

Методики расчета расхода топлива карьерных самосвалов*

Methods for calculating the fuel consumption of mining dump trucks

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-11S-102-107>

АКСЕНОВ В.В.

Доктор техн. наук,
главный научный сотрудник
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: 55vva42@mail.ru

ПАШКОВ Д.А.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
научного центра
«Цифровые технологии»
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

ДУБИНКИН С.Д.

Студент ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева»,
650000, г. Кемерово, Россия

Проектирование новой техники сопровождается как техническими, так и экономическими расчетами. Рассчитываемым экономическим показателям в первую очередь относят себестоимость добычи полезного ископаемого и цену новой машины. Определение технико-экономических показателей необходимо проводить с учетом условий эксплуатации техники. Одним из показателей, на который влияют условия эксплуатации, является расход топлива карьерным самосвалом. В статье рассмотрены пять методик расчета расхода топлива карьерным самосвалом: А.Ю. Захарова, В.И. Галкина и Е.Е. Шешко, «БЕЛАЗа», Т.Ф. Подпорина, А.А. Кулешова. Из методик выявлено, что основными факторами, влияющими на расход топлива, являются: расстояние транспортирования, высота подъема горной массы, качество дорожного покрытия, КПД трансмиссии, масса перевозимого груза, порожняя масса самосвала. В результате сравнения полученных расходов топлива карьерным самосвалом БЕЛАЗ-75306 с реальным расходом топлива в условиях эксплуатации на одном из разрезов Кузбасса установлено, что наиболее точно расход топлива возможно определить по методике А.А. Кулешова.

Ключевые слова: добыча полезных ископаемых, карьерный самосвал, технико-экономическое обоснование, расход топлива, методика, проектирование, затраты

Для цитирования: Аксенов В.В., Пашков Д.А., Дубинкин С.Д. Методики расчета расхода топлива карьерных самосвалов // Уголь. 2024;(11S):102-107. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11S-102-107.

* Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 № 075-15-2022-1198 с ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в рамках Комплексной научно-технической программы полного инновационного цикла «Разработка и внедрение комплекса технологий в областях разведки и добычи твердых полезных ископаемых, обеспечения промышленной безопасности, биоремедиации, создания новых продуктов глубокой переработки из угольного сырья при последовательном снижении экологической нагрузки на окружающую среду и рисков для жизни населения» (КНТП «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс») в части реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.



Abstract

The design of new equipment is accompanied by both technical calculations and economic ones. The calculated economic indicators primarily include the cost of mining and the price of a new car. The determination of technical and economic indicators should be carried out taking into account the operating conditions of the equipment. One of the indicators that is influenced by the operating conditions is the fuel consumption of a dump truck. The article considers 5 methods for calculating fuel consumption by a dump truck: methods of Zakharov A.Yu., Galkin V.I. and Sheshko E.E., BELAZ, Podporin T.F., Kuleshov A.A. From the methods, it was revealed that the main factors affecting fuel consumption are: the distance of transportation, the height of the mountain mass, the quality of the road surface, the efficiency of the transmission, the weight of the transported cargo, the empty weight of the dump truck. As a result of comparing the obtained fuel consumption of BELAZ-75306 dump trucks with the actual fuel consumption under operating conditions at one of the Kuzbass sections, it was found that it is possible to determine fuel consumption most accurately using the Kuleshov A.A. method.

Keywords

Mining, dump truck, feasibility study, fuel consumption, methodology, design, costs.

Acknowledgements

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation under Agreement № 075-15-2022-1198 dated 30.09.2022 with the Gorbachev Kuzbass State Technical University on complex scientific and technical program of full innovation cycle: "Development and implementation of complex technologies in the areas of exploration and extraction of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new deep conversion products from coal raw materials while consistently reducing the environmental impact and risks to human life" (the "Clean Coal – Green Kuzbass" Integrated Scientific and Technical Programme of the Full Innovation Cycle as part of implementing the project "Development and creation of an unmanned shuttle-type mine truck with a payload of 220 tonnes" in terms of research, development and experimental-design work.

