

DOI: 10.26730/1999-4125-2021-2-23-28

УДК 622.271.4: 622.684

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕДУКТОРА МОТОР-КОЛЕСА БЕЛАЗ

METHODS FOR DIAGNOSING THE ACTUAL TECHNICAL CONDITION OF THE BELAZ WHEEL MOTOR GEARBOX

Кудреватых Андрей Валерьевич,

канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой

Andrey V. Kudrevatykh, C. Sc. in Engineering, associate professor, Head Department

Фурман Андрей Сергеевич,

канд. техн. наук, доцент e-mail: furmanas@kuzstu.ru

Andrey S. Furman, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

Ащеулов Андрей Сергеевич,

канд. техн. наук, доцент, e-mail: ascheulovas@kuzstu.ru

Andrey S. Ashcheulov, C. Sc. in Engineering, associate professor

Ащеулова Алена Сергеевна,

канд. физ.-мат. наук, преподаватель СПО, e-mail: asheulovaas@kuzstu.ru

Alyona S. Ashcheulova, P C. Sc. in Physics and Mathematics, teacher

Карнадуд Олеся Сергеевна,

канд. техн. наук, доцент, e-mail: karnadudos@kuzstu.ru

Olesya S. Karnadud, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

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

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

Аннотация:

Основной целью любого предприятия является снижение затрат при увеличении прибыли. Но в отраслях, связанных с автомобилями, достаточно сложно уменьшить затраты, так как они связаны с необходимыми регламентными работами, которые включают в себя замену технических жидкостей и сменных элементов, таких как фильтры, прокладки. Также в статью расходов вкладывается текущий ремонт и простой техники при выполнении всех видов работ, таким образом, снижение времени простоев напрямую повлияет на снижение затрат. Этого можно добиться путем своевременного контроля за состоянием узлов и агрегатов техники, выявляя элементы с малым остаточным ресурсом на ранней стадии. Один из наиболее эффективных способов контроля является проведение периодических диагностических операций. Так, для определения состояния редуктора мотор-колеса БЕЛАЗ применяются следующие методики: вибрационная, шумовая и тепловая. Все три способа зарекомендовали себя с наилучшей стороны и позволяют определять состояние редуктора в реальном времени, не останавливая технику для проведения диагностических работ. Это положительно сказывается на всей производственной линии по добыче.

Ключевые слова: Редуктор, надежность, вибрация, шум, температура.

Abstract:

The main goal of any enterprise is to reduce costs and to increase profits. However, in the industries related to automobiles, it is quite difficult to reduce costs, since they are associated with necessary routine maintenance, which includes the replacement of technical liquids and replaceable elements such as filters, gasket seals. Also, current maintenance and equipment downtime when performing all types of work are included in the expenditure item, thus reducing downtime will directly affect cost reduction. This can be achieved by timely monitoring the condition of components and units of equipment by identifying elements with a small residual service life at an

early stage. One of the most effective control methods is the implementation of periodic diagnostic operations. Thus, such approaches as vibration, noise and heat methods are used to determine the state of a BELAZ motor-wheel gearbox. All three methods have proved themselves as the best and allow us to determine the condition of a gearbox in real time, without stopping the equipment for diagnostic work; it has a positive effect on the entire mining production line.

Key words: Gearbox, reliability, vibration, noise, temperature.



Рис. 1. Способ крепления прибора «Диамех 2000» на обод колеса
Fig. 1. Method of fixing the device "Diamekh 2000" to the wheel rim

