

Проблемы повышения эффективности эксплуатации пневматических шин на самоходных машинах для подземных горных работ

В.А. Ракитин¹, Ю.В. Малахов^{2,3}✉, Д.А. Пашков³

¹ ООО «ЕРТ-ГРУПП», г. Екатеринбург, Российская Федерация

² Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

³ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация
✉ yv.malakhov@mail.ru

Резюме: В статье представлены проблемы повышения эффективности эксплуатации пневматических шин на самоходных машинах для подземных горных работ. Отмечено отсутствие производителей крупногабаритных шин в России. Представлено краткое описание шахтных машин и требования к их шинам. Установлено, что шины должны разрабатываться под определенные условия эксплуатации и с учетом техники, на которой они будут эксплуатироваться. Приведены примеры проблем при эксплуатации пневматических шин на шахтных машинах. Уход именитых брендов с отечественного рынка, которые создавали внутри себя регламенты по выбору шин, для сохранения своего имиджа и повышения качества продукции, выявил проблему недостаточности нормативной базы для рационального подбора шин для шахтных машин. В связи с этим сегодня становится актуальным вопрос по созданию отечественного стандартизированного подхода по выбору шин для шахтных машин в зависимости от условий эксплуатации и типа шахтной машины, принятого в виде национального стандарта. В заключение отмечено, что отсутствие стандартизированного подхода к выбору пневматических шин шахтной машины ведет к экономическим потерям горнодобывающих предприятий.

Ключевые слова: пневматические шины, самоходные машины, шахтные машины, эффективность, типы шахтных машин, требования к шинам, национальный стандарт, экономические потери

Для цитирования: Ракитин В.А., Малахов Ю.В., Пашков Д.А. Проблемы повышения эффективности эксплуатации пневматических шин на самоходных машинах для подземных горных работ. *Горная промышленность*. 2023;(5):62–65. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5-62-65>

Challenges of increasing the efficiency of pneumatic tire operation on mobile underground mining equipment

V.A. Rakitin¹, Yu.V. Malakhov^{2,3}✉, D.A. Pashkov³

¹ ERT-GROUP LLC, Ekaterinburg, Russian Federation

² Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

✉ yv.malakhov@mail.ru

Abstract: The article presents the challenge of improving the efficiency of pneumatic tires for self-propelled underground mining machines. The absence of manufacturers of large-size tires in Russia is noted. A brief description of mining machines and requirements to their tires are presented. It is established that tires need to be designed for specific operating conditions and with due account of the equipment they will be used with. Examples of challenges in operation of pneumatic tires on mining machines are given. Withdrawal of famous brands from the Russian market, that internally developed regulations on tire selection in order to protect their brands and improve the product quality, revealed the problem of insufficient regulatory framework for rational selection of tires for mining machines. In this connection, the urgency is growing to create a domestic standardized approach to the selection of tires for mining machines depending on the operating conditions and the type of the mining machine, that should become a national standard. In conclusion, it is noted that the lack of a standardized approach to the selection of pneumatic tires for mine machines leads to economic losses of mining enterprises.

Keywords: pneumatic tires, self-propelled machines, mining machines, efficiency, types of mining machines, tire requirements, national standard, economic losses

For citation: Rakitin V.A., Malakhov Yu.V., Pashkov D.A. Challenges of increasing the efficiency of pneumatic tire operation on mobile underground mining equipment. *Russian Mining Industry*. 2023;(5):62–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-5-62-65>

Введение

В настоящее время сложившаяся геополитическая обстановка повлияла на развитие всех сфер экономической деятельности в Российской Федерации. Одной из наиболее пострадавших от санкций отраслей промышленности является горнодобывающая [1]. Уход из страны ряда иностранных компаний по производству горных машин, оборудования и комплектующих к ним, по мнению ряда экспертов [2; 3], повлиял на объемы добычи полезных ископаемых в 2022 г.

Острая проблема сформировалась на рынке крупногабаритных шин (КГШ), в России данный тип шин не производится, а именитые и проверенные импортные бренды, такие как Michelin и Bridgestone, покинули отечественный рынок. Частично горные предприятия закрывают спрос КГШ из дружественных стран, однако их шины имеют меньшую ходимость. Шины производства ОАО «Белшина» не отжакивают своего заявленного ресурса, а китайские компании в последнее время повышают ходимость КГШ, однако достичь уровня таких производителей, как Bridgestone или Michelin, на данный момент не могут [4]. Отмечено [5–7], что на открытых горных работах ресурс КГШ именитых импортных брендов превышает 10 000 моточасов, но в подземных условиях их ресурс значительно меньше 3000–4500 моточасов. Связано это с более суровыми условиями эксплуатации.