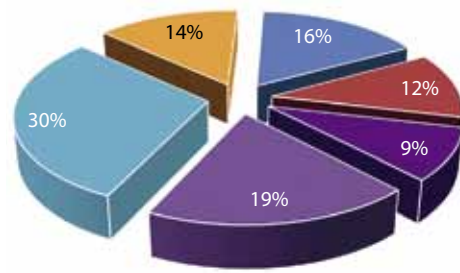
For citation

Aksenov V.V., Pashkov D.A., Dubinkin S.D. Methods for calculating the fuel consumption of mining dump trucks. *Ugol'*. 2024;(115):102-107. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-102-107.

ВВЕДЕНИЕ

Коллективом авторов [1, 2, 3, 4, 5] ведутся работы по созданию беспилотного карьерного самосвала челночно-го типа грузоподъемностью 220 т. Проектирование карьерных самосвалов (КС) сопровождается не только техническими, но и экономическими расчетами конструкции [6, 7, 8, 9].

На стадии проектирования новой техники рассчитывают ряд экономических показателей, в первую очередь себестоимость добычи полезного ископаемого и цену новой машины. В процессе разработки новой конструкции



- Затраты на ТО и ремонт карьерного автосамосвала
- Затраты на ГСМ
- Затраты на КГШ
- Зарплата водителей
- Амортизационные отчисления
- Накладные расходы

Рис. 1. Структура затрат при эксплуатации карьерных самосвалов

Fig. 1. Cost structure for the operation of mining dump trucks

оптимизируют основные технико-экономические показатели: надежность, долговечность, производительность машины, габариты и массу новой техники, удельные расходы энергоресурсов и другие [10, 11, 12, 13].

Определение технико-экономических показателей необходимо проводить с учетом условий эксплуатации техники. Одним из показателей, на который влияют условия эксплуатации является расход топлива КС. Важность данного показателя подтверждается тем, что на перемещение горной массы приходится до 70% от всех затрат на добычу полезного ископаемого, а затраты на топливо составляют 12% от затрат при эксплуатации КС (рис. 1) [14, 15].

Для определения расхода топлива КС с учетом условий эксплуатации разработаны методики его расчета [16, 17, 18, 19, 20]. Разработанные методики расчета расхода топлива КС отличаются, что подчеркивает актуальность проведения их анализа на соответствие полученных результатов по реальному расходу топлива КС в условиях эксплуатации на карьере.

МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА КС

В работе рассматриваются пять методик, разработанных авторами: А.Ю. Захаровым [16]; В.И. Галкиным и Е.Е. Шешко [17]; специалистами завода БЕЛАЗ [18]; Т.Ф. Подпорным [19]; А.А. Кулешовым [20].

Методика из работы А.Ю. Захарова

При глубинном залегании (груз транспортируется снизу вверх) необходимая механическая работа за один цикл определяется:

$$A = A_{\text{гр}} + A_{\text{пор}}, \quad (1)$$

где $A_{\text{гр}}$ – требуемая энергия для транспортирования груза и автосамосвала от забоя до отвала (склада) – груженный режим, кДж; $A_{\text{пор}}$ – требуемая энергия для транспортирования автосамосвала от отвала (склада) до забоя – порожний режим, кДж.

$$A_{\text{гр}} = (q_{\text{т}} + q_{\text{ф}})(w_0 S + gH), \quad (2)$$

где q_T – порожняя масса автосамосвала, т; q_ϕ – масса груза в кузове автосамосвала, т; w_0 – обобщенный коэффициент сопротивления движению самосвала, Н/т (или Н/кН); S – расстояние транспортирования, км; H – высота подъема (или спуска), м.

$$A_{\text{пор}} = q_T(w_0 1,25S - gH). \quad (3)$$

При отрицательном значении $A_{\text{пор}}$ принимаем $A_{\text{пор}} = 0$.

