллин Р.Р., Сорокин К.В. Метод оценки и прогнозирования технического состояния ресурсных элементов карьерных самосвалов на основе контрольных карт Шухарта. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2024;(7):111–124. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_7_0_111
 Safiullin R.N., Safiullin R.R., Sorokin K.V. Assessment and prediction of technical condition of dump truck life components using the Shewhart control charts. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2024;(7):111–124. https://doi.org/10.25018/0236_1493_2024_7_0_111
14. Safiullin R., Tian H. Method of effective implementation of intelligent hardware complexes in the management of passenger transportation processes within urban agglomerations. *The Open Transportation Journal*. 2024;18(1):e26671212272101. <https://doi.org/10.2174/0126671212272101231128060918>
15. Safiullin R., Epishkin A., Safiullin R., Naotian T. Method of forming an integrated automated control system for intelligent objects. In: *Ceur workshop proceedings: Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference “Information Technologies and Intelligent Decision Making Systems” (ITIDMS-II-2021)*. Aachen, Germany; 2021, pp. 17–26.

16. Иванов С.Л., Сафрончук К.А., Олт Ю. Обоснование и выбор конструктивных параметров зубчато-эксцентрикового механизма поршневого смазочно-заправочного агрегата для технического обслуживания горных машин. *Записки Горного института*. 2021;248:290–299. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.2.13>
Ivanov S.L., Safronchuk K.A., Olt Y. Justification and selection of design parameters of the eccentric gear mechanism of the piston lubrication and filling unit for the mining machines maintenance. *Journal of Mining Institute*. 2021;248:290–299. <https://doi.org/10.31897/PMI.2021.2.13>
17. Safiullin R.N., Reznichenko V.V., Gorlatov D.V. Modeling and optimization of processes of transportation of heavy cargoes based on the automation of monitoring systems for the motor vehicles movement. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;378:012069. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/378/1/012069>
18. Клебанов А.Ф., Бондаренко А.В., Жуковский Ю.Л., Клебанов Д.А. Организация удаленных центров управления горным предприятием: стратегические предпосылки и этапы реализации. *Горная промышленность*. 2024;(4):174–183. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-174-183>
Klebanov A.F., Bondarenko A.V., Zhukovsky Yu.L., Klebanov D.A. Establishing remote control centers of a mining operation: strategic prerequisites and implementation stages. *Russian Mining Industry*. 2024;(4):174–183. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2024-4-174-183>
19. Великанов В.С. Прогнозирование нагруженности рабочего оборудования карьерного экскаватора по нечетко-логистической модели. *Записки Горного института*. 2020;241:29–36. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.1.29>
Velikanov V.S. Mining excavator working equipment load forecasting according to a fuzzy-logistic model. *Journal of Mining Institute*. 2020;241:29–36. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.1.29>
20. Курганов В.М., Грязнов М.В., Колобанов С.В. Оценка надежности функционирования экскаваторно-автомобильных комплексов в карьере. *Записки Горного института*. 2020;241:10–21. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.1.10>
Kurganov V.M., Gryaznov M.V., Kolobanov S.V. Assessment of operational reliability of quarry excavator-dump truck complexes. *Journal of Mining Institute*. 2020;241:10–21. <https://doi.org/10.31897/pmi.2020.1.10>

Информация об авторах

Макарова Ирина Викторовна – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сервиса транспортных систем, Набережночелнинский (институт) филиал Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-6184-9900>; e-mail: kamivm@mail.ru

Ганиев Махмут Масхутович – доктор технических наук, профессор, советник директора, Набережночелнинский (институт) филиал Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Российская Федерация; e-mail: ganiew2@rambler.ru

Баринов Александр Сергеевич – магистрант, Набережночелнинский (институт) филиал Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Российская Федерация; e-mail: asbarinov2012@mail.ru

Габсалихова Лариса Мухаматзакиевна – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры сервиса транспортных систем, Набережночелнинский (институт) филиал Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0003-3325-3285>, e-mail: muhametdinoval@mail.ru

Мавляутдинова Гульназ Рашидовна – старший преподаватель кафедры сервиса транспортных систем, Набережночелнинский (институт) филиал Казанского федерального университета, г. Набережные Челны, Российская Федерация; <https://orcid.org/0000-0002-3631-0073>, e-mail: sadygova_1988@mail.ru

Information about the authors

Irina V. Makarova – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Head of the Department of Transport Systems Service, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-6184-9900>; e-mail: kamivm@mail.ru

Makhmut M. Ganiev – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Advisor to the director, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation; e-mail: ganiew2@rambler.ru

Aleksandr S. Barinov – Master student, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation; e-mail: asbarinov2012@mail.ru

Larisa M. Gabsalikhova – Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Transport Systems Service, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0003-3325-3285>, e-mail: muhametdinoval@mail.ru

Gulnaz R. Mavlyautdinova – Senior lecturer, Department of Transport Systems Service, Naberezhnye Chelny Institute, Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny, Russian Federation; <https://orcid.org/0000-0002-3631-0073>, e-mail: sadygova_1988@mail.ru

Article info

Received: 16.12.2024

Revised: 24.01.2025

Accepted: 29.01.2025

Информация о статье

Поступила в редакцию: 16.12.2024

Поступила после рецензирования: 24.01.2025

Принята к публикации: 29.01.2025