

Научная статья

УДК 621.311

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-29-35

Дадонов Михаил Васильевич, Кульпин Александр Геннадьевич*,
Стенин Дмитрий Владимирович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*E-mail: kag.ea@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЬНОГО И ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ КАРЬЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОРОГИ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ ПО ОСЯМ И КОЛЕСАМ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ



Информация о статье

Поступила:

29 июля 2022 г.

Одобрена после

рецензирования:

01 октября 2022 г.

Принята к печати:

04 октября 2022 г.

Ключевые слова:

карьерный самосвал, крупно-габаритные шины, профиль дороги, нормальные реакции, ресурс шин, распределения масс.

Аннотация.

Издержки на автомобильный транспорт при транспортировании горной массы составляют более 50% от совокупных затрат, из которых 25-30% составляют затраты на шины. Средний ресурс шин по горнодобывающим предприятиям ниже рекомендуемого заводами-изготовителями. Ходимость шин карьерных самосвалов в большей степени находится в зависимости от нормальной нагрузки на колесо. Ключевым моментом конфигурации нормальной нагрузки является месторасположение колеса на самосвале и профиль карьерной автодороги. Определение самых нагруженных шин в различных условиях эксплуатации приведет к увеличению их ресурса и устранению раннего выхода их из строя. Рекомендуемый производителями шин показатель ТКВЧ (эксплуатационная производительность шин) не предусматривает всего многообразия горнотехнических условий и вариантов профилей карьерных автодорог на различных маршрутах. Средняя нагрузка за рейс определяется при движении самосвала по прямому участку дороги груженого и порожнего самосвала. Предложенный способ учета перераспределения нагрузки на колесо разрешает выполнить корректировку ТКВЧ, это позволит управлять ресурсом шин и в свою очередь увеличит их надежность и снижение себестоимости транспортирования горной массы.

Для цитирования: Дадонов М.В., Кульпин А.Г., Стенин Д.В. Влияние продольного и поперечного профиля карьерной технологической дороги на распределение нагрузки по осям и колесам карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 5 (163). С. 29-35. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-29-35

Шины являются одной из важнейших частей современных карьерных автосамосвалов, поскольку оказывают существенное влияние на безопасность движения, производительность и выработку, а также формируют одну из крупнейших статей затрат, связанную с эксплуатацией [1-4].

Одним из наиболее весомых эксплуатационных факторов, влияющих на ходимость шин карьерных автосамосвалов, является нормальная нагрузка на шины и ее распределение в зависимости от места установки колес. Возможность определять самую нагруженную шину в различных дорожных условиях поможет разработать и реализовать мероприятия по предотвращению снижения ее ресурса и преждевременному выходу из строя [5-8].

Превышение рациональной загрузки либо несимметричная загрузка самосвала – наиболее

частые факторы, встречающиеся на предприятиях. В результате этого большую часть груза несет одна ось или одна сторона карьерного самосвала. Превышение максимальной допустимой нагрузки на шину приводит к снижению срока ее службы по причине тепловых и деформационных разрушений, интенсивного износа протектора и увеличения механических повреждений.

На рис. 1 и 2 приведена зависимость ресурса шин «Бриджстоун» и «Белшина» от величины нагрузки.

Во избежание перегруза шин отдельных позиций установки на самосвале горную массу в грузовой платформе необходимо размещать равномерно согласно паспорту загрузки, разработанному предприятием с учетом горно-геологических особенностей карьеров и разрезов.

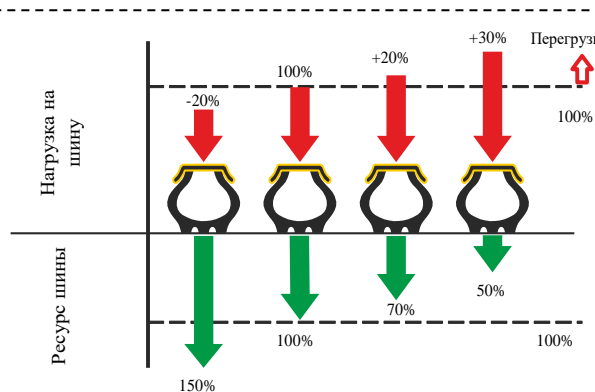


Рис. 1. Зависимость ресурса шин «Бриджстоун» от величины нагрузки
Fig. 1. Dependence of the «Bridgestone» tire resource on the load value