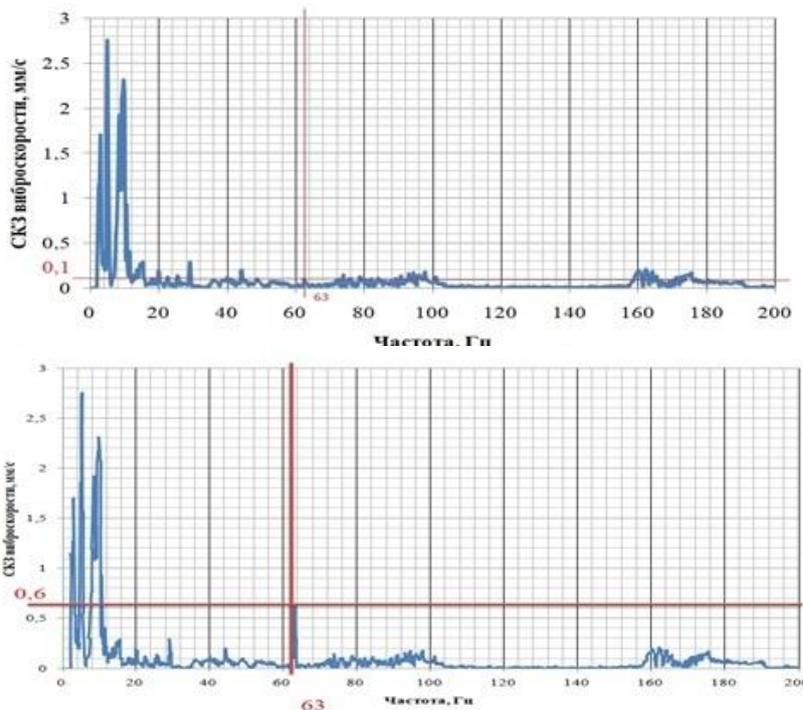


Рис. 2. Изменение уровня вибрации в редукторе мотор-колеса на частоте 63 Гц
Fig. 2. Changing the vibration level in the gearbox of the motor - wheel at a frequency of 63 Hz

На предприятиях, занимающихся добычей полезных ископаемых открытым способом, все большую популярность приобретают карьерные самосвалы. Такая тенденция преобладания данного вида транспорта связана с их высокой надежностью, гибкостью изменения маршрутов, приспособленностью к различным климатическим условиям, малой капиталоемкостью. Кроме этих основных преимуществ, карьерные автосамосвалы обладают рядом других положительных моментов, а именно: высокая маневренность и мобильность; малые размеры по сравнению с другими видами транспорта; автономность. Так, на предприятиях Кузбасса, занимающихся добычей угля открытым способом, доля перевозок с использованием автомобильного транспорта достигает 75 % и продолжает увеличиваться. [1, 2, 3]

Ежегодное увеличение объемов добываемого угля приводит к высокой трудоемкости и необходимости приобретения дополнительных единиц техники, что влечет за собой увеличение статьи расходов, связанных с проведением технического обслуживания и текущего ремонта горнодобывающего комплекса [4, 5, 6]. Снижение данного

