

УДК 622.684

Горюнов Сергей Викторович^{1,*}, заведующий отделением очного и заочного обучения, **Хорешок Алексей Алексеевич²**, доктор техн. наук, профессор

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, Филиал в г. Прокопьевск, 653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а.

² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

E-mail: korotkov-va@mail.ru

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ РЕСУРСА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ

Аннотация: В статье обоснована необходимость в разработке методики прогнозирования ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов для различных условий эксплуатации и поставлены задачи проведения исследований. Представлены результаты статистической обработки по распределению отказов крупногабаритных шин по видам дефектов и возможности продления ресурса путем восстановления протектора шины. В результате проведенных исследований разработана функциональная модель прогнозирования ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов по механическим повреждениям с достоверной вероятностью 90%. Получены регрессионные зависимости прогнозирования теплового состояния шины в зависимости от среднеэксплуатационной скорости, нагрузки на шину и температуры окружающей среды. Данные зависимости позволяют установить допустимые среднеэксплуатационные скорости движения карьерного автосамосвала по теплового состоянию шины. На основе мощностного баланса построена математическая модель естественного износа протектора шин в зависимости от эксплуатационных факторов. Разработанная модель позволяет оценить степень влияния различных эксплуатационных факторов на естественный износ крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов. Наибольшее влияние на естественный износ протектора шины будет оказывать коэффициент сопротивления качению до 39% и скорость движения карьерного самосвала. Полученные результаты позволяют повысить надежность эксплуатации карьерных автосамосвалов и организовать эффективную систему учета и контроля крупногабаритных шин на горнодобывающих предприятиях.

Ключевые слова: крупногабаритные шины, карьерный самосвал, ресурс, температура, износ, механические повреждения.

Информация о статье: принята 16 марта 2021 г.

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-3-10

1. Введение

Открытый способ добычи полезных ископаемых в горнодобывающей промышленности России занимает доминирующую роль, так как является на сегодняшний день более безопасным и экономичным. Дальнейшее развитие открытого способа добычи полезных ископаемых связано с приростом производственных мощностей как экскавации горной массы, так и ее транспортировки [1-2].

Важным условием нормального функционирования горнодобывающего предприятия является высокая производительность и бесперебойность процесса транспортировки горной массы, что обеспечивается повышением технической готовности автопарка с сохранением приемлемых уровней эксплуатационных затрат.

Повышением эффективности работы карьерных автосамосвалов является снижение эксплуатационных затрат за счет эксплуатации карьерных автосамосвалов в оптимальных режимах [3].

2. Проблема и постановка задачи

Исследование затрат на эксплуатацию карьерных автосамосвалов позволило установить, что затраты на крупногабаритные шины (КГШ) составляют более 9%, а на аварийные простои – порядка 7% (см. рис. 1), при этом затраты времени на замену или ремонт КГШ могут достигать 8 часов.

Отсюда становится очевидна значительная роль крупногабаритных шин в обеспечении непрерывной и безопасной работы карьерной техники [4].



Рис. 1. Структура затрат на эксплуатацию карьерных автосамосвалов

Fig. 1. Structure of costs for the operation of quarry dump trucks

Разработка методики прогнозирования ресурса крупногабаритных шин в зависимости от эксплуатационных факторов является весьма актуальным направлением научной работы [4].

На основании вышесказанного были поставлены следующие задачи исследования:

1. Провести анализ отказов и методов оценки ресурса КГШ карьерных автосамосвалов.
2. Выявить влияние эксплуатационных факторов на ресурс крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов.
3. Разработать методику оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов в условиях эксплуатации на открытых горных работах и провести ее промышленную апробацию.

3. Результаты исследования

Анализ статистических данных позволил установить распределение отказов КГШ по видам дефектов и возможности продления ресурса путем восстановления, результаты исследования представлены на рис. 2.



Рис. 2. Распределение отказов крупногабаритных шин по видам дефектов

Fig. 2. Distribution of failures of large tires by type of defects

Механические повреждения, как правило, носят вероятностный характер. При проведении анализа

отказов крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов по механическим повреждениям была выявлена некоторая закономерность отказов от сезонов года (рис. 3). Для подтверждения этой закономерности, используя методику обработки экспериментальных данных методом однофакторного дисперсионного анализа, получили следующую полиномиальную зависимость с доверительной вероятностью 90%:

$$y = -0.0002x^4 + 0.0058x^3 - 0.0544x^2 + 0.2024x - 0.1338 \quad (1)$$

Анализ отказов показал, что максимальное их количество наблюдается в весенний сезон года, т.е. в период распутицы, когда дорожное покрытие в карьере находится в неудовлетворительном состоянии (рис. 3). При этом поверхность дороги, как правило, покрыта острыми камнями разрабатываемой породы, прослойка между которыми вымывается талыми водами.