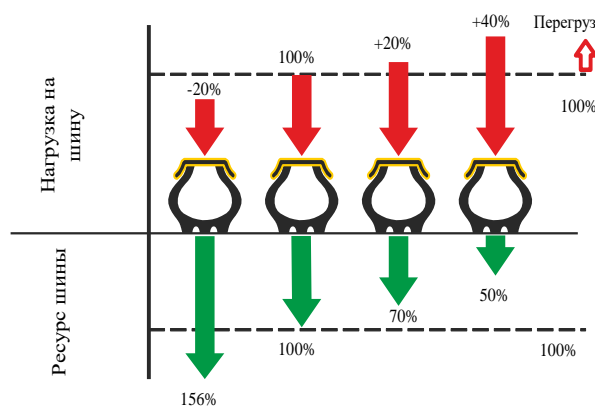


Рис. 2. Зависимость ресурса шин «Белшина» от величины нагрузки
Fig. 2. Dependence of the «Belshina» tire resource on the load value



Рис. 3. Правильная загрузка грузовой платформы самосвала
Fig. 3. Proper loading of the dump truck loading platform



Рис. 4. Неправильная загрузка грузовой платформы самосвала
Fig. 4. Incorrect loading of the dump truck loading platform

На рисунках 3 и 4 приведено расположение горной массы в грузовой платформе при правильной и неправильной загрузке самосвала.

Величина нормальной нагрузки на автошину оценивается величиной нормальной реакции, воз-

никающей в пятне контакта колеса с опорной поверхностью [9-15].

На рис. 5 и 6 изображены силы и реакции, действующие на автосамосвал.

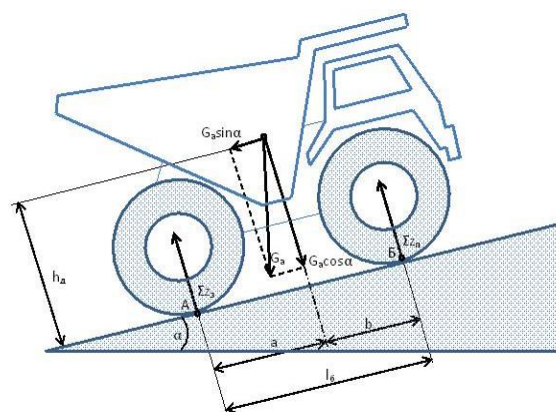


Рис. 5. Силы и реакции, действующие на автосамосвал в продольной плоскости
Fig. 5. Forces and reactions acting on a dump truck in the longitudinal plane

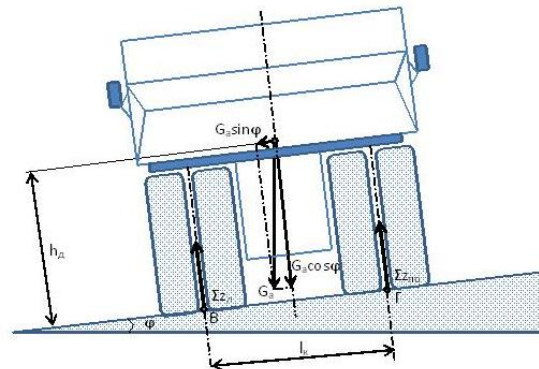


Рис. 6. Силы и реакции, действующие на автосамосвал в поперечной плоскости
Fig. 6. Forces and reactions acting on a dump truck in the transverse plane

G_a – вес автосамосвала, Н, равный сумме собственного веса автосамосвала и фактического веса груза;

$\Sigma Z_z, \Sigma Z_{zn}$ – сумма нормальных реакций соответственно задних и передних колес, Н;

$\Sigma Z_l, \Sigma Z_{lp}$ – сумма нормальных реакций соответственно левых и правых колес, Н;

h_d – высота центра тяжести автосамосвала, м;

l_a – расстояние между передней и задней осями автосамосвала, м;

l_k – колея, м;

a – расстояние между центром тяжести и задней осью автосамосвала, м;

b – расстояние между центром тяжести и передней осью автосамосвала, м;

α – угол продольного профиля карьерной автодороги, рад;

$+\alpha$ – движение на подъем;

$-\alpha$ – движение на спуск;

ϕ – угол поперечного профиля карьерной автодороги, рад.