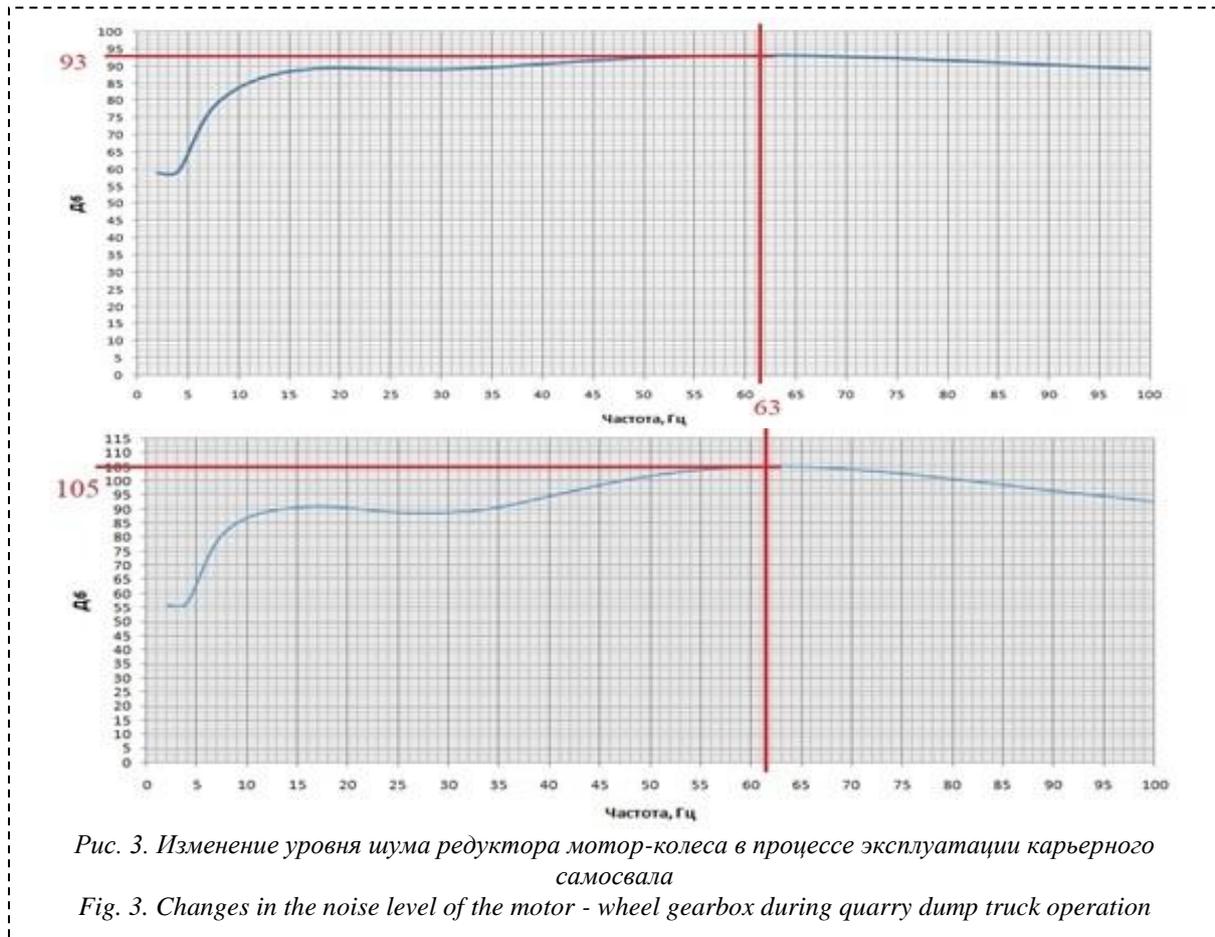


Рис. 3. Изменение уровня шума редуктора мотор-колеса в процессе эксплуатации карьерного самосвала

Fig. 3. Changes in the noise level of the motor - wheel gearbox during quarry dump truck operation

показателя возможно различными способами, но наиболее эффективным является увеличение надежности и долговечности узлов и механизмов применяемого оборудования.

Основной сложностью, с которой сталкиваются предприятия при реализации работ по повышению надежности и долговечности, является малая возможность предвидеть техническое состояние узлов и агрегатов. Такая ситуация складывается из-за малой информации о состоянии исследуемого механизма, поступающей в реальном времени. Таким образом, актуальной целью является разработка и внедрение методов по предопределению фактического технического состояния техники. Этого можно добиться путем внедрения технологической операции по диагностированию в регламентное обслуживание [7, 8, 9].

В настоящее время существует большое количество методов по безразборному диагностированию редукторов мотор-колеса карьерных самосвалов. У каждого есть как положительные качества, так и отрицательные. Метод физико-химического анализа эксплуатируемого масла достаточно точно показывает фактическое техническое состояние редуктора мотор-колеса, при этом по составу металлических примесей можно с большой достоверностью сказать, у какой именно детали

редуктора начался повышенный износ [10, 11, 12]. Главный недостаток данной методики – наличие на предприятии физико-химической лаборатории для проведения анализа либо подписание дополнительного соглашения со сторонней организацией. Отсутствие данного недостатка делает более оптимальными следующие три методики.

Виброакустическая диагностика включает в себя два метода, взаимно дополняющих друг друга. При проведении диагностики таким способом производится замер уровня шума и вибрации. Эти два показателя являются следствием друг друга. При работе исправного редуктора вибрация и шум будут присутствовать обязательно, только их уровень можно назвать минимальным. При выходе из строя или начавшемся повышенном износе шум и вибрация будут увеличиваться. Под выходом из строя понимается поломка шестерен либо срезание одного или нескольких зубьев на них. Таким образом, что при одном случае, что при другом появляются ударные силы, которые и являются причиной повышения шума и вибрации. При этом проведенные замеры можно сохранять в виде диаграмм как эталонные и сравнивать с ними последующие. Это необходимо осуществлять, так как для человека тяжело уловить небольшие изменения уровня шума и вибрации, а по диаграммам возможно точно указать на