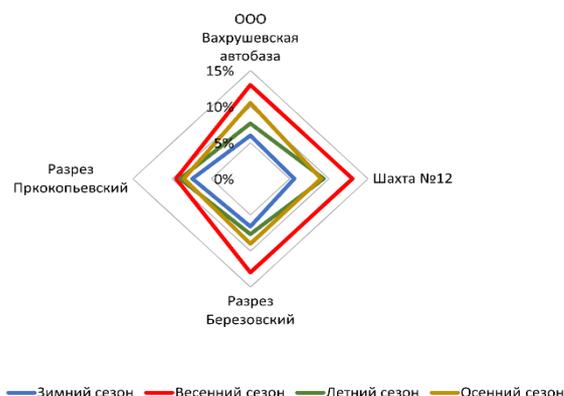


Рис. 3. Распределение отказов по сезонам года

Fig. 3. Distribution of refusals by seasons of the year

Анализ результатов эксплуатации карьерных автосамосвалов показал, что ресурс шин существенно зависит от температуры их нагрева. Для современных бескамерных шин критической считается температура 120°C. При более высоких температурах шина будет разрушаться вследствие снижения прочности корда и его связи с резиной, развития таких дефектов, как отслоение, вздутие протектора и расхождение каркаса (рис. 3.)



Рис. 3. Отслоение протектора

Fig. 3. Tread detachment

При работе крупногабаритной шины часть теплоты, генерируемой в массиве шины, непрерывно отводится в окружающую среду, причем если в начале движения температура шины равна температуре окружающей среды и теплообразование значительно больше теплоотдачи, то через определенное время суммарные величины теплообразования и теплоотдачи выравниваются, а температура в шине стабилизируется (стационарный режим) (рис. 4).

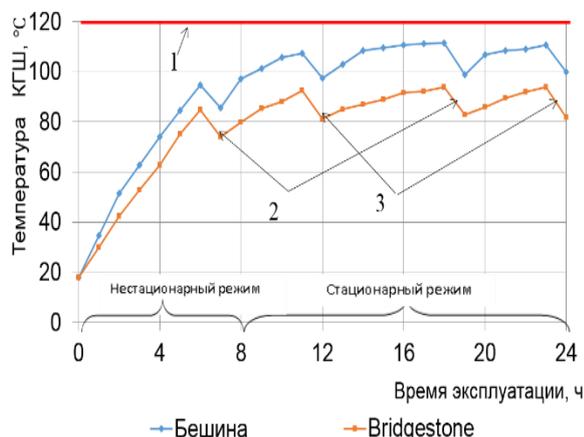


Рис. 4. Динамика нагрева крупногабаритных шин задней оси автосамосвала БелАЗ-7513 (1- критическая температура, 2 –перерыв на обед, 3 – перерыв на пересменку)

Fig. 4. Dynamics of heating of large tires of the rear axle of the BelAZ-7513 dump truck (1-critical temperature, 2-lunch break, 3-shift break)

Поэтому в дальнейших исследованиях необходимо прежде всего рассматривать максимальную температуру крупногабаритных шин при стационарном режиме.

Из анализа проведенных исследований пневматических шин размерности 33.00R51 модели Бел-162 следует, что наиболее интенсивный рост их температур имеет место в первые 8 часов эксплуатации карьерных автосамосвалов БелАЗ-75131, а в последующее время температура увеличивается не более, чем на 1...5 °С/ч. При работе автосамосвалов происходит переменно разогрев и охлаждение шин в связи с остановками под погрузку и разгрузку, перерывами на обед и пересменку.

Установлено, что шина при температуре окружающего воздуха 20...25 °С охлаждается примерно за 10 часов отстоя автосамосвала. При этом в первые 4 часа отстоя автосамосвала скорость охлаждения шины составляет 10...12 °С/ч, а в дальнейшем она снижается до 5,0...6,7 °С/ч.

В качестве основных факторов, в наибольшей степени определяющих тепловое состояние крупногабаритных шин, выберем три [3-6]:

- среднюю за транспортный цикл радиальную нагрузку на шину;
- эксплуатационную скорость карьерного автосамосвала;
- температуру окружающего воздуха.

Большинство производителей пневматических шин используют для оценки теплового состояния

шин показатель $TKBЧ = \bar{Q}V_{cp,э}$. Методологически экспериментальные исследования были построены таким образом, чтобы по результатам испытаний имелась возможность оценки теплового состояния по этому показателю [7-9]. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены регрессионные модели исследуемых многофакторных процессов:

БелАЗ-7555В (Белшина)

$$t_{шз.о} = 37,2 + 0,6t_{cp} + 0,097Q_{з.о}V_{cp} \quad (2)$$

$$t_{шп.о} = 22,5 + 0,6t_{cp} + 0,074Q_{п.о}V_{cp} \quad (3)$$

БелАЗ-7555В (Bridgestone)

$$t_{шз.о} = 35,4 + 0,6t_{cp} + 0,081Q_{з.о}V_{cp} \quad (4)$$

$$t_{шп.о} = 20,3 + 0,6t_{cp} + 0,064Q_{п.о}V_{cp} \quad (5)$$

БелАЗ-7513 (Белшина)

$$t_{шз.о} = 31,7 + 0,6t_{cp} + 0,101Q_{з.о}V_{cp} \quad (6)$$

$$t_{шп.о} = 26,5 + 0,6t_{cp} + 0,096Q_{п.о}V_{cp} \quad (7)$$

БелАЗ-7513 (Bridgestone)

$$t_{шз.о} = 30,1 + 0,6t_{cp} + 0,078Q_{з.о}V_{cp} \quad (8)$$

$$t_{шп.о} = 25,8 + 0,6t_{cp} + 0,076Q_{п.о}V_{cp} \quad (9)$$

где $t_{шз.о}$, $t_{шп.о}$ – температура шин соответственно передней и задней оси автосамосвала, °С; t_{cp} – средняя температура окружающего воздуха, °С; $Q_{з.о}$, $Q_{п.о}$ – средняя эксплуатационная масса, приходящаяся на шину соответственно передней и задней оси автосамосвала, т; $V_{cp,э}$ – средняя эксплуатационная скорость автосамосвала, км/ч.