При подземной добыче полезных ископаемых большинство дорог находится в неудовлетворительном состоянии (рис. 1). Размывание дорог грунтовыми водами, наличие острых камней, просадки и деформации, колеобразование и т.д. ухудшают качество подземных дорог [8], что, в свою очередь, приводит к негативному влиянию на самоходные машины для подземных горных работ (шахтные машины) посредством воздействия на их КГШ.

В условиях подземной добычи полезных ископаемых пневматические шины испытывают различные нагрузки, в зависимости от шахтной машины, на которой они устанавливаются.

Шахтные машины на пневмоколесном ходу и требования к их шинам

При добыче полезных ископаемых подземным способом применяют различные типы шахтных машин на пневмоколесном ходу (рис. 2) [9–11]:

- буровые установки;
- погрузочно-доставочные машины (ПДМ);
- подземные самосвалы;
- самоходные вагоны;
- вспомогательное оборудование (машины для доставки персонала и т.п.).

Для буровой установки основными требованиями к пневматическим шинам являются сопротивление пробоям при перегоне установки от одного забоя к другому и их износостойкость.

ПДМ работает все время вблизи забоя. Дорожное покрытие в забое является наихудшим в подземном руднике из-за наличия острых камней и мелких, являющихся абразивом. При погрузке и доставке горной массы до места разгрузки передняя ось ПДМ испытывает повышенные нагрузки. На рис. 3 представлены последствия эксплуатации шин на ПДМ. В связи с условиями эксплуатации ПДМ к их шинам предъявляются такие требования, как:

- повышенная износостойкость;
- наличие гладкого протектора;
- повышенное сопротивление пробоям при работе ПДМ.

Подземные самосвалы предназначены для транспортировки горной массы от забоя до места разгрузки. Даль-



Рис. 1
Дороги в подземных рудниках

Fig. 1
Roads in underground mines



Рис. 3
Повреждения шин на ПДМ



Fig. 3.
amaged LHD tire

Шахтные машины на пневмоколесном ходу



Рис. 2
Шахтные машины на пневмоколесном ходу

Fig. 2
Rubber-tired mining machines

ность транспортирования до 3 км. Транспортировка горной массы осуществляется в условиях плохой освещенности, запыленности по узким выработкам [12]. Таким образом, шины подземных самосвалов должны быть с протектором для улучшения охлаждения, с повышенным сопротивлением пробоям.

Самоходные вагоны предназначены также для транспортирования горной массы от забоя до места разгрузки, однако на расстояния до 200 м, из-за ограничения кабеля питания вагона [13]. Шины, применяемые в самоходных вагонах, должны иметь высокое сопротивление пробоям.

Вспомогательное оборудование служит для выполнения вспомогательных операций при добыче полезных ископаемых подземным способом. Данный тип машин может передвигаться от забоя к забою, от забоя на поверхность и т.д. со скоростью до 40 км/ч [14], следовательно, шины должны иметь сопротивление пробоям при передвижении по подземным дорогам, износостойкость.

Проблемы при эксплуатации пневматических шин на шахтных машинах

Шахтные машины при эксплуатации испытывают различные нагрузки при работе в сложных (суровых) условиях, в связи с чем к ним предъявляются повышенные требования. Шины не являются исключением. К примеру, условия эксплуатации на карьерах и под землей значительно отличаются. Если на поверхности ходимость КГШ доходит до 1 года, то под землей даже именитых брендов составляет 3–4 мес. Основные проблемы низкого срока эксплуатации шин в подземных условиях – перегрев, повреждения, повышенный износ. Факторы, влияющие на ходимость шин, – скоростной и нагрузочный режим эксплуатации, давление в шинах, интенсивность работы шахтной машины, расстояния передвижения. Неисправность пневматической шины приведет к остановке шахтной машины, что скажется на производственном процессе по добыче и транспортировке горной массы.

К существенным проблемам эксплуатации пневматических шин также следует отнести и правильный их выбор на шахтную машину. Например, шина для подземного и шина для шарнирно-сочлененного самосвала имеют одну и ту же классификацию E4. Однако, если установить шину одного производителя от шарнирно-сочлененного самосвала, которая на 11% дешевле, на подземный, то ходимость ее уменьшится до 50%. Импортные именитые производители (Michelin, Bridgestone) предлагали шины с учетом выбора рисунка протектора и типа смеси исходя из условий их дальнейшей эксплуатации и работа-

ли над повышением ходимости в тех или иных условиях.