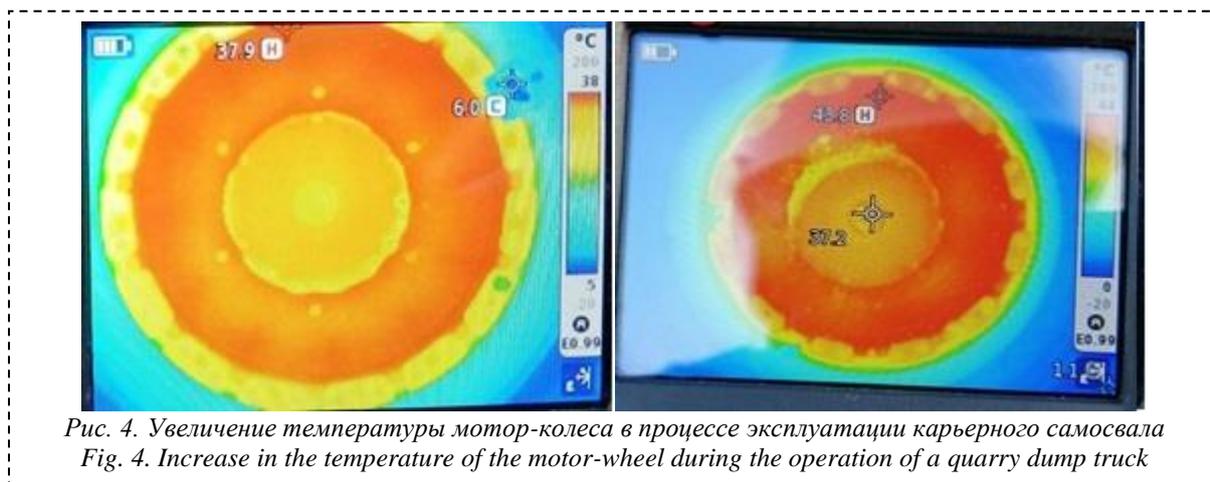


Рис. 4. Увеличение температуры мотор-колеса в процессе эксплуатации карьерного самосвала

Fig. 4. Increase in the temperature of the motor-wheel during the operation of a quarry dump truck

происходящие изменения. На рис. 1 показан способ и место крепления прибора «Диамех 2000» на обод колеса для замеров уровня вибрации в редукторе мотор-колеса БЕЛАЗ.

На рис. 2 представлены две диаграммы по замерам уровня вибрации в редукторе мотор-колеса. Верхний график снят на исправном редукторе, а нижний уже с редуктора с дефектом. Так при анализе графиков видно, что при частоте 63 Гц, на редукторе с дефектом присутствует небольшой рост вибрации. Но данный метод не позволяет выявить причину шума, он лишь информирует о начавшихся изменениях в редукторе по сравнению с исправным.

Одновременно с замером вибрации производился съем уровня шума в редукторе с помощью прибора «Ассистент SI V1». Прибор устанавливался на обод колес аналогично прибору «Диамех 2000» на рис. 1. На рис. 3 представлены две диаграммы по замерам шума, на верхнем графике показатель шума равен 93 Дб и является «отправной» точкой, так как снятие сигнала производилось на исправном редукторе. На нижнем наблюдается увеличение шума до показателя 105 Дб, именно в этот момент наблюдается и повышенная вибрация, то есть подтверждается предположение, сделанное выше, о том, что вибрация и шум взаимосвязанные и появление одного из показателей сопровождается появлением второго. Но также, как и при безразборной диагностике методом измерения вибрации, измерение шума информирует только о наличии неисправности либо о наступлении скорого отказа, но не указывает на причину возникновения шумов.

Третий метод безразборной диагностики редукторов мотор-колеса БЕЛАЗ – это температурный анализ с помощью тепловизора. В данном случае нет необходимости устанавливать какие-либо датчики на карьерный самосвал, достаточно находиться рядом с ним, но в этом и недостаток, так как для каждого измерения необходимо выезжать на карьер для проведения замеров, когда при предыдущих методах возможно

производить замеры дистанционно. Как известно, при работе масла в нем накапливаются металлические примеси, на основе которых можно сделать вывод о фактическом техническом состоянии редуктора; при засорении масла различными отложениями и продуктами износа нарушаются его физико-химические свойства, в том числе и вязкость. В связи с этим в местах износа «налипают» различные частицы, что в свою очередь увеличивает силу трения, как следствие, локально возрастает температура как самого масла, так и всего узла. Главный плюс температурного анализа заключается в определении локальных перегревов, что позволяет определить вероятную неисправную деталь редуктора.

На рис. 4 представлены снимки с тепловизора «Testo 870», при замере температуры редуктора мотор-колеса БЕЛАЗ. На левой фотографии температурный показатель в самой горячей точке равен 37.9°C. Данный замер производился на исправном карьерном самосвале. На второй фотографии представлена термическая диаграмма с редуктора, на котором выявлен дефект. Это тот же самый редуктор, что и в предыдущих исследованиях. Таким образом, наблюдается рост температуры практически на 5°C, что свидетельствует о наличии дефектов редуктора или его элементов. Как говорилось выше, температурный анализ позволяет локализовать местоположение дефекта, но не определить неисправную деталь точно, то есть он может выявлять наличие, но не конкретную неисправность.