Полученные регрессионные модели позволяют определить допустимые средние эксплуатационные скорости движения в зависимости от коэффициента использования грузоподъемности самосвала и температуры окружающей среды, пример представлен в таблице 1 и на рис. 5.

Таблица 1. Сравнение фактических и аналитических среднеэксплуатационных скоростей движения.

Table 1. Comparison of actual and analytical average operating speeds.

Марка автосамосвала	Температура окружающей среды, °С	Допустимые среднеэксплуатационные скорости движения в зависимости от коэффициента использования грузоподъемности, км/ч (Белшина / Bridgestone)			Средняя эксплуатационная скорость по показаниям навигации, км/ч
		0,9	1	1,1	
БелАЗ-7513	5	21,4 / 27,9	18,5 / 25,2	17,9 / 22,4	18,9
	10	20,2 / 26,4	17,7 / 24,1	16,5 / 21,9	
	20	19,4 / 24,2	16,5 / 21,8	15,1 / 20	
	30	17,8 / 22,1	14,4 / 20	13,9 / 18,6	

Влияние эксплуатационных факторов на износ протектора КГШ носит большое разнообразие и в

настоящее время учесть все факторы не представляется возможным при разработке зависимости [12-15].

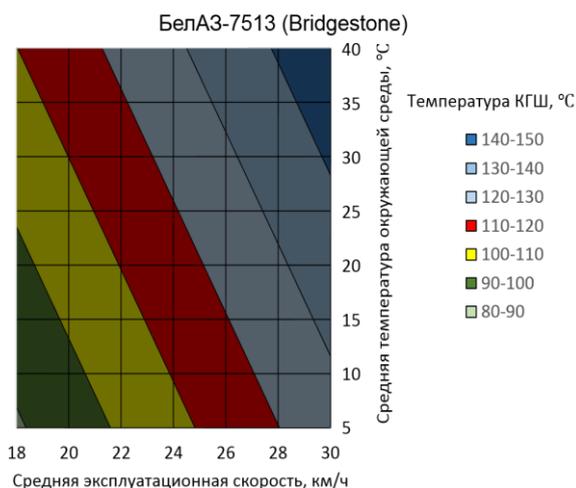


Рис. 5. Определение допустимых среднеэксплуатационных скоростей движения автосамосвала
Fig. 5. Determination of the permissible average operating speeds of the dump truck

Для разработки математической модели износа КГШ в условиях эксплуатации воспользовались мощностным методом, который заключается в определении мощности, затрачиваемой на качение колеса (мощности потерь). Работа шины в различных условиях эксплуатации сопровождается потерями мощности, которая затрачивается на нагрев шины и работу трения в контакте.

$$N_{\pi} = N_{\text{гист}} + N_{\text{тр}} \quad (10)$$

где: $N_{\text{гист}}$ – мощность, расходуемая на гистерезис, Вт; $N_{\text{тр}}$ – мощность, расходуемая на трение элементов протектора о дорожное покрытие, Вт.

Мощность гистерезисных потерь можно определить при некоторых допущениях из выражения:

$$N_{\text{гист}} = \sigma A_{\text{по}} T_{\text{ш}}, \quad (11)$$

где: σ – коэффициент теплоотдачи, Вт/м² °C; $A_{\text{по}}$ – площадь поверхности отвода теплоты от шины, м²; $T_{\text{ш}}$ – температура шины, °C.

Мощность, расходуемую на трение элементов протектора о дорожное покрытие, выразим из выражения (10) с учетом выражения (11):

$$N_{\text{тр}} = N_{\pi} - \sigma A_{\text{по}} T_{\text{ш}}, \quad (12)$$

Работа трения выражается следующей зависимостью:

$$A = P_{\text{тр}} S, \quad (13)$$

где: $P_{\text{тр}}$ – сила трения, Н; S – путь, м.

Износ протектора КГШ можно определить по предложенной зависимости:

$$I = \alpha A, \quad (14)$$

где: α – износ материала, отнесенный к единице работы трения, мм / Н м.

На основании приведенного выше получаем:

$$I = \alpha \frac{N_{\pi} - \sigma A_{\text{по}} T_{\text{ш}}}{V_a} S \quad (15)$$

Мощность потерь на качение колеса можно определить как разность между подводимой к нему ($N_{\text{под}}$) и отводимой от него ($N_{\text{отв}}$) мощностями.

$$N_n = N_{\text{под}} - N_{\text{отв}} \quad (16)$$

Мощность отводимая, т.е. отдаваемая шиной автосамосвалу, определится как:

$$N_{\text{отв}} = V_a \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad (17)$$

где: R_x – продольная реакция в контакте шины с дорогой, Н; R_y – боковая реакция в контакте шины с дорогой, Н.

