

Стенин Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук, доцент, Стенина Наталья Александровна, канд. техн. наук, доцент

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

E-mail: sdv.ca@kuzstu.ru

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Аннотация: В работе рассмотрены актуальные вопросы повышения надежности и, соответственно, эффективности использования карьерного автотранспорта на горнодобывающих предприятиях. Надежность карьерных самосвалов характеризуется количеством отказов их элементов и коэффициентом готовности. Значения указанных показателей зависят от условий эксплуатации самосвалов, в частности, от того, насколько загружен самосвал и от того, какой вместимости ковш экскаватора используется при погрузке. Кроме того, в работе рассмотрены такие вопросы, как влияние на параметры горнотранспортного оборудования и на величину оптимальной степени загрузки самосвала плотности и степени разрыхления горных пород.

Ключевые слова: карьерный самосвал; надежность; количество отказов; оптимальная степень загрузки самосвала; производительность.

Информация о статье: принята 01 июня 2019 г.
DOI: 10.26730/1816-4528-2019-2-10-14

Бесспорным является тот факт, что открытый способ добычи полезных ископаемых является лидирующим и наиболее перспективным способом добычи полезных ископаемых. Его доля – это более 70% процентов объемов добычи в России и более 80% за рубежом.

За последнее десятилетие добыча угля в России увеличилась на 107 млн. т открытым способом [1].

Карьерный транспорт является неотъемлемой частью технологического процесса добычи. Затраты на транспортирование и связанные с этим работы достигают 60-70% всех затрат, а значит, от четкой и производительной работы этого звена зависит эффективность работы как горнотранспортного оборудования, всего карьера в целом, так и себестоимость конечного продукта.

Все это говорит о том, что развитие и совершенствование карьерного транспорта является одним из основных вопросов при добыче полезных ископаемых открытым способом.

Наиболее распространенным видом карьерного транспорта как в России, так и за рубежом является автомобильный. Происходит это в силу ряда преимуществ таких, как взаимная независимость работы, возможность использования на начальных этапах разработки карьера, возможность селективной (раздельной) выемки, сокращение расстояния транспортирования за счет больших преодолеваемых подъемов и другие. Наряду с неоспоримыми преимуществами карьерный автотранспорт обладает и рядом недостатков, которые предъявляют повышенные требования к эффективности работы самосвалов. Основные из них – это большие затраты на горюче-смазочные материалы, шины,

техническое обслуживание и ремонт, большой штат обслуживающего персонала и другие. Основные статьи расхода, влияющие на себестоимость транспортирования горной массы – это амортизация (25-30%), заработная плата водителей (около 20%), затраты на шины (около 20%), техническое обслуживание и ремонт (около 15%) и затраты на горюче-смазочные материалы (около 10%) [2].

Анализ организации работы самосвалов на разрезах показывает, что автосамосвалы зачастую работают со значительным перегрузом (до 20%) в условиях их низкой технической готовности [3].

Производительность карьерных самосвалов, являющаяся одним из показателей эффективности работы, определяется многими факторами, среди которых можно выделить расстояние транспортирования, техническую скорость движения, тип экскаваторов, степень использования рабочего времени. Степень использования рабочего времени в свою очередь зависит от продолжительности простоев самосвалов в техническом обслуживании и ремонте.

Казалось бы, простои самосвалов в техническом обслуживании – это величина регламентируемая, и никаких резервов повышения производительности автотранспорта здесь нет. Однако существующие методы организации технического обслуживания (именно карьерного автотранспорта), разработанные и внедренные несколько десятилетий назад, в настоящее время растеряли свою продуктивность и должны быть пересмотрены кардинально. Необходимы инновационные методы организации, способные значительно сократить время простоев самосвалов в техническом обслуживании.

Несмотря на это, в данной статье будет рассмотрен другой ресурс, с помощью которого возможно повысить эффективность использования карьерного автотранспорта, – это продолжительность простоя в ремонте.

Сохраняющаяся тенденция увеличения грузоподъемности самосвалов (несмотря на это, революционного скачка ждать уже не стоит) предъявляет повышенные требования к каждой отдельно взятой машине, так как отсутствие на линии даже одного самосвала значительно скажется на производительности всего карьера.