Одними из главных показателей производительности угледобывающих предприятий являются надежность и долговечность. Увеличение этих параметров позволит не только сократить затраты на ремонт и техническое обслуживание, но и сократить время простоя техники при текущем ремонте. Наиболее эффективный способ увеличения показателей надежности, это внедрение технологической операции по безразборному диагностированию узлов и агрегатов угледобывающего комплекса.

Так для определения фактического технического состояния редукторов мотор-колеса БЕЛАЗ, применяется несколько различных методик, но каждая из них по отдельности не дает полной картины по целостности самого редуктора и исправности его элементов. Следовательно, необходимо применять их в комплексе, за счет чего можно предсказать с большой вероятностью

состояние редуктора и его оставшийся ресурс, причем не обязательно проводить все операции сразу, достаточно использовать одну методику для выявления дефекта, а уже при его наличии проводить дальнейшую диагностику, до того момента пока не будет выявлена причина неисправности исследуемого узла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Dadonov M., Kulpin A., Ostanin O., Suleimenov E. Distribution of static normal reactions to wheels of open-pit dump trucks depending on the longitudinal and cross sections of the open-pit road // E3S Web of Conferences. International Innovative Mining Symposium. 2019, Vol. 105, 03009.
2. Kosolapov A., Krysin S., The Raising Influence of Information Technologies on Professional Training in the Sphere of Automated Driving When Transporting Mined Rock, E3S Web of Conferences 21, 03012 (2017).
3. Zhironkin S.A. Economic and technological role of Kuzbass industry in the implementation of national energy strategy of Russian Federation / S.A. Zhironkin, G.A. Barysheva, A.A. Khoreshok, M.A. Tyulenev, M.C. Hellmer // Innovative Technologies in Engineering, 2016. – С. 12127.
4. Stenin D., Stenina N., Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads, E3S Web of Conferences, 23. 03002 (2017).
5. Stenin D.V. Influence of service conditions of quarry dump trucks on the thermal state large-size tires / D.V. Stenin, A.G. Kulpin, Evgeniy E. Kultayev, E.E. Kulpina, Valeriy A. Borovtsov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016. – С. 116-119.
6. Stenin, D.V. Evaluation of the open pit vehicles loading influence on the reliability of motor-wheel reducers / D.V. Stenin, N.A. Stenina, A.A. Bakanov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016. – С. 256-260.
7. Взаимосвязь гранулометрического состава и энергоемкости дробления при различных технологиях разработки угольных пластов / И.А. Паначев, А.В. Бирюков, В.А. Шаламанов, А.В. Винидиктов // Вестник КузГТУ. – 2019. – №6. – С. 51-55.
8. Комплексная оценка технического уровня механического оборудования карьеров / Ю.Е. Воронов, А.В. Косолапов, А.Ю. Воронов, В.Г. Ромашко, А.Ю. Воронов // Горное оборудование и электромеханика. – 2019. – №4. – С. 26-33.
9. Фурман А.С. Исследование транспортного процесса карьерных автосамосвалов / А.С. Фурман, А.А., Г.Д. Буялич // Горное оборудование и электромеханика. – № 5. – 2017. – С. 40-42.
10. Kudrevatykh A., Ashcheulov A., Ashcheulova A., Karnadud O., Rattmann L. Actual Technical Condition Assessment of a Motor-Wheel Gear of A Dump Truck Belaz Based on the Operating Oil Parameters // E3S Web of Conferences IVth International Innovative Mining Symposium, 2019, 105, 03021.
11. Kudrevatykh A.V. Actual technical condition assessment of mine excavators' slewing gear based on the operating oil parameters / A.V. Kudrevatykh, A.S. Ashcheulov and A.S. Ashcheulova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 537 (2019). 032033.
12. Бредихин, А.А. Современные технологии эксплуатации и обслуживания карьерного автотранспорта / А. А. Бредихин, Д. А. Нигматуллин // Горный журнал, 2007. – № 5. С. 40-43.
13. Герике, Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов: Учеб. пособие. – В 2-х ч. Ч. 1: Мониторинг технического состояния по параметрам вибрационных процессов / Кузб. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 1999 – 188с.
14. Гордиенко, Б.В. Повышение эффективности эксплуатации технологического автотранспорта на угольных разрезах / Б.В. Гордиенко, И.И. Полтавский, Г.П. Останин. – Кемерово: Кузбассвуиздат, 2001. – 166с.
15. Соколов, А.И. Оценка работоспособности машин по параметрам работающего масла. Учеб. пособие / А.И. Соколов, Н.Т. Тищенко, В.А. Аметов. – Томск: Изд-во Томского университета, 1991. – 200с.
16. Фурман, А.С. О нормировании расхода топлива на карьерном транспорте / А.С. Фурман, Д.В. Стенин, В.Е. Ашихмин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2006. - № 1 (52). С. 125-127.