Проведя преобразования, получим следующую зависимость износа протектора шины на i -ом участке пути (пикете):

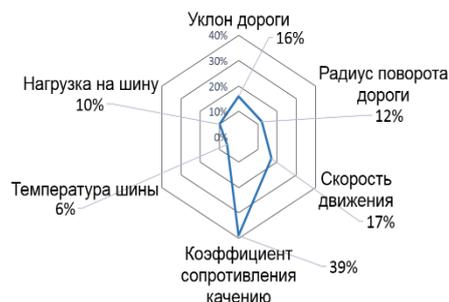
$$I_i = \alpha \left(\frac{f \sqrt{R_x^2 + R_y^2}}{(1-f)} - \frac{\sigma A_{\text{по}} t_{\text{ш}}}{V_a} \right) S_i, \text{ мм} \quad (18)$$

где: α – износ материала, отнесенный к единице работы трения, мм / Н м; f – коэффициент трения качению шины; R_x – продольная реакция в контакте шины с дорогой, Н; R_y – боковая реакция в контакте шины с дорогой, Н; σ – коэффициент теплоотдачи, Вт/м² °C; $A_{\text{по}}$ – площадь поверхности отвода теплоты от шины, м²; $t_{\text{ш}}$ – температура шины, °C; V_a – скорость автомобиля, м/с; S_i – путь на i -ом участке пути, м.

Тогда суммарный износ протектора шины на определенном маршруте движения:

$$\sum I = I_{1-2} + I_{2-3} + I_{3-4} + \dots + I_{i-i+1} \quad (19)$$

Полученную зависимость можно использовать для оценки эксплуатационных факторов, оказывающих влияние на износ протектора КГШ. Проведенные аналитические исследования позволили установить степень влияния на износ КГШ следующих факторов: уклон дороги, радиус поворота дороги, скорость движения, коэффициент сопротивления качению, нагрузка на шину и температура шины (рис. 6).



— Степень влияния факторов на износ протектора КГШ

Рис. 6. Влияние эксплуатационных факторов на износ протектора крупногабаритных шин
Fig. 6. Influence of operational factors on the tread wear of large tires

Наибольшее влияние на износ протектора крупногабаритных шин будет оказывать коэффициент сцепления колес с дорогой [16-17]. Стоит отметить,

что в рамках сезона года износ протектора КГШ будет носить линейный характер (рис. 7, 8.)

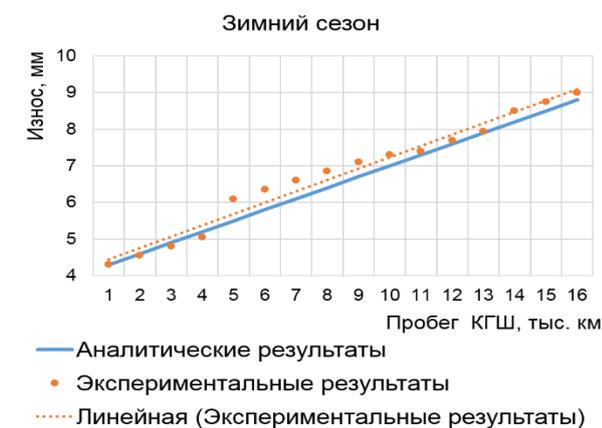


Рис. 7. Исследования износа протектора крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов БелАЗ-75131 (Bridgestone) в зимний сезон

Fig. 7. Studies of tread wear of large-size tires of BelAZ-75131 (Bridgestone) dump trucks in the winter season

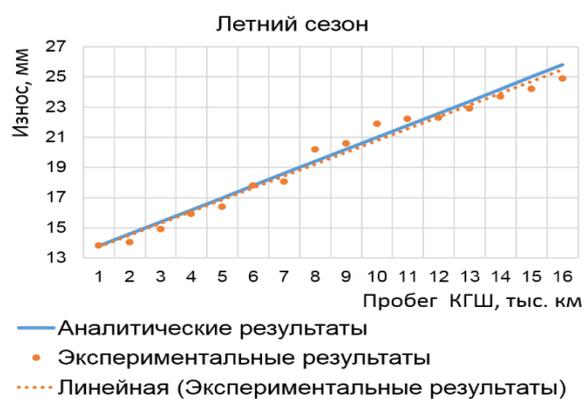


Рис. 8. Исследования износа протектора крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов БелАЗ-75131 (Bridgestone) в летний сезон

Fig. 8. Studies of tread wear of large-size tires of BelAZ-75131 (Bridgestone) dump trucks in the summer season

Полученные результаты проведенных исследований в совокупности можно рассматривать как единую методику по прогнозированию ресурса крупногабаритных шин в зависимости от условий эксплуатации и соответственно управлять надежностью карьерных автосамосвалов.

На основании приведенного выше была разработана система оценки ресурса и управления учетом крупногабаритных шин на базе веб-сервера Apache с подключением модуля, обеспечивающего поддержку PHP. В качестве системы управления базой данных используется система управления базами данных MySQL. Данная система позволяет производить прогнозирование потребного количества КГШ на определенный период времени, а также вести учет КГШ на предприятии.

4. Основные результаты работы:

1. Установлено значительное влияние КГШ на себестоимость транспортировки горной массы – затраты на шины достигают более 9% в структуре эксплуатационных затрат, а аварийные простои составляют порядка 7% со значительной потерей времени на замену шины, все это требует разработки системы оценки и управления ресурсом КГШ.

2. Определены допустимые среднеэксплуатационные скорости движения карьерных автосамосвалов различной грузоподъемности в зависимости от нагрузки, температуры окружающей среды и КГШ.