При нагорном залегании (груз транспортируется сверху вниз) необходимая механическая работа определяется:

$$A_{\text{гр}} = (q_T + q_\phi)(w_0 S - gH). \quad (4)$$

При отрицательном значении $A_{\text{гр}}$ принимаем $A_{\text{гр}} = 0$.

$$A_{\text{пор}} = q_T(w_0 1,25S + gH). \quad (5)$$

Расчет расхода топлива:

$$E_p = \frac{A}{4,187 q_{T.c} \eta_{\text{диз}} \eta_{\text{тр}}}, \quad (6)$$

где $q_{T.c}$ – теплотворная способность дизельного топлива; $\eta_{\text{диз}}$ – КПД дизельного двигателя; $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии автосамосвала.

Фактический расход топлива:

$$E_\phi = E_p k_{\text{зим}} k_{\text{м}} k_{\text{в.н}}, \quad (7)$$

где $k_{\text{зим}} = 1,05-1,10$ – коэффициент, учитывающий повышение расхода топлива в зимнее время; $k_{\text{м}} = 1,04-1,07$ – коэффициент, учитывающий расход топлива на маневры; $k_{\text{в.н}} = 1,04-1,06$ – коэффициент, учитывающий расход топлива на внутригаражные нужды.

Методика из работы В.И. Галкина и Е.Е. Шешко

При перемещении груза из глубинного карьера (снизу вверх) затрачиваемая механическая работа за рейс составит:

$$A = (q_T + q_\phi)(w_0 S + gH) + q_T(S - S_T)w_0, \quad (8)$$

где S_T – протяженность участков, на которых производится торможение самосвала, м.

При перемещении груза сверху вниз:

$$A = q_T(w_0 S + gH) + (q_T + q_\phi)(S - S_T)w_0. \quad (9)$$

Тогда расход топлива на движение в литрах составит:

$$E_p = \frac{A}{4,2 q_{T.c} \eta_{\text{дв}}}, \quad (10)$$

где $\eta_{\text{дв}}$ – КПД двигателя внутреннего сгорания и трансмиссии.

Полный расход топлива:

$$E_\phi = A_p k_{\text{з}} k_{\text{н}} k_{\text{м}}, \quad (11)$$

где $k_{\text{з}}$, $k_{\text{н}}$, $k_{\text{м}}$ – коэффициенты, учитывающие повышение расхода топлива в зимнее время, на гаражные нужды, на маневры.

Методика БЕЛАЗа

Расход топлива за один рейс автосамосвала в кг:

$$q_{\text{топл}} = \gamma_T \left[(1 + 2k_T) \frac{S w'_0}{1000} + \frac{H_{\text{сп}}(1 + k_T)}{1000} \right] q_\phi \quad (12)$$

где γ_T – плотность топлива, г/см³; k_T – коэффициент тары; w'_0 – средневзвешенный коэффициент сопротивления движению самосвала, Н/кН; $H_{\text{сп}}$ – средневзвешенная высота подъема (спуска) груза, м.

$$k_T = \frac{q_T}{q_\phi}. \quad (13)$$

$$w'_0 = \frac{\sum w_{0i} S_i}{S}. \quad (14)$$

Расход топлива за рейс в литрах:

$$q'_{\text{топл}} = \frac{q_{\text{топл}}}{\delta}, \quad (15)$$

где δ – плотность дизельного топлива, кг/л.

Методика из работы Т.Ф. Подпорина

Расход топлива за рейс при применении автосамосвалов с электромеханической передачей в кг:

$$q'_{\text{и}} = 0,91 \left[(1 + 2,25k_T) \frac{S w'_0}{1000} + \frac{H_{\text{сп}}}{1000} \right] q_\phi. \quad (16)$$

Расход топлива за рейс определяется по формуле (15).

Методика из работы А.А. Кулешова

В соответствии с методикой удельный расход топлива самосвалом на единицу транспортной работы в л/ткм:

$$Q_{\text{т.уд}}^{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{т}}^{\text{уд}}}{3600 \gamma_T \eta_{\text{тр}}}, \quad (17)$$

где $Q_{\text{т}}^{\text{уд}}$ – удельный расход топлива двигателем самосвала при номинальной мощности (определяется по характеристике двигателя), кВт·ч.