Для определения нормальных реакций составим уравнение моментов сил относительно точек А, Б, В, Г.

$$\Sigma M_A = aG_a \cos \alpha - h_d G_a \sin \alpha - (a+b)\Sigma Z_{\Pi} \quad (1)$$

$$\Sigma M_B = (a+b)\Sigma Z_3 - bG_a \cos \alpha - h_d G_a \sin \alpha \quad (2)$$

$$\Sigma M_B = \frac{l_k}{2} G_a \cos \varphi - h_d G_a \sin \varphi - l_k \Sigma Z_{\Pi\Pi} \quad (3)$$

$$\Sigma M_{\Gamma} = l_k \Sigma Z_{\Gamma} - \frac{l_k}{2} G_a \cos \varphi - h_d G_a \sin \varphi \quad (4)$$

Из уравнений моментов выражаем суммы нормальных реакций передней и задней осей, правой и левой сторон.

$$\Sigma Z_{\Pi} = \frac{aG_a \cos \alpha - h_d G_a \sin \alpha}{(a+b)} \quad (5)$$

$$\Sigma Z_3 = \frac{bG_a \cos \alpha + h_d G_a \sin \alpha}{(a+b)} \quad (6)$$

$$\Sigma Z_{\Pi\Pi} = \frac{\frac{l_k}{2} G_a \cos \varphi - h_d G_a \sin \varphi}{l_k} \quad (7)$$

$$\Sigma Z_{\Gamma} = \frac{\frac{l_k}{2} G_a \cos \varphi + h_d G_a \sin \varphi}{l_k} \quad (8)$$

При нахождении автосамосвала на ровном участке дороги, т.е. при $\alpha=0$, $\varphi=0$

$$\Sigma Z_3 = G_a \frac{b}{a+b} \quad (9)$$

$$\Sigma Z_{\Pi} = G_a \frac{a}{a+b} \quad (10)$$

$$\Sigma Z_{\Gamma} = \Sigma Z_{\Pi\Pi} = \frac{G_a}{2} \quad (11)$$

$\frac{a}{a+b} = \lambda_{\Pi}$ – доля веса автосамосвала, приходящаяся на переднюю ось, на ровной площадке.

$\frac{b}{a+b} = \lambda_3$ – доля веса автосамосвала, приходящаяся на заднюю ось, на ровной площадке.

Учитывая, что величина продольного угла наклона карьерной автодороги не превышает $\alpha \leq 140^\circ$ (7,97°), а величина поперечного угла наклона карьерной автодороги не превышает $\varphi \leq 30^\circ$ (1,72°), можно допустить, что: $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \operatorname{tg} \alpha \approx \alpha$ (рад.), $\cos \varphi \approx 1$, $\sin \varphi \approx \operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$ (рад.).

Тогда при условии, что $\alpha \neq 0$ и $\varphi \neq 0$, суммарные нормальные реакции задней и передней осей, левой и правой сторон определяются как:

$$\Sigma Z_3 = \frac{bG_a + h_d G_a \alpha}{a+b} = G_a \left(\frac{b}{a+b} + \frac{h_d \alpha}{a+b} \right) = G_a \lambda_3 \left(1 + \frac{h_d \alpha}{b} \right) \quad (12)$$

$$\Sigma Z_{\Pi} = \frac{aG_a - h_d G_a \alpha}{a+b} = G_a \left(\frac{a}{a+b} - \frac{h_d \alpha}{a+b} \right) = G_a \lambda_{\Pi} \left(1 - \frac{h_d \alpha}{a} \right) \quad (13)$$

$$\Sigma Z_{\Gamma} = \frac{\frac{l_k}{2} G_a + h_d G_a \varphi}{l_k} = G_a \left(\frac{\frac{l_k}{2} + h_d \varphi}{l_k} \right) = \frac{G_a}{2} \left(1 + \frac{2h_d \varphi}{l_k} \right) \quad (14)$$

$$\Sigma Z_{\Pi\Pi} = \frac{\frac{l_k}{2} G_a - h_d G_a \varphi}{l_k} = G_a \left(\frac{\frac{l_k}{2} - h_d \varphi}{l_k} \right) = \frac{G_a}{2} \left(1 - \frac{2h_d \varphi}{l_k} \right) \quad (15)$$

Анализ всех полученных выражений показывает, что множитель перед скобками представляет собой суммарные нормальные реакции задней и передней осей, левой и правой сторон, возникающие на ровной площадке при $\alpha = 0$ и $\varphi = 0$. В таком случае множители, находящиеся в скобках, представляют собой коэффициенты изменения нагрузок в зависимости от продольного и поперечного профиля дороги.