3. Установлена зависимость отказов крупногабаритных шин от сезона года по механическим повреждениям. Наибольшее число отказов приходится на переходные периоды года (весна-осень) и превышает число отказов в летний период от 4% до 7%.

4. Получены аналитические выражения оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов по износу рисунка протектора с достоверной вероятностью 90%.

5. Установлено влияние эксплуатационных факторов (уклона дороги, радиуса поворота дороги, скорости движения, коэффициента сопротивления качению, эксплуатационной температуры шины, нагрузки на шину) на износ протектора крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов: уклон дороги – до 16%, радиус поворота дороги – до 12%, скорость движения – до 17%, коэффициент сопротивления качению – до 39%, температура шины – до 6%, нагрузка на шину – до 10%.

6. Разработана система оценки ресурса и учета крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лель, Ю.И. Энергетический метод оценки и систематизации условий эксплуатации карьерного автотранспорта / Ю.И. Лель, И.А. Глебов, О.В. Мусихина, Р.С. Ганиев, Н.В. Хардик // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 8. С. 14-25. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-8-14-25.

2. Дубинкин Д.М. Обоснование количества и типа размера шин для беспилотных карьерных самосвалов / Д.М. Дубинкин, А.Б. Карташов, Г.А. Арутюнян // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 3 (149). С. 25-33. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-3-25-33.

3. Таразанов, И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2019 года / И.Г. Таразанов, Д.А. Губанов // Уголь. 2020 № 3 С. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.

4. Зеночкин, М.Ю. Система учета и отслеживание крупногабаритных шин как важнейшее условие эффективного управления шинным хозяйством в горнодобывающей промышленности / М.Ю. Зеночкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – № 11. – С. 56-64.

5. Янцижин, В.М. Роль производственной службы ООО «Суэж-Хакасия» в части контроля эксплуатации крупногабаритных шин / В.М. Янцижин, Е.А. Челомбиев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2017. № S39. С. 197-200. DOI: 10.25018/0236-1493-2017-12-39-197-200.

6. Stenin, D. Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads / D. Stenin, N. Stenina // E3S Web of Conferences 21, 03002. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172103002.

7. Горюнов, С.В. Исследование теплового состояния пневматических шин карьерных автосамосвалов / С.В. Горюнов, В.М. Шарипов // Журнал автомобильных инженеров. 2015. №3(92). С. 6-10.

8. Grinchuk, P.S Heat exchange with air and temperature profile of a moving oversize tire / P.S. Grinchuk, S.P. Fisenko // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2016. Т. 89. № 6. С. 1369-1373. DOI: 10.1007/s10891-016-1503-10.

9. Toskunin, I. 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 / I. Toskunin, A. Tyagunin, A. Lagunov, Y. Kutinov, Z. Chistova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience". 2020. С. 042042.

10. Задворнов, В.Н. Прогнозирование износа протектора по жесткостным характеристикам шин / В.Н. Задворнов, Е.В. Балакина, Н.А. Мищенко // Трение и износ. 2020. Т. 41. № 4. С. 485-490. DOI: 10.32864/0202-4977-2020-41-4-485-490.

11. Goryunov, S. The research of operational temperatures of dump trucks tires / S.Goryunov, A. Khoreshok, N. Grigoryeva, E. Preis, O. Alitkina //

E3S Web of Conferences. The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition. 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/201913401014

12. Никифоров, К. Влияние водителя автосамосвала и других факторов на износ крупногабаритных шин карьерной и шахтной техники / К. Никифоров // Простоев.НЕТ. 2016. № 4 (9). С. 26-31.

13. Dadonov, M. Effect of aerodynamic loads on redistribution of normal reactions of quarry dump trucks tires / M. Dadonov, A. Kulpin, V. Borovtsov, A. Zhunusbekova // E3S Web of Conferences Electronic edition. – 2020. - DOI: 10.1051/e3sconf/202017403018.

14. Лель, Ю.И. К обоснованию параметров крутонаклонных автосъездов при вскрытии глубоких горизонтов кимберлитовых карьеров / Ю.И. Лель, И.А. Глебов, А.Б. Буднев, С.В. Исаков, Р.С. Ганиев // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 7. С. 21-32. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-21-32.

15. Bochkaryov, Y. The operational reliability of quarry dump trucks belaz-7540 in the placer deposits / Y. Bochkaryov, A. Ishkov // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. С. 325-332. DOI: 10.5593/sgem2020/1.2/s03.042.

16. Генсон, Е.М. Корректирование нормативного ресурса шин специализированного подвижного состава / Е.М. Генсон, Н.В. Лобов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2020. № 12. С. 35-38. DOI: 10.36535/0236-1914-2020-12-7

17. Zhetesova, G.S. Improvement of the organization of maintenance and repair of dump-cars / G.S. Zhetesova, E.S. Dandybaev, D.S Zhunuspekov, K.K. Zhekibaeva // Material and Mechanical Engineering Technology. 2020. Т. 1. № 1. С. 33-38.