Расход топлива при перемещении груженого самосвала по горизонтали за рейс:

$$Q_{\text{т}}^{\text{гориз}} = [S k_{\text{ск}} (2k_T + 1) q_\phi] Q_{\text{т.уд}}^{\text{тр}}, \quad (18)$$

где $k_{\text{ск}}$ – коэффициент сопротивления качению.

Расход топлива при перемещении груженого самосвала по вертикали за рейс:

$$Q_{\text{т}}^{\text{верт}} = S \frac{H(k_T + 1)}{1000} q_\phi Q_{\text{т.уд}}^{\text{тр}}. \quad (19)$$

Формулы (18) и (19) не учитывают количество топлива при выполнении погрузочных и разгрузочных операций, включающих маневровые движения и холостую работу двигателя. В рассматриваемой методике эти величины учитываются путем увеличения суммарного расхода топлива на 20%.

В этом случае общий эксплуатационный расход топлива будет равен:

$$Q'_T = 1,2 (Q_{\text{т}}^{\text{гориз}} + Q_{\text{т}}^{\text{верт}}). \quad (20)$$

Рассматриваемые методики расчета расхода топлива КС направлены на определение совершаемой механической работы при транспортировании горной массы за один цикл. Отличием являются значения постоянных коэффициентов в формулах. Основными факторами, влияющими на расход топлива, являются: расстояние транспортиро-

Параметры трассы для расчета расхода топлива

Route parameters for calculating fuel consumption

№ участка	Высота над уровнем моря, м		Длина участка, м	Суммарная длина трассы, м
1-2	42	67,9	438	438
2-3	67,9	81,6	125	563
3-4	81,6	101	250	813
4-5	101	205,8	1000	1813
5-6	205,8	242,8	575	2388
6-7	242,8	260	375	2763

вания, высота подъема горной массы, качество дорожно-го покрытия, КПД трансмиссии, масса перевозимого груза, порожняя масса самосвала. Стоит отметить, что в выражениях А.А. Кулешова присутствует удельный расход топлива двигателем самосвала при номинальной мощности, значение которого идет в технических характеристиках самосвала.

АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА РАСХОДА ТОПЛИВА КС

Для анализа методик расчета расхода топлива КС проведем сравнение полученных по ним результатов с реальным расходом топлива КС в условиях эксплуатации на одном из разрезов Кузбасса.

Расчет расхода топлива проведем для трассы (рис. 2) с исходным профилем, представленным на рис. 3 и параметрами – в табл. 1. Данные по фактическому расходу топлива, марке самосвала и массе горной породы в кузове получены из диспетчерского центра разреза и представлены в табл. 2.

Согласно рассмотренным методикам, необходимо еще знать обобщенный коэффициент сопротивления движению самосвала. Для этого рассмотрим и разобьем трассу на характерные участки.

Участок трассы 1-2 характеризуется как грунтовый укатанный проезд в забое, для которого обобщенный коэффициент сопротивления движению самосвала может быть равен диапазону 400–800 Н/кН [16]. Участки 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 можно объединить в один 2-6 и охарактеризовать как траншейная дорога с щебеночным покрытием, для которой $w_0 = 300\text{--}390$ Н/кН [16]. Участок 6-7 – это грунтовый укатанный проезд на отвале, для которого обобщенный коэффициент сопротивления движению самосвала может быть равен до 1500 Н/кН [16].

В связи с тем, что обобщенный коэффициент сопротивления движению самосвала представлен в диапазонах, определим расход топлива по методикам для двух крайних случаев. В первом случае, когда для трех участков приняты значения нижнего порога согласно типу дороги на участке. Результаты расчетов расхода топлива по выражениям (1) – (20) представлены в табл. 3.

Для сравнения значений на рис. 4 представлен график расхода топлива карьерным самосвалом БЕЛАЗ-75306 при транспортировании горной породы по массе 208 т, полученный по различным методикам. Также на графике представлена горизонтальная красная линия, которая указывает фактический расход топлива КС БЕЛАЗ-75306 в условиях одного из разрезов Кузбасса.