В нынешних условиях производитель может заявить о работоспособности своих шин в подземных условиях, однако их ходимость может не превысить и 1000 моточасов, что, в свою очередь, вызовет экономические потери горнодобывающего предприятия.

Таким образом, шины должны разрабатываться под определенные условия эксплуатации и с учетом техники, на которой они будут эксплуатироваться.

Сегодня для горнопромышленников наибольшую озабоченность вызывают КГШ на самоходные машины для подземных горных работ, которые не производятся в России. После ухода именитых брендов с отечественного рынка, которые создавали внутри себя регламенты по выбору шин, для сохранения своего имиджа и повышения качества продукции, остро возникла проблема недостаточности нормативной базы для рационального подбора шин для шахтных машин. Правильно подобранная конструкция и характеристики пневматической шины с учетом условий эксплуатации (прочность пород почвы горных выработок, обводненность, дальность транспортирования, грузоподъемность машины, интенсивность работы и т.д.) позволяют увеличить ходимость шины и повысить эффективность работы шахтной машины.

Для российских горнопромышленников, торгово-сервисных компаний и потенциальных изготовителей КГШ сегодня становится актуальным вопрос по созданию отечественного стандартизированного подхода по выбору шин для шахтных машин, принятого в виде национального стандарта.

Заключение

1. Условия эксплуатации в значительной степени влияют на ходимость шин, особенно это характерно для подземной добычи полезных ископаемых, где большинство дорог находится в неудовлетворительном состоянии.

2. В условиях подземной добычи полезных ископаемых пневматические шины испытывают различные нагрузки, в зависимости от шахтной машины, на которой они устанавливаются.

3. Отсутствие стандартизированного подхода к выбору пневматических шин с учетом условий эксплуатации и типа применяемой шахтной машины ведет к экономическим потерям горнодобывающих предприятий.

4. Выявлена актуальность создания национального стандарта по порядку выбора пневматических шин для самоходных машин для подземных горных выработок в зависимости от условий эксплуатации и типа шахтной машины.

Список литературы

- 1 Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Садовец В.Ю., Пашков Д.А., Осипов Р.С., Измайлов И.Р. Модель взаимодействия геохода и его систем с геосредой. Необходимость переструктурирования. *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия: Технические науки*. 2023;(1):19–28. <https://doi.org/10.46573/2658-5030-2023-1-19-28>
2. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2022 года. *Уголь*. 2023;(3):21–33. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-3-21-33>
3. Хажиев В.А. *Развитие системы эксплуатации оборудования технологического комплекса горнодобывающего предприятия: теория и практика*. Челябинск: Издательский центр «Титул»; 2022. 198 с.
4. Дубинкин Д.М., Пашков Д.А. Импортонезависимость производства беспилотных карьерных самосвалов. *Уголь*. 2023;(4):42–48. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-42-48>
5. Горюнов С.В., Хорешок А.А. Разработка методики оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов. *Горное оборудование и электромеханика*. 2021;(2):3–10. <https://doi.org/10.26730/1816-4528-2021-2-3-10>
6. Топалиди В.А., Юсупов У.Б. Нормирование ресурса шин грузовых автомобилей в карьерных условиях. *Автомобильная промышленность*. 2019;(11):27–29.
7. Humphreys D. Mining productivity and the fourth industrial revolution. *Mineral Economics*. 2020;33:115–125. <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00172-9>

8. Гончаров А.С., Колесников А.В., Короткевич А.В. Строительство насыпных дорог в подземных рудниках с применением объемных георешеток. *Рациональное освоение недр*. 2021;(1):60–65. <https://doi.org/10.26121/RON.2021.24.84.007>
9. Li B., Liu H., Su W. Topology optimization techniques for mobile robot path planning. *Applied Soft Computing*. 2019;78:528–544. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.02.044>
10. Karpov V.N., Timonin V.V., Konurin A.I., Chernienkov E. M. Improvement of drilling efficiency in underground mines in Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;262:012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/262/1/012024>
11. Eremenko V.A., Karpov V.N., Timonin V.V., Shakhtorin I.O., Barnov N.G. Basic trends in development of drilling equipment for ore mining with block caving method. *Journal of Mining Science*. 2015;51(6):1113–1125. <https://doi.org/10.1134/S106273911506037X>
12. Halim A., Löf J., Johansson J., Gustafsson J., van Wageningen A., Kocsis K. Improvement of working conditions and opinions of mine workers when battery electric vehicles (BEVs) are used instead of diesel machines – Results of field trial at the Kittilä Mine, Finland. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022;39(2):203–219. <https://doi.org/10.1007/s42461-021-00506-8>
13. Koptovets O., Haddad J.S., Brovko D. [et al.] Identification of the conditions of a mine locomotive brake system as well as its functional and morphological model with the stressed closed kinematic circuit. *E3S Web of Conferences*. 2020;201:01033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101033>
14. Tokarczyk J., Dudek M. Methods for computer aiding the configuration and assessment of auxiliary mine transportation means. *Management Systems in Production Engineering*. 2020;28(4):268–275. <https://doi.org/10.2478/mspe-2020-0038>