REFERENCES

1. Dadonov M., Kulpin A., Ostanin O., Suleimenov E. Distribution of static normal reactions to wheels of open-pit dump trucks depending on the longitudinal and cross sections of the open-pit road // E3S Web of Conferences. International Innovative Mining Symposium. 2019, Vol. 105, 03009.
2. Kosolapov A., Krysin S., The Raising Influence of Information Technologies on Professional Training in the Sphere of Automated Driving When Transporting Mined Rock, E3S Web of Conferences 21, 03012 (2017).
3. Zhironkin S.A. Economic and technological role of Kuzbass industry in the implementation of national energy strategy of Russian Federation / S.A. Zhironkin, G.A. Barysheva, A.A. Khoreshok, M.A. Tyulenev, M.C. Hellmer // Innovative Technologies in Engineering, 2016. – С. 12127.
4. Stenin D., Stenina N., Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads, E3S Web of Conferences, 23. 03002 (2017).
5. Stenin D.V. Influence of service conditions of quarry dump trucks on the thermal state large-size tires / D.V. Stenin, A.G. Kulpin, Evgeniy E. Kultayev, E.E. Kulpina, Valeriy A. Borovtsov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016. – С. 116-119.
6. Stenin, D.V. Evaluation of the open pit vehicles loading influence on the reliability of motor - wheel reducers / D.V. Stenin, N.A. Stenina, A.A. Bakanov // Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety, 2016. – С. 256-260.
7. The relationship between the granulometric composition and the energy consumption of crushing in various technologies of coal seams development / I.A. Panachev, A.V. Biryukov, V.A. Shalamanov, A.V. Vinidiktov // Bulletin of KuzSTU. – 2019. – No. 6. – P. 51-55.
8. Complex assessment of technical level of mechanical equipment in open pits / Yu.E. Voronov, A.V. Kosolapov, A. Yu. Voronov, V.G. Romashko // Mining equipment and electromechanics. – 2019. – No. 4. – P. 26-33.
9. Furman A.S. Investigation of the transport process of dump trucks / A.S. Furman, A.A., G.D. Buyalich // Mining equipment and electromechanics. – No. 5. – 2017. – P. 40-42.
10. Kudrevatykh A., Ashcheulov A., Ashcheulova A., Karnadud O., Rattmann L. Actual Technical Condition Assessment of a Motor-Wheel Gear of A Dump Truck Belaz Based on the Operating Oil Parameters // E3S Web of Conferences IVth International Innovative Mining Symposium, 2019, 105, 03021.
11. Kudrevatykh A.V. Actual technical condition assessment of mine excavators' slewing gear based on the operating oil parameters / A.V. Kudrevatykh, A.S. Ashcheulov and A.S. Ashcheulova // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 537 (2019). 032033
12. Bredikhin, A.A. Modern technologies of operation and maintenance of open-pit vehicles / A. A. Bredikhin, D.A. Nigmatullin // Mining Journal, 2007. – No. 5. P. 40-43.
13. Guericke, B.L. Monitoring and diagnostics of the technical state of machine units: Textbook. Part 1: Monitoring the technical condition of the parameters of vibration processes / KuzSTU. – Kemerovo, 1999 – 188p.
14. Gordienko, B.V. Improving the efficiency of operation of technological vehicles at coal mines / B.V. Gordienko, I.I. Poltavsky, G.P. Ostanin. – Kemerovo: Kuzbassvuzizdat, 2001. – 166p.
15. Sokolov, A.I. Evaluation of machine performance by parameters of operating oil. Textbook. / A.I. Sokolov, N.T. Tishchenko, V.A. Ametov. – Tomsk: Publishing house of Tomsk University, 1991. – 200p.
16. Furman, A.S. On the regulation of fuel consumption in quarry transport / A.S. Furman, D.V. Stenin, V.E. Ashikhmin // Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2006. – No. 1 (52). P. 125-127.

Поступило в редакцию 06.03.2021

Received 06 March 2021