Sergey. V. Goryunov¹, head of the department of full-time and part-time education, **Alexey A. Khoreshok**², Dr. Sc. in Engineering, Professor

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Prokopievsk branch, 653039 Prokopievsk, Nogradskaya st. 19a, Prokopievsk, Russia

²T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28, Vesenniyaya St., Kemerovo, 650000, Russian Federation

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR ASSESSING THE RESOURCE OF LARGE-SIZED TIRES OF QUARRY DUMP TRUCKS

Abstract: The article substantiates the need to develop a methodology for predicting the resource of large-sized tires of mining dump trucks for various operating conditions and sets the tasks of conducting research. The results of statistical processing on the distribution of failures of large-size tires by types of defects and the possibility of extending the service life by restoring the tire tread are presented. As a result of the conducted research, a functional model for predicting the resource of large-sized tires of quarry dump trucks for mechanical damage with a confidence probability of 90% was developed. Regression dependences of predicting the thermal state of the tire depending on the average operating speed, tire load and ambient temperature are obtained. These dependences allow you to set the permissible average operating speeds of a quarry dump truck based on the

thermal condition of the tire. On the basis of the power balance, a mathematical model of the natural wear of the tire tread, depending on operational factors, is constructed. The developed model allows us to assess the degree of influence of various operational factors on the natural wear of large-size tires of quarry dump trucks. The greatest impact on the natural wear of the tire tread will have a rolling resistance coefficient of up to 39% and the speed of movement of the dump truck. The results obtained make it possible to increase the reliability of operation of mining dump trucks and to organize an effective system of accounting and control of large-sized tires at mining enterprises.

Keywords: large-size tires, mining dump truck, service life, temperature, wear, mechanical damage.

Article info: received March 16, 2021

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-3-10

REFERENCES

1. Lel, Yu. I., Glebov, I. A., Musikhina, O. V., Ganiev, R. S., and Hardik, N. V., Energeticheskiy metod otsenki i sistematizatsii usloviy usloviya optirovaniya karyernogo avtotransporta, Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy [Energy method for assessing and systematizing the conditions of operation of quarry vehicles]. Mountain magazine. 2020. No. 8. pp. 14-25. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-8-14-25.
2. Dubinkin D. M. Substantiation of the number and type of tire size for unmanned mining dump trucks / D. M. Dubinkin, A. B. Kartashov, G. A. Harutyunyan // Mining equipment and Electromechanics. 2020. No. 3 (149). pp. 25-33. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-3-25-33.
3. Tarazanov, I. G. Results of the work of the coal industry of Russia for January-December 2019 / I. G. Tarazanov, D. A. Gubanov // Coal. 2020 No. 3 pp. 54-69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69.
4. Zenochnkin, M. Yu. The accounting system and tracking of large-sized tires as the most important condition for effective management of the tire economy in the mining industry / M. Yu. Zenochnkin // Mining Information and Analytical Bulletin. - 2009. - No. 11. - pp. 56-64.
5. Yantsizhin, V. M. The role of the production service of LLC "Suek-Khakassia" in terms of monitoring the operation of large-sized tires / V. M. Yantsizhin, E. A. Chelombiev // Gornyye informatsionnyy i analiticheskiy Bulletin (scientific and technical journal). 2017. No. S39. pp. 197-200. DOI: 10.25018 / 0236-1493-2017-12-39-197-200.
6. Stenin, D. Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads / D. Stenin, N. Stenina // E3S Web of Conferences 21, 03002. 2017. DOI: 10.1051/e3sconf/20172103002.
7. Goryunov, S. V. Investigation of the thermal state of pneumatic tires of quarry dump trucks / S. V. Goryunov, V. M. Sharipov // Journal of Automotive Engineers. 2015. No. 3 (92). pp. 6-10.
8. Grinchuk, P.S Heat exchange with air and temperature profile of a moving oversize tire / P.S. Grinchuk, S.P. Fisenko // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. 2016. T. 89. № 6. C. 1369-1373. DOI: 10.1007/s10891-016-1503-10.
9. Toskunin, I. 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 / I. Toskunin, A. Tyagunin, A. Lagunov, Y. Kutinov, Z. Chistova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Science and Technology Conference "EarthScience". 2020. C. 042042.
10. Zadvornov, V. N. Forecasting of tread wear according to the stiffness characteristics of tires / V. N. Zadvornov, E. V. Balakina, N. A. Mishchenkov // Friction and wear. 2020. Vol. 41. No. 4. pp. 485-490. DOI: 10.32864/0202-4977-2020-41-4-485-490.
11. Goryunov, S. The research of operational temperatures of dump trucks tires / S. Goryunov, A. Khoreshok, N. Grigoryeva, E. Preis, O. Alitkina // E3S Web of Conferences. The conference proceedings Sustainable Development of Eurasian Mining Regions: electronic edition. 2019. DOI: 10.1051/e3sconf/201913401014.
12. Nikiforov, K. The influence of the driver of a dump truck and other factors on the wear of large-sized tires of quarry and mine equipment / K. Nikiforov // Downtime.NO. 2016. No. 4 (9). pp. 26-31.
13. Dadonov, M. Effect of aerodynamic loads on redistribution of normal reactions of quarry dump trucks tires / M. Dadonov, A. Kulpin, V. Borovtsov, A. Zhunusbekova // E3S Web of Conferences Electronic edition. - 2020. - DOI: 10.1051/e3sconf/202017403018.
14. Lel, Yu. I., Glebov, I. A., Budnev, A. B., Isakov, S. V., and Ganiev, R. S., To substantiate the parameters of steeply inclined road trains during the opening of deep horizons of kimberlite quarries, Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mountain magazine. 2020. No. 7. pp. 21-32. DOI: 10.21440/0536-1028-2020-7-21-32.
15. Bochkaryov, Y. The operational reliability of quarry dump trucks belaz-7540 in the placer deposits / Y. Bochkaryov, A. Ishkov // 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2020. Sofia, 2020. C. 325-332. DOI: 10.5593/sgem2020/1.2/s03.042.
16. Genson, E. M. Correction of the normative resource of tires of specialized rolling stock / E. M. Genson, N. V. Lobov // Transport: science, technology, management. Scientific information collection. 2020. No. 12. pp. 35-38. DOI: 10.36535 / 0236-1914-2020-12-7.