Проблемам повышения надежности и эффективности карьерного автотранспорта посвятили свои работы следующие ученые: М.В. Васильев [4], А.А. Кулешов [5, 7], М.Г. Потапов, В.П. Смирнов [6]. Нарботки были выполнены А.К. Вернацким, Е.К. Почтенным, А.А. Ракитским на заводе-изготовителе карьерных автосамосвалов БелАЗ [7]. Одним из ведущих специалистов в области надежности и качества горных машин – Г.И. Солодом [8] была предложена методика безэкспертной оценки качества горных машин.

Основная причина простоев самосвалов в ремонте – это отказы. Распределение отказов выглядит следующим образом: 10-15% по климатическим условиям и 85-90% – по техническим причинам. Среди технических отказов в качестве основных можно выделить шины, несущую систему, двигатель, элементы трансмиссии и другие [9-12].

Большая доля отказов – это отказы несущей системы, в частности, рамы самосвала вследствие больших динамических нагрузок, возникающих как при погрузке экскаватором, так и при движении груженого самосвала (особенно в тех случаях, когда самосвал перегружен, то есть степень загрузки его более 1,0. Кроме того, отказ таких дорогостоящих элементов, как рама или редуктор мотор-колеса влечет за собой значительные затраты и, следовательно, существенно сказывается на себестоимости конечного продукта [13].

Степень загрузки автосамосвала в данном случае рассматривается как отношение фактического количества загружаемых ковшей ($n_{\text{ф}}$) к потенциально возможному количеству ковшей ($n_{\text{п.в.}}$):

$$C_3 = \frac{n_{\text{ф}}}{n_{\text{п.в.}}}, \quad (1)$$

Таким образом, обеспечение оптимальной степени загрузки карьерных самосвалов и выбор ковша экскаватора оптимальной вместимости является актуальной задачей, решение которой для конкретных горнотехнических, горно-геологических и других условий эксплуатации позволит уменьшить количество отказов, снизить продолжительность простоя самосвалов в ремонте и повысить их производительность.

При погрузочных операциях важное значение имеет соотношение вместимостей ковша экскаватора и кузова автосамосвала, определяющее число ковшей горной массы, погружаемой в автосамосвал. Установить строгое кратное соотношение между этими параметрами трудно, поскольку плотность

горной массы даже для одного и того же забоя может изменяться в широких пределах.

Динамика загрузки автосамосвала регулируется в первую очередь изменением высоты падения груза в определенных пределах, определяемых главным образом конструктивными параметрами ковша экскаватора. С увеличением мощности экскаваторов и, следовательно, вместимости ковша минимальная высота разгрузки и фактическая минимальная высота падения груза увеличиваются. Таким образом, при уменьшении соотношения V_a/V_3 увеличивается масса груза, находящаяся в ковше экскаватора, в результате чего возрастают динамические нагрузки на опорные металлоконструкции автосамосвала, а их ресурс снижается.

Динамические нагрузки, испытываемые автосамосвалом при разгрузке ковша, во многом зависят от точки приложения динамических нагрузок в площади платформы, а динамические нагрузки на узлы и элементы при движении автосамосвала – от равномерности распределения груза на платформе. Смещение центра тяжести груженого автосамосвала относительно поперечной оси приводит к перекосу поддрессоренной массы, неравномерному износу элементов машины при движении, особенно рессорного подвешивания, уменьшению устойчивости автосамосвала.

Для обеспечения наименьших динамических нагрузок на металлоконструкцию автомашины первой, а иногда и второй ковш экскаватора (погрузчика) должен быть наполнен разрыхленной горной массой. Его следует разгружать в районе задней части платформы, одновременно создавая подсыпку под следующий ковш.

В соответствии с результатами расчетов в паспорте указывают также истинный объем горной массы в платформе автосамосвала и в разрыхленном состоянии. Исходя из объема горной массы в ковше применяемого погрузочного оборудования, в паспорте указывают рекомендуемое число циклов погрузки с целью обеспечения оптимальной загрузки автосамосвала, а также порядок разгрузки ковшей с учетом динамического фактора (высота разгрузки, порядок и место разгрузки каждого ковша).