References

1. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A., Osipov R.S., Izmailov I.R. A model of interaction of a geokhod and its systems with the geo-environment. The need for reformatting. *Vestnik of Tver State Technical University. Series "Technical Science"*. 2023;(1):19–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.46573/2658-5030-2023-1-19-28>
2. Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – December, 2022. *Ugol'*. 2023;(3):21–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-3-21-33>
3. Khazhiev V.A. *Development of the equipment operation system of the mining enterprise technological complex: theory and practice*. Chelyabinsk: Titul; 2022. 198 p. (In Russ.)
4. Dubinkin D.M., Pashkov D.A. Import-independent production of unmanned dump trucks. *Ugol'*. 2023;(4):42–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-42-48>
5. Goryunov S.V., Khoreshok A.A. Development of a methodology for assessing the resource of large-sized tires of quarry dump trucks. *Mining Equipment and Electromechanics*. 2021;(2):3–10. (In Russ.) <https://doi.org/10.26730/1816-4528-2021-2-3-10>
6. Topalidi V.A., Yusupov U.B. Resource rationing of tires of typical trucks in quarry conditions. *Avtomobilnaya promyshlennost*. 2019;(11):27–29. (In Russ.)
7. Humphreys D. Mining productivity and the fourth industrial revolution. *Mineral Economics*. 2020;33:115–125. <https://doi.org/10.1007/s13563-019-00172-9>
8. Goncharov A.S., Kolesnikov A.V., Korotkevich A.V. Construction of underground mine haul roads using the spatial geocells. *Ratsionalnoe Osvoenie Nedr*. 2021;(1):60–65. (In Russ.) <https://doi.org/10.26121/RON.2021.24.84.007>
9. Li B., Liu H., Su W. Topology optimization techniques for mobile robot path planning. *Applied Soft Computing*. 2019;78:528–544. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.02.044>
10. Karpov V.N., Timonin V.V., Konurin A.I., Chernienkov E. M. Improvement of drilling efficiency in underground mines in Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;262:012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/262/1/012024>
11. Eremenko V.A., Karpov V.N., Timonin V.V., Shakhtorin I.O., Barnov N.G. Basic trends in development of drilling equipment for ore mining with block caving method. *Journal of Mining Science*. 2015;51(6):1113–1125. <https://doi.org/10.1134/S106273911506037X>
12. Halim A., Löf J., Johansson J., Gustafsson J., van Wageningen A., Kocsis K. Improvement of working conditions and opinions of mine workers when battery electric vehicles (BEVs) are used instead of diesel machines – Results of field trial at the Kittilä Mine, Finland. *Mining, Metallurgy & Exploration*. 2022;39(2):203–219. <https://doi.org/10.1007/s42461-021-00506-8>
13. Koptovets O., Haddad J.S., Brovko D. [et al.] Identification of the conditions of a mine locomotive brake system as well as its functional and morphological model with the stressed closed kinematic circuit. *E3S Web of Conferences*. 2020;201:01033. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020101033>
14. Tokarczyk J., Dudek M. Methods for computer aiding the configuration and assessment of auxiliary mine transportation means. *Management Systems in Production Engineering*. 2020;28(4):268–275. <https://doi.org/10.2478/mspe-2020-0038>

Информация об авторах

Ракитин Василий Алексеевич – генеральный директор, ООО «ЕРТ-ГРУПП», г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: rusgora@mail.ru

Малахов Юрий Валентинович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; кафедра открытых горных работ», Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: yv.malakhov@mail.ru

Пашков Дмитрий Алексеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник научного центра «Цифровые технологии», Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация

Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.09.2023

Поступила после рецензирования: 02.10.2023

Принята к публикации: 05.10.2023

Information about the authors

Vasily A. Rakitin – General Director, ERT-Group LLC, Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: rusgora@mail.ru

Yuri V. Malakhov – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; Department of Open Pit Mining, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: yv.malakhov@mail.ru

Dmitry A. Pashkov – Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher, Research Center “Digital Technologies”, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

Article info

Received: 18.09.2023

Revised: 02.10.2023

Accepted: 05.10.2023