Для положительных значений углов $\alpha > 0$ и $\varphi > 0$ (см. рис. 5, 6) коэффициенты изменения нагрузок определяются как:

$$k_3 = \lambda_3 \left(1 + \frac{h_d \alpha}{b} \right) \quad (16)$$

$$k_{\Pi} = \lambda_{\Pi} \left(1 - \frac{h_d \alpha}{a} \right) \quad (17)$$

$$k_{\Gamma} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2h_d \varphi}{l_k} \right) \quad (18)$$

$$k_{\Pi\Pi} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2h_d \varphi}{l_k} \right) \quad (19)$$

При отрицательных значениях углов $\alpha < 0$ и $\varphi < 0$ в формулах расчета коэффициентов изменения нагрузок знаки необходимо поменять на противоположные.

Используя данные коэффициенты, можно определить величину нормальной реакции на каждое колесо.

$$Z_{3-\Gamma} = G_a k_3 k_{\Gamma} \quad (20)$$

$$Z_{3-\Pi\Pi} = G_a k_3 k_{\Pi\Pi} \quad (21)$$

$$Z_{\Pi-\Gamma} = G_a k_{\Pi} k_{\Gamma} \quad (22)$$

$$Z_{\Pi-\Pi\Pi} = G_a k_{\Pi} k_{\Pi\Pi} \quad (23)$$

В качестве примера расчета ниже приведена диаграмма распределения веса на каждое колесо автосамосвала БелАЗ-75131, находящегося в состоянии полной загрузки, в зависимости от углов про-

дольного и поперечного профиля карьерной автодороги (рис. 7).

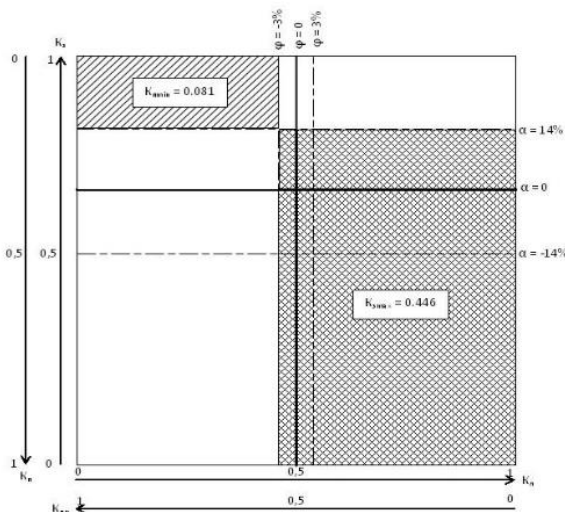


Рис. 7. Диаграмма распределения веса на каждое колесо автосамосвала БелАЗ-75131 полной массой 247 т в зависимости от углов продольного и поперечного профиля карьерной автодороги
Fig. 7. Diagram of weight distribution on each wheel of a BelAZ-75131 dump truck, with a total mass of 247 tons, depending on the angles of the longitudinal and transverse profile of the open pit road

Анализ диаграммы показывает значительное влияние углов профиля карьерной автодороги на загрузку колес карьерного автосамосвала.

В рассмотренном случае: $K_{\text{зmax}} = 0,446$, $K_{\text{зmin}} = 0,237$, $K_{\text{пmax}} = 0,262$, $K_{\text{пmin}} = 0,081$.

Т.е. в граничных дорожных условиях на заднее колесо может приходиться практически половина всей массы автосамосвала, а противоположное переднее колесо при этом окажется почти без нагрузки.

Учитывая большое разнообразие горнотехнических условий эксплуатации и вариантов профилей карьерных автодорог на различных маршрутах, можно сделать вывод о неодинаковых значениях средних за рейс нормальных нагрузок на колесо автосамосвала в зависимости от места его установки, значит, для более эффективного управления ресурсом шин карьерных автосамосвалов необходимо вносить корректировку показателя ТКВЧ при определении эксплуатационной производительности шин в зависимости от продольного и поперечного профиля карьерных автодорог. При этом данный показатель должен определяться и корректироваться для каждого колеса карьерного автосамосвала.