Однако на практике обеспечить равномерную загрузку автосамосвала в некоторых случаях затруднительно из-за несоответствия параметров ковша и грузовой платформы. Соответствие этих параметров определяется критерием оптимизации:

$$W_{\text{год}} = \max \Rightarrow \frac{V_a}{V_3} \rightarrow \text{оптим}, \quad (2)$$

где
 $W_{\text{год}}$ – годовая производительность самосвала, т/год;
 V_a – вместимость кузова самосвала, м³;
 V_3 – вместимость ковша экскаватора, м³.

Как показали расчеты, оптимальное значение указанного соотношения зависит от многих параметров, среди которых эксплуатационные, горнотехнические, горно-геологические и другие.

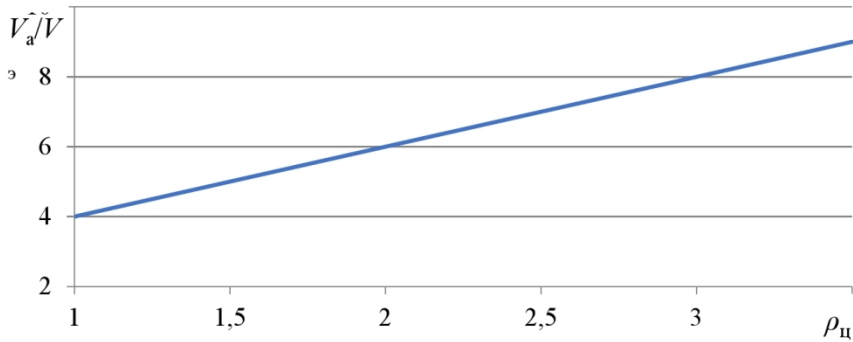


Рис. 1. Зависимость соотношения V_a/V_e от плотности горной массы ($\rho_{ц}$)
 Fig. 1. The dependence of the ratio V_a/V_e on the density of the rock mass ($\rho_{ц}$)

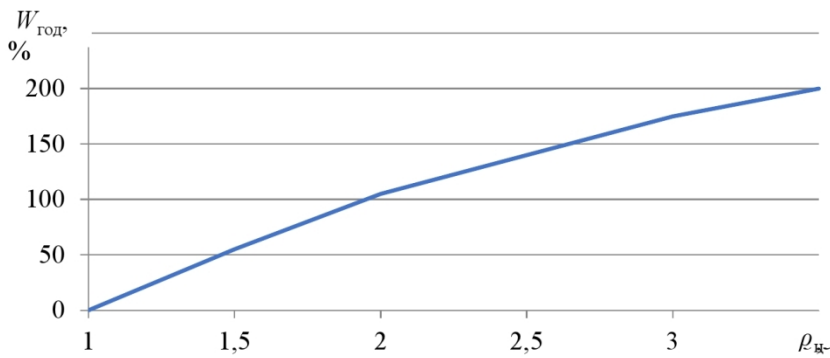


Рис. 2. Изменение годовой производительности ($W_{год}$) от плотности горной массы ($\rho_{ц}$)
 Fig. 2. Change in annual productivity ($W_{год}$) from the density of the rock mass ($\rho_{ц}$)

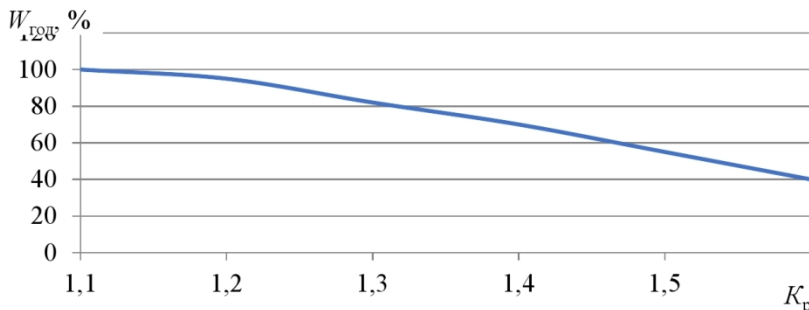


Рис. 3. Изменение годовой производительности ($W_{год}$) от коэффициента разрыхления горной массы (K_p)
 Fig. 3. The change in annual performance ($W_{год}$) from the coefficient of loosening of the rock mass (K_p)