Таблица 2

Данные по КС с диспетчерского центра разреза

Data on the dump truck
from the control center of the section

Параметр	Значение
Карьерный самосвал	БЕЛАЗ 75306
Порожняя масса самосвала, т	156,1
Масса горной породы в кузове, т	208
Расход топлива за рейс, л	80,7
Удельный расход топлива двигателем самосвала при номинальной мощности, кВт·ч [21]	202

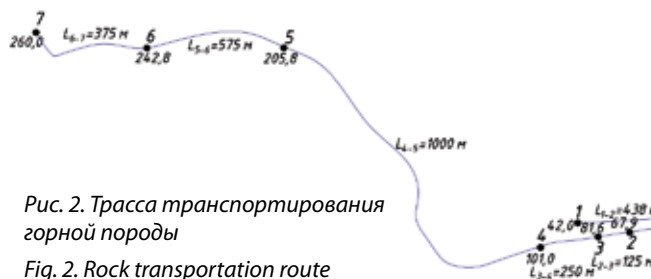


Рис. 2. Трасса транспортирования горной породы

Fig. 2. Rock transportation route

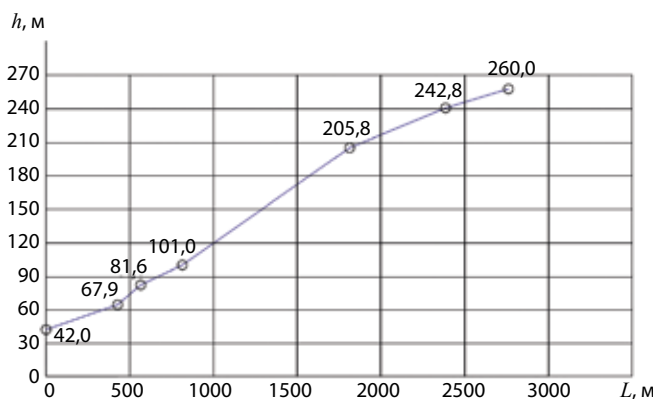


Рис. 3. Исходный профиль трассы

Fig. 3. The initial profile of the route

Анализируя график (см. рис. 4), можно отметить, что фактический расход топлива КС БЕЛАЗ-75306 в условиях одного из разрезов Кузбасса пересекает только диапазон рассчитанных расходов топлива по методике А.А. Кулешова. Расход топлива, определенный по методикам А.Ю. Захарова и В.И. Галкина с Е.Е. Шешко, не превышает 31% от фактического расхода топлива КС. А вот расходы топлива КС, полученные по методике «БЕЛАЗа» и Т.Ф. Подпо-

Результаты определения расхода топлива карьерным самосвалом за 1 рейс

The results of determining the fuel consumption of a dump truck for 1 run

Методика	Значение расхода топлива за рейс, л	
	При $w_0 = \min$	При $w_0 = \max$
А.Ю. Захаров [16]	87,1	105,9
В.И. Галкин и Е.Е. Шешко [17]	89,9	104,5
«БЕЛАЗ» [18]	138,4	166,4
Т.Ф. Подпорин [19]	116,5	148,7
А.А. Кулешов [20]	71,8	96,7

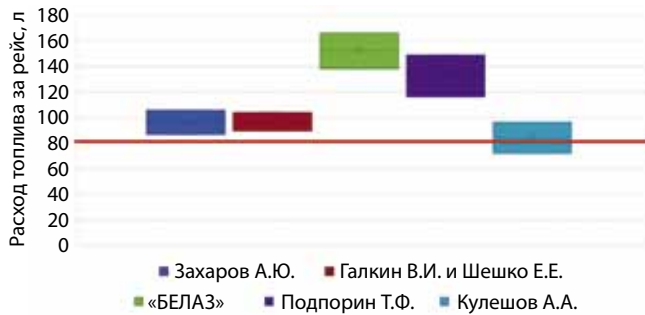


Рис. 4. Расход топлива карьерным самосвалом БЕЛАЗ 75306 при транспортировании горной породы по массе 208 т, полученный по различным методикам

Fig. 4. The fuel consumption of the BELAZ 75306 dump truck during the transportation of rock by weight of 208 tons, obtained by various methods