Кроме того, существует необходимость определения степени влияния на средние значения нормальных нагрузок суммы мгновенных перераспределений масс, возникающих в динамике при движении автосамосвала по заданному маршруту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лель Ю. И., Глебов И. А., Мусихина О. В., Ганиев Р. С., Хардик Н. В. Энергетический метод оценки и систематизации условий эксплуатации карьерного автотранспорта // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 8. С. 14-25.
2. Дубинкин Д. М., Карташов А. Б., Арутюнян Г. А. Обоснование количества и типа размера шин для беспилотных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 3 (149). С. 25-33.
3. Таразанов И. Г., Губанов Г. А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года // Уголь. 2020. № 3. С. 54-69.
4. Зеночкин М. Ю. Система учета и отслеживание крупногабаритных шин как важнейшее условие эффективного управления шинным хозяйством в горнодобывающей промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 11. С. 56-64.
5. Янцижин В. М., Челомбиев Е. А. Роль производственной службы ООО «Суэк-Хакасия» в части контроля эксплуатации крупногабаритных шин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S39. С. 197-200.
6. Stenin D., Stenina N. Dependence of reliability and re- source of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads // E3S Web of Conferences. 2017. 21. 03002.
7. Kulpin A. G., Stenin D. V., Kultayev E. E., Kulpina E. E., Borovtsov V. A. Influence of service conditions of quarry dump trucks on the thermal state large-size tires. // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety 2016. P. 116-119.
8. Grinchuk P. S., Fisenko S. P. Heat exchange with air and temperature profile of a moving oversize tire // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2016. T. 89. № 6. P. 1369-1373.
9. Toskunin I., Tyagunin A., Lagunov A., Kutinov Y., Chistova Z. Study of the features of the operation of a dump truck BELAZ-75131 at the enterprise of JSC "AGD DIAMONDS" in the conditions of the far north // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience". 2020. P. 042042.
10. Задворнов В. Н., Балакина Е. В., Мищенко Н. А. Прогнозирование износа протектора по жесткостным характеристикам шин // Трение и износ. 2020. Т. 41. № 4. С. 485-490.
11. Goryunov S., Khoreshok A., Grigoryeva N., Preis E., Alitkina O. The research of operational temperatures of dump trucks tires // E3S Web of Conferences. The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition. 2019.
12. Никифоров К. Влияние водителя автосамосвала и других факторов на износ крупногабаритных шин карьерной и шахтной техники // Простое.НЕТ. 2016. № 4 (9). С. 26-31.
13. Dadonov M., Kulpin A., Borovtsov V., Zhunusbekova A. Effect of aero-dynamic loads on re-

distribution of normal reactions of quarry dump trucks tires // E3S Web of Conferences Electronic edition. 2020.

14. Лель Ю. И., Глебов И. А., Буднев А. Б., Исаков С. В., Ганиев Р. С. К обоснованию параметров крутонаклонных авто-сездов при вскрытии глубоких горизонтов кимберлитовых карьеров // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 7. С. 21-32.

15. Bochkaryov Y., Ishkov A. The operational reliability of quarry dump trucks BELAZ-7540 in the placer deposits // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. С. 325-332.

© 2022 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Дадонов Михаил Васильевич, доцент кафедры эксплуатации автомобилей, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, доцент, dadonovmv@kuzstu.ru

Кульпин Александр Геннадьевич, старший преподаватель кафедры эксплуатации автомобилей, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), kag.ea@mail.ru

Стенин Дмитрий Владимирович, директор института информационных технологий машиностроения и автотранспорта, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), кандидат технических наук, доцент, sdv.ea@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Дадонов М.В. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Кульпин А.Г. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Стенин Д.В. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных; обзор соответствующей литературы; выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-29-35

Mikhail V. Dadonov, Alexander G. Kulpin*, Dmitry V. Stenin

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

E-mail: kag.ea@mail.ru

INFLUENCE OF MAXIMUM PERMISSIBLE FLOWS AND LONG-PERMISSIBLE CURRENT LOADS ON SCHEME-MODE OPERATIONS OF THE ELECTRIC POWER NETWORK



Article info

Received:
29 July 2022

Accepted for publication:
01 October 2022

Accepted:

Abstract.

Rock mass transportation costs account for more than 50% of the total costs including the tire costs of 25 to 30%. The average tire life at mining companies is less than what is recommended by the manufacturing plants. Mining truck tire service life is largely dependent on the normal wheel load. The key point in the normal load configuration is the wheel location on the dump truck and the profile of the quarry road. Determination of the most loaded tires in various operating conditions will lead to an increase in the tire service life and prevent early failure. The ton km per hour indicator (tire operating performance) proposed by tire manufacturers does not consider the various mining conditions and profiles options for the of open pit roads on different routes. The average load per trip is determined as the movement of a loaded and empty dump truck along a straight road section.