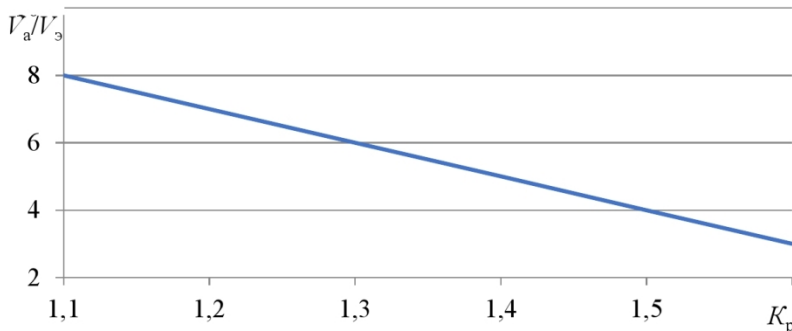


Рис. 4. Зависимость соотношения V_a/V_e от коэффициента разрыхления горной массы (K_p)
 Fig. 4. The dependence of the ratio V_a/V_e on the coefficient of loosening of the rock mass (K_p)

Ниже приведены зависимости, которые показывают, как влияет плотность горной массы и коэффициент разрыхления на величину соотношения вместимостей кузова и ковша и, следовательно, на величину годовой производительности (рис. 1-4).

Коэффициент разрыхления горной массы влияет не только на динамические нагрузки в несущей системе автосамосвала, но и на продолжительность цикла экскаватора, а значит, также будет оказывать влияние на производительность и выбор оптимального соотношения V_a/V_e .

Таким образом, установлено, что с увеличением плотности горной породы возрастает годовая производительность автосамосвала, для получения которой необходимо применять большее соотношение V_a/V_e (рис. 1-2), а при увеличении коэффициента разрыхления горной массы годовая производительность и оптимальное соотношение V_a/V_e уменьшаются (рис. 3-4).

Все перечисленные факторы рассмотрены с целью определения характера их влияния на соотношение V_a/V_e . Все эти факторы действуют в неразрывной совокупности, поэтому рациональное соотношение вместимости кузова автосамосвала и ковша экскаватора целесообразно определять с помощью математической модели, позволяющей учесть изменение всех влияющих факторов и оценить степень их влияния.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Таразанов И.Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь–декабрь 2018 г. // Уголь, 2019. – № 3. С. 69-79.
2. Анистратов, К.Ю. Исследование закономерностей изменения показателей работы карьерных самосвалов в течение срока их эксплуатации / К.Ю. Анистратов, М.С. Градусов, В.Я. Стремиллов, М.В. Тетерин // Горная промышленность, 2006. – №6.

3. Галиев, С.Ж. Исследование влияния режима загрузки автосамосвалов и уклона дорог на эффективность работы горно-транспортных комплексов карьеров / С.Ж. Галиев, Г.К. Саменов. 2015. – С. 311-329.
4. Васильев, М.В. Эксплуатация карьерного автотранспорта / М.В. Васильев, В. П. Смирнов, А.А. Кулешов. – М.: Недра, 1979. – 280 с.
5. Кулешов А.А. Выбор оптимальной типажной структуры экскаваторно-автомобильных комплексов для условий конкретного карьера. – Ленинград, 1989. – 70 с.
6. Смирнов, В.П. Теория карьерного большегрузного транспорта / В.П. Смирнов, Ю.И. Лель. – Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2002. – С. 355
7. Солод, Г.И. Повышение долговечности горных машин / Г.И. Солод, К.И. Шахова, В.И. Русихин. – М.: Машиностроение, 1979. – 184 с.
8. Stenin D.V., Stenina N.A., Bakanov A.A. (2016) Evaluation of the open pit vehicles loading influence on the reliability of motor-wheel reducers. *Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety* pp. 256-260.

9. Kudrevatykh A.V. (2016) The diagnostics of motor-wheel gears of quarry dump trucks based on bearing wear monitoring. *Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety*. pp. 252-255.
10. Stenin D., Stenina N. (2017) Dependence of reliability and resource of the elements of the design of quarry automatics with the degrees of their downloads. In the collection: *E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium*.
11. Voronov Yu., Voronov A. (2017) Functional quality criterion of rock handling mechanization at open-pit mines. In the collection: *E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium*.
12. Voronov Yu., Voronov A., Grishin S., Bujan-kin A. (2017) Increasing the technical level of mining haul trucks. In the collection: *E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium*.
13. Vesnin A.V., Sistuk V.O., Bogachevskiy A.O. (2015) The analysis of mining conditions influence to operating time of dump trucks traction drive components *Metallurgical and Mining Industry*, 2015, N3, pp. 268-271.