рина, превышают фактический на от 50 до более 100%. Таким образом, для определения технико-экономических показателей на стадии проектирования новой техники расчет расхода топлива КС необходимо проводить по методике А.А. Кулешова.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение можно сделать вывод, что:

– на стадии проектирования новой техники необходимо рассчитывать расход топлива для технико-экономического обоснования ее;

– основными факторами, влияющими на расход топлива, являются: расстояние транспортирования, высота подъема горной массы, качество дорожного покрытия, КПД трансмиссии, масса перевозимого груза, порожняя масса самосвала;

– для определения технико-экономических показателей на стадии проектирования новой техники расчет расхода топлива КС необходимо проводить по методике А.А.Кулешова.

Список литературы • References

1. Дубинкин Д.М., Зеляева Е.А. Тенденции развития создания интеллектуальной собственности в области разработки несущих систем (рам) карьерных самосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 5(159). С. 104-115. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-104-115. Dubinkin D.M., Zelyaeva E.A. Trends in the development of intellectual property creation in the field of development of bearing systems (frames) of quarry dump trucks. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2023;5(159):104-115. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-5-104-115. (In Russ.).
2. Дубинкин Д.М., Ялышев А.В. Определение статических нагрузок на борт грузовой платформы карьерного самосвала // Горная промышленность. 2022. № 6. С. 137-144. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144. Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. Determination of static loads on board the cargo platform of a dump truck. *Gornaya promyshlennost'*. 2022;(6):137-144. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144. (In Russ.).
3. Дубинкин Д.М., Исмаилова Ш.Я. Определение параметров модели суглинка и глины для имитационного моделирования погрузки и разгрузки грузовой платформы карьерного самосвала // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6(160). С. 94-104. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-94-104. Dubinkin D.M., Ismailova Sh.Ya. Determination of loam and clay model parameters for simulation of loading and unloading of a dump truck cargo platform. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2023;6(160):94-104. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-94-104. (In Russ.).
4. Бокарев А.И., Дианов В.А., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А., Дубинкин Д.М., Пашков Д.А. Статистика отказов высоконагруженных узлов карьерных самосвалов грузоподъемностью 220 тонн // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 4(164). С. 23-31. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-4-23-31. Bokarev A.I., Dianov V.A., Kartashov A.B., Harutyunyan G.A., Dubinkin D.M., Pashkov D.A. Statistics of failures of highly loaded nodes of dump trucks with a lifting capacity of 220 tons. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2024;4(164):23-31. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-4-23-31. (In Russ.).
5. Дубинкин Д.М., Исмаилова Ш.Я. Влияние процесса погрузки суглинка и глины в грузовую платформу на коэффициент использования грузоподъемности карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6(160). С. 105-118. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-105-118. Dubinkin D.M., Ismailova Sh.Ya. The influence of the process of loading loam and clay into a cargo platform on the utilization factor of a mining dump truck with a capacity of 220 tons. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2023;6(160):105-118. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-105-118. (In Russ.).
6. Выбор нагрузочных режимов на начальных этапах проектирования несущих систем (рам) карьерных самосвалов / С.М. Рахавев, Р.Л. Газизуллин, А.Б. Карташов и др. // Техника и технология горного дела. 2023. № 4(23). С. 41-55. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-41-55. Rakhaev S.M., Gazizullin R.L., Kartashov A.B., Dubinkin D.M., Zelyaeva E.A. The choice of load modes at the initial stages of designing