04 October 2022

Keywords: Dump truck, oversized tires, road profile, normal reactions, tire life, mass distribution.

The proposed method of considering the load redistribution on the wheel makes it possible to adjust the ton km per hour indicator. This will allow us to manage the tires life thus increasing their reliability and reducing the cost of rock mass transportation.

For citation: Dadonov M.V., Kulpin A.G., Stenin D.V. Influence of maximum permissible flows and long-permissible current loads on scheme-mode operations of the electric power network. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2022; 5(163):29-35 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-5-29-35

REFERENCES

1. Lel' Yu.I., Glebov I.A., Musihina O.V., Ganiev R.S., Hardik N.V. Energeticheskij metod ocenki i sistematizacii uslovij ekspluatatsii kar'ernogo avtotransporta. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal*. 2020; 8:14-25.
2. Dubinkin D.M., Kartashov A.B., Arutyunyan G.A. Justification of the number and type of tire size for unmanned mining dump trucks. *Mining equipment and electro-mechanics*. 2020; 3(149):25-33.
3. Tarazanov I.G., Gubanov D.A. The results of the work of the coal industry in Russia for January-December 2019. *Coal*. 2020; 3:54-69.
4. Zenochkin M.Yu. Accounting system and tracking of large-sized tires as the most important condition for effective management of the tire industry in the mining industry. *Mining information and analytical bulletin*. 2009; 11:56-64.
5. Yantsizhin V.M., Chelombiev E.A. The role of the production service of Suek-Khakassia LLC in terms of monitoring the operation of large-size tires. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*. 2017; 39:197-200. doi: 10.25018 / 0236-1493-2017-12-39-197-200
6. Stenin D., Stenina N. Dependence of reliability and re-source of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads. *E3S Web of Conferences*. 2017; 21:03002.
7. Kulpin A.G., Stenin D.V., Kultayev E.E., Kulpi-na E.E., Borovtsov V.A. Influence of service conditions of quarry dump trucks on the thermal state large-size tires. *Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety*. 2016. P. 116-119.
8. Grinchuk P.S., Fisenko S. P. Heat exchange with air and temperature profile of a moving oversize tire. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2016; 89(6):1369-1373.
9. Toskunin I., Tyagunin A., Lagunov A., Kutinov Y., Chistova Z. Study of the features of the operation of a dump truck BELAZ 75131 at the enterprise of JSC "AGD DIA-MONDS" in the conditions of the far north. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience"*. 2020. 042042.
10. Zadvornov V.N., Balakina E.V., Mishchenkov N.A. Prediction of tread wear based on the stiffness characteristics of tires. *Friction and wear*. 2020; 41(4):485-490.
11. Goryunov S., Khoreshok A., Grigoryeva N., Preis E., Alitkina O. The research of operational temperatures of dump trucks tires. *E3S Web of Conferences. The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition*. 2019.
12. Nikiforov K. Vliyanie voditelya avtosamosvala i drugih faktorov na iznos krupnogabaritnyh shin kar'ernoj i shahtnoj tekhniki. *Prostoev.Net*. 2016; 4(9):26-31.
13. Dadonov M., Kulpin A., Borovtsov V., Zhunusbekova A. Effect of aerodynamic loads on redistribution of normal reactions of quarry dump trucks tires. *E3S Web of Conferences Elektronik edition*. 2020.
14. Lel Yu.I., Glebov I.A., Budnev A.B., Isakov S.V., Ganiev R.S. To substantiation of the parameters of steeply inclined autoramps when opening deep horizons of kimberlite quarries. *News of higher educational institutions. Mining Journal*. 2020; 7:21-32.
15. Bochkaryov Y., Ishkov A. The operational reliability of quarry dump trucks BELAZ-7540 in the placer deposits. *20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020*. Sofia. 2020. 325-332.

© 2022 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
The author declare no conflict of interest.

About the author:

Mikhail V. Dadonov, Associate Professor of the Department of Automobile Operation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), C. Sc. in Engineering, Associate Professor, dadonovmv@kuzstu.ru

Alexander G. Kulpin, Senior Lecturer of the Department of Automobile Operation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), kag.ea@mail.ru

Dmitry V. Stenin, Associate Professor of the Department of Automobile Operation, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), C. Sc. in Engineering, Associate Professor, sdv.ea@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Mikhail V. Dadonov – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

Alexander G. Kulpin – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.

Dmitry V. Stenin – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; reviewing the relevant literature; drawing the conclusions; writing the text.



Author have read and approved the final manuscript.