Dmitriy V. Stenin, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Natalya A. Stenina**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

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

INFLUENCE OF MINING TRANSPORT PARAMETERS EQUIPMENT ON THE EFFICIENCY OF USE OF CAREER DUMPERS

Abstract: *the work addressed current issues of increasing the reliability and, thus, the efficiency of the use of career auto-transport in mining enterprises. The reliability of quarry dumps, characterized by the number of failures of their elements and the coefficient of readiness. The values of these indicators depend on the operating conditions of the dump trucks, in particular, on how loaded the dump truck is and on the capacity of the excavator bucket used during loading. In addition, the work addressed issues such as the impact on the parameters of mining equipment and the value of the optimal loading level of a dump truck for the density and degree of loosening of rocks.*

Keywords: *dumper; reliability; the number of failures; optimum loading level of the dump truck; performance.*

Article info: *received June 01, 2019*

DOI: 10.26730/1816-4528-2019-2-10-14

REFERENCES

1. Tarazanov I.G. The results of the coal industry in Russia in January – December 2015 // *Coal*. 2019. – № 3. pp. 69-79.
2. Anistratov, K.Yu. Investigation of the regularities of changes in the performance indicators of mining dump trucks during their service life / K.Yu. Anistratov, M.S. Gradusov, V.Ya. Stremilov, M.V. Teterin // *Mining industry*, 2006. – №6.
3. Galiev S.Zh. Investigation of the influence of the mode of loading dump trucks and road slope on the

efficiency of mining and transport complexes of quarries / S.Zh. Galiev, G.K. Samenov. 2015. – pp. 311-329.

Electronic resource. Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-rezhimazagruzki-avtosamosvalov-i-uklona-dorog-na-effektivnost-raboty-gorno-transportnyh-kompleksov-kari-erov/>

4. Vasilyev, M.V. Operation of career vehicles / M.V. Vasilyev, V.P. Smirnov, A.A. Kuleshov. - M.: Nedra, 1979. – 280 p.

5. Kuleshov, A.A. The choice of the optimal type structure of excavator-car complexes for the conditions of a specific quarry. – Leningrad, 1989. – 70 p.

6. Smirnov, V.P. Theory of heavy duty transport / V.P. Smirnov, Yu.I. Lel. – Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002. – 355 p.

7. Malt, G.I. Increasing the durability of mining machines / G.I. Solod, K.I. Shakhova, V.I. Rusikhin. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 184 p.

8. Stenin D.V., Stenina N.A., Bakanov A.A. (2016) Evaluation of the open pit vehicles loading influence on the reliability of motor-wheel reducers. Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety pp. 256-260.

9. Kudrevatykh A.V. (2016) The diagnostics of motor-wheel gears of quarry dump trucks based on bearing wear monitoring. Coal in the 21st Century: Mining, Processing and Safety. pp. 252-255.

10. Stenin D., Stenina N. (2017) Dependence of reliability and resource of the elements of the design of

quarry automatics with the degrees of their downloads. In the collection: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium.

11. Voronov Yu., Voronov A. (2017) Functional quality criterion of rock handling mechanization at open-pit mines/ In the collection: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium.

12. Voronov Yu., Voronov A., Grishin S., Bujan-kin A. (2017) Increasing the technical level of mining haul trucks. In the collection: E3S Web of Conferences The Second International Innovative Mining Symposium.

13. Vesnin A.V., Sistuk V.O., Bogachevskiy A.O. (2015) The analysis of mining conditions influence to operating time of dump trucks traction drive components Metallurgical and Mining Industry, 2015, N3, pp.268-271.

Библиографическое описание статьи

Стенин Д.В., Стенина Н.А. Влияние параметров горнотранспортного оборудования на эффективность использования карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 2 (142). – С. 10-14.

Reference to article

Stenin D.V., Stenina N.A. Influence of mining transport parameters equipment on the efficiency of use of career dumpers. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 2 (142), pp. 10-14.