17. Zhetesova, G.S. Improvement of the organization of maintenance and repair of dump-cars / G.S. Zhetesova, E.S. Dandybaev, D.S Zhunuspekov,

Библиографическое описание статьи

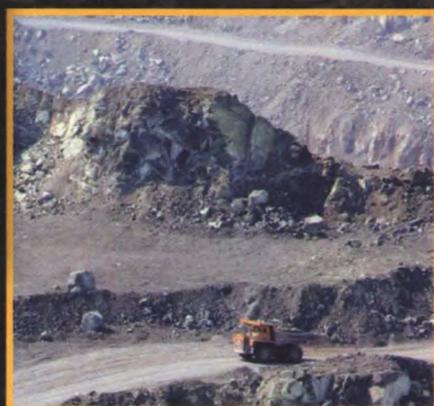
Горюнов С.В., Хорешок А.А. Разработка методики оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 2 (154). – С. 3-10.

K.K. Zhekibaeva // Material and Mechanical Engineering Technology. 2020. T. 1. № 1. С. 33-38.

Reference to article

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, no.2 (154), pp. 3-10.

ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА



2 ₍₁₅₄₎ ♦ **2021**

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
**ГОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
И ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА**

12+

2(154)
2021

Основан в 2000 году

Выходит 6 раз в год

ISSN 1816-4528

Главный редактор:

Хорешок А.А., д.т.н., проф.

Зам. гл. редактора:

Лагунова Ю.А., д.т.н., проф.

Кантович Л.И., д.т.н., проф.

Редакционный совет:

Трубецкой К.Н., акад. РАН, д.т.н.

Галкин В.А., д.т.н.

Мерзляков В.Г., д.т.н., проф.

Блюменштейн В.Ю., д.т.н., проф.

Аксенов В.В., акад. АГН, д.т.н.

Редакционная коллегия:

Андреева Л.И., д.т.н.

Воронова Э.Ю., д.т.н., проф.

Галкин В.И., д.т.н., проф.

Глебов А.В., к.т.н.

Егоров А.Н. (Белоруссия)

Жабин А.Б., д.т.н., проф.

Зырянов И.В., д.т.н.

Ляхомский А.В., д.т.н., проф.

Певзнер Л.Д., д.т.н., проф.

Петров В.Л., д.т.н., проф.

Семыкина И.Ю., д.т.н., проф.

Трифанов Г.Д., д.т.н., доц.

Хазанович Г.Ш., д.т.н., проф.

Юнгмейстер Д.А., д.т.н., проф.

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»

**Адрес учредителя, издателя и
редакции:**

650000, Россия, Кемеровская область,
г. Кемерово, ул. Весенняя 28

Технический редактор:

Останин О.А.

**Дизайн обложки, компьютерная
верстка:** Бородин Д.А.

Телефон редакции:

+7 (384-2) 39-63-14

Email: gormash@kuzstu.ru

Сайт: http://gormash.kuzstu.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

Горюнов С.В., Хорешок А.А. Разработка методики оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов.....	3
Воронов А.Ю., Нестеров В.И., Воронов Ю.Е., Ромашко В.Г., Воронов А.Ю. Сравнительная оценка качества работы экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов в летний и переходный периоды года.....	11
Герике П.Б., Герике Б.Л. Формирование единого диагностического критерия для оценки технического состояния горного оборудования.....	17
Громыка Д.С., Гоголинский К.В., Кремчев Э.А. Моделирование термической усталости зуба экскаватора при циклическом тепловом воздействии	23
Богомолов А.Р., Азиханов С.С., Дубов Г.М., Григорьева Е.А., Нохрин С.А. Исследование состава выхлопных газов карьерных самосвалов БелАЗ 75131, работающих в дизельном и газодизельном режимах.....	30
Евстратов В.А., Воронова Э.Ю., Апачанов А.С., Григорьев В.И., Сухарникова В.А., Бреславцева И.В. Повышение эффективности шнековых модулей горных машин	42
Агапов М.Е., Потеряев И.К. Комплексный критерий эффективности рабочего процесса цепного траншейного экскаватора	48
Кузин Е.Г., Пудов Е.Ю., Дубинкин Д.М. Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях эксплуатации.....	55

ХРОНИКА

Поздравление с юбилеем Леонида Ивановича Кантовича	62
Вниманию авторов.....	63

Позиция редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых материалов.

Полнотекстовый доступ к электронной версии журнала на сайте www.elibrary.ru

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции

Издание соответствует коду 58.14.1 ОКПД 2 ОК 034-2014 (КПЕС 2008)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций – Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-76284 от 19 июля 2019 г.