- load-bearing systems (frames) of quarry dump trucks. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2023;4(23):41-55. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-41-55. (In Russ.).
7. Дубинкин Д.М., Бокарев А.И. Разработка методики определения нагрузок на силовую структуру карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 5(169). С. 31-44. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-31-44.
Dubinkin D.M., Bokarev A.I. Development of a methodology for determining loads on the power structure of quarry dump trucks. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2023;5(169):31-44. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-5-31-44. (In Russ.).
 8. Исследование влияния изменения высоты уступа на текущий коэффициент вскрыши при использовании автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 т / Д.М. Дубинкин, А.А. Хорешок, Ш.Я. Исмаилова и др. // Техника и технология горного дела. 2023. № 3(22). С. 71-81. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-3-71-81.
Dubinkin D.M., Khoreshok A.A., Ismailova Sh.Ya., Markov S.O. Investigation of the effect of changes in the height of the ledge on the current stripping coefficient when using autonomous mining dump trucks with a lifting capacity of 240 tons. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2023;3(22):71-81. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-3-71-81. (In Russ.).
 9. Дубинкин Д.М., Исмаилова Ш.Я., Ялышев А.В. Влияние последовательности погрузки вскрышной породы на коэффициент использования грузоподъемности карьерного самосвала БЕЛАЗ-75310 (240 т) // Техника и технология горного дела. 2023. № 4(23). С. 103-118. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-103-118.
Dubinkin D.M., Ismailova Sh.Ya., Yalyshev A.V. The effect of the sequence of overburden loading on the utilization factor of the BELAZ-75310 (240 t) dump truck. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2023;4(23):103-118. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-4-103-118. (In Russ.).
 10. Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Возможности импортозамещения карьерных самосвалов в условиях санкционного давления недружественных стран. Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2024. № 4. С. 305-308.
Dubinkin D.M., Golofastova N.N. The possibilities of import substitution of quarry dump trucks under the conditions of sanctions pressure from unfriendly countries. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*. 2024;(4):305-308. (In Russ.).
 11. Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Increasing technological sovereignty in dump trucks production facing economic sanctions. *E3S Web of Conferences*. 2024;(549):01008. DOI: 10.1051/e3sconf/202454901008.
 12. Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Энергетическая политика и научно-техническая импортнезависимость России // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023. № 11. С. 214-217.
Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Energy policy and scientific and technical import dependence of Russia. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*. 2023;(11):214-217. (In Russ.).
 13. Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Перспективы высокотехнологичного производства карьерных самосвалов // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2022. № 5. С. 180-184.
Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Prospects of high-tech production of quarry dump trucks. *Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*. 2022;(5):180-184. (In Russ.).
 14. Горюнов С.В., Хорешок А.А. Разработка методики оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2021. № 2(154). С. 3-10. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-3-10.
Goryunov S.V., Khoreshok A.A. Development of a methodology for assessing the resource of large-sized tires of dump trucks. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2021;2(154):3-10. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-3-10. (In Russ.).
 15. Горюнов С.В. Разработка методики прогнозирования долговечности крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов: специальность 05.05.06 «Горные машины»: дис. ... канд. техн. наук / Горюнов Сергей Викторович, 2021. 124 с.
 16. Захаров А.Ю. Транспортные машины: методические указания по выполнению курсового проекта. Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2012. 110 с.
 17. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Транспортные машины. М.: Издательство «Горная книга», Издательство МГТУ, 2010. 588 с.
 18. Алушкин Т.Е., Богданов И.В., Аметов В.А. Анализ методик расчета расхода топлива дизелями надземных транспортных средств в условиях карьера / 56-я Научно-техническая конференция. Томск, 2010. С. 259-263.
 19. Подпорин Т.Ф. Определение энергетических затрат горных транспортных машин. Кемерово: ГУ КузГТУ, 2005. 120 с.
 20. Александров В.И., Кузнецов С.Р. Обоснование рациональной скорости движения карьерных автосамосвалов в режиме топливной экономичности на основе оптимизации тягово-скоростных характеристик двигателя. СПб.: Изд-во НМСУ «Горный», 2014. 133 с.
 21. Карьерные самосвалы серии 7530 [Электронный ресурс]. URL: <https://belaz.by/products/products-belaz/dumpers/dump-trucks-with-electromechanical-transmission/dumpers-series-7530/> (дата обращения: 15.10.2024).

Authors Information

Aksenov V.V. – Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher of the Scientific Center “Digital Technologies”, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: 55vva42@mail.ru

Pashkov D.A. – PhD (Engineering), Senior Researcher at the Scientific Center “Digital Technologies”, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Dubinkin S.D. – Student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.09.2024

Поступила после рецензирования: 21.10.2024

Принята к публикации: 31.10.2024

Paper info

Received September 15, 2024

Reviewed October 21, 2024

Accepted October 31, 2024