Журнал включен в Перечень ВАК РФ – ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по направлениям (технические науки):

- 05.02.00 - машиностроение и машиноведение (05.02.02 – машиноведение, системы приводов и детали машин, 05.02.07 – технология и оборудование механической и физико-технической обработки)
- 05.05.00 – транспортное, горное и строительное машиностроение (05.05.06 – горные машины)
- 05.09.00 – электротехника (05.09.01 – электромеханика и электрические аппараты, 05.09.03 – электротехнические комплексы и системы)

Дата подписи в печать: 16.04.2021. Дата выхода в свет: 29.04.2021. Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Отпечатано на МФУ. Уч.-изд. л. 8,125. Тираж 70 экз. Заказ 153. Цена свободная

Адрес типографии: Издательский центр УИП КузГТУ
650000, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL

MINING EQUIPMENT AND ELECTROMECHANICS

12+

2(154)
2021

GORNOE OBORUDOVANIE I ELEKTROMEKHANIKA

Founded in 2000

Issued 6 times a year

ISSN 1816-4528

Editor-in-chief:

Khoreshok A. A., Dr. Sc., prof.

Deputy editor-in-chief:

Lagunova, Yu. a., prof.
Kantowicz L. I., Dr. Sc., prof.

Editorial board:

Trubetskoy K. N., Acad. RAS, Dr. Sc.
Galkin V. A., Dr. Sc.
Merzlyakov V. G., Dr. Sc., prof.
Blumenstein V. Yu., Dr. Sc., prof.
Aksenov V. V., Akad. AMS., Dr. Sc.

Editorial Team:

Andreeva L. I., Dr. Sc.
Voronova E. Yu., Dr. Sc., prof.
Galkin V. I., Dr. Sc., prof.
Glebov A. V., Ph. D.
Egorov A. N. (Belarus)
Zhabin A. B., Dr. Sc., prof.
Zyryanov I. V., Dr. Sc.
Lakomski A. V., Dr. Sc., Prof.
Pevzner L. D., Dr. Sc., prof.
Petrov V. L., Dr. Sc., prof.
Semykina I. Yu., Ph. D.
Trifanov G. D., Dr. Sc., Assoc.
Khazanovich G. Dr. Sc., prof.
Jungmeister D. A., Dr. Sc., prof.

Founder and publisher:

T. F. Gorbachev Kuzbass state technical university

Address of the founder, the publisher and the Editorial office:

Russia, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 28 Vesennyaya str.

Technical editor:

Ostanin O. A.

Cover design,

computer layout: Borodin D. A.

Tel: +7 (384-2) 39-63-14

Email: gormash@kuzstu.ru

Website: http://gormash.kuzstu.ru

CONTENTS

MINING MACHINES

Goryunov S.V., Khoreshok A.A. Development of a methodology for assessing the resource of large-sized tires of quarry dump trucks	3
Voronov A.Y., Nesterov V.I., Voronov Yu.E., Romashko V.G., Voronov A.Y. Comparative assessment of the operation quality of shovel-truck systems at open-pit coal mines in the summer and transitional seasons.....	11
Gericke P.B., Gericke B.L. Creation of a unified diagnostic criterion for assessing the technical condition of mining equipment.....	17
Gromyka D.S., Gogolinskiy K.V., Kremcheev E.A. Thermal fatigue modelling of excavator teeth during cyclic heat loading	23
Bogomolov A.R., Azikhanov S.S., Dubov G.M., Grigorieva E.A., Nokhrin S.A. Study of the composition of exhaust gas of dual-fuel gas-diesel BelAZ 75131 mining dump trucks	30
Evstratov V.A., Voronova E.Y., Apachanov A.S., Grigoryev V.I., Sukharnikova V.A., Breslavtseva I.V. Efficiency improvement of the screw modules of mining machines.....	42
Agapov M.E., Poteryaev I.K. Comprehensive criterion of working process efficiency chain trench excavator.....	48
Kuzin E.G., Pudov E.Yu., Dubinkin D.M. Analysis of failures of mining dump truck components under operating conditions.....	55

CHRONICLE

Congratulations on the anniversary of Leonid Ivanovich Kantovich	62
Instructions to authors.....	63

The editorial position does not always coincide with the point of view of the authors of the published materials.

Full-text access to the electronic version of the journal is on website www.elibrary.ru

Tax relief - All-Russian product classifier

The publication corresponds to 58.14.1 OKPD 2 OK 034-2014 (KPEC 2008)

The journal is registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Communications - Certificate PI No. FS77-76284 of July 19, 2019.

The journal is included in the Russia List of the Higher Attestation Commission being the list of the leading peer-reviewed scientific journals and publications in which the main scientific results of theses for the academic degrees of a doctor and candidate of sciences should be published in the following areas (engineering):

- 05.02.00 - mechanical engineering and engineering science (05.02.02 - mechanical engineering, drive systems and machine parts, 05.02.07 - technology and equipment for mechanical and physical-technical processing)
- 05.05.00 - transport, mining and construction engineering (05.05.06 - mining machines)
- 09.05.00 - electrical engineering (09.05.01 - electromechanics and electrical apparatus, 09.05.03 - electrotechnical complexes and systems)

Signed for publication on 16 April 2021. Date of publication: 29 April 2021.

Format 60×84/8. Offset paper. Imprinted on MFPs. Published sheets 8,125. Edition 70 copies.

Order 153. Free price

Address of the printing house:

Publishing center UIP KuzSTU

Russia, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 4a, D. Bednogo str