

УДК 339:622.23.05 © Д.М. Дубинкин✉, Н.Н. Голофастова, 2024

UDC 339:622.23.05 © D.M. Dubinkin✉, N.N. Golofastova, 2024

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия,
✉ e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU),
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Проектирование отечественных большегрузных карьерных самосвалов с автономным управлением движения*

Design of domestic heavy-duty mining dump trucks with autonomous motion control

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-11S-123-128>

В статье изложены результаты НИОКР по проектированию и внедрению в эксплуатацию карьерных самосвалов большой грузоподъемности челночного типа с автономным управлением их движением. Преимущество такой технологии ведения горных работ неоспоримо, так как она ведет к повышению их эффективности и безопасности ведения горных работ. Кроме того, России нужно обеспечить энергетический суверенитет и независимость отечественного автопрома от импорта.

Ключевые слова: добыча полезных ископаемых, безлюдная технология, программное обеспечение управления автономным движением карьерных роботизированных самосвалов.

Для цитирования: Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Проектирование отечественных большегрузных карьерных самосвалов с автономным управлением движения // Уголь. 2024;(11S):123-128. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11S-123-128.

ДУБИНКИН Д.М.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры горных машин и комплексов ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

ГОЛОФАСТОВА Н.Н.

Канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры производственного менеджмента ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: gnn.eomp@kuzstu.ru

* 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» 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 рамках реализации мероприятия «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ



Abstract

The article presents the results of R&D on the design and commissioning of large-capacity shuttle-type dump trucks with their autonomous movement control. The advantage of such mining technology is undeniable, as it leads to an increase in their efficiency and safety of mining operations. In addition, Russia needs to ensure the energy sovereignty and independence of the domestic automotive industry from imports.

Keywords

Mining, unmanned technologies, software for controlling the autonomous movement of unmanned mining dump trucks.

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 "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

Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Design of domestic heavy-duty mining dump trucks with autonomous motion control. *Ugol'*. 2024;(115):123-128. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-115-123-128.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на запрет экспорта угля в страны ЕС, его потребление в мире продолжает расти в связи с тем, что переход на зеленую энергетику требует значительных времени и затрат и пока себя не оправдал. Потребность в угольной генерации для энергетики, металлургии и химии будет сохраняться еще десятки лет.

Страны Азиатско-Тихоокеанского региона демонстрируют устойчивую тенденцию к росту потребления углеводородов, в то время как Евросоюз и США снижают их потребление, что связано, скорее, с политикой, а не с экономикой (табл. 1).

В этих условиях Россия будет наращивать добычу угля и других твердых полезных ископаемых, ориентируясь на Восток и Африку. Следовательно, требуются дополнительные мощности по добыче полезных ископаемых. Очевидно, что открытый способ добычи более производителен и дешевле относительно подземного способа, поэтому насущной проблемой становится применение большегрузных карьерных самосвалов. Вторым мировым трендом является роботизация горношахтного оборудования.

В том и другом случае преимущества очевидны, вместе с тем отечественный автопром находится на стадии поисковых и проектных работ в обоих направлениях. Это связано с тем, что в недавнем прошлом достаточно было импортной техники на российском рынке, однако сегодня ситуация изменилась из-за санкций недружественных стран.

Одним из направлений повышения технико-технологического суверенитета России является импортозамещение в области применения большегрузных карьерных самосвалов на открытых горных работах. Рынок карьерных самосвалов в России за последние годы претерпел значительные изменения вследствие запрета на экспорт зарубежных карьерных самосвалов в Россию. Импорт европейской, американской и японской горнодобывающей техники в 2022 г. снизился на треть к предыдущему году. Эту нишу заполнили Беларусь и Китай, при этом увеличилась доля их экспорта в РФ в разы [2].

В 2021 г. был замечен рост обновления самосвальной техники в связи с подъемом российской экономики после «ковидного» периода. В январе-апреле 2023 г. самосвалы с колесной формулой 8×4 и 6×4 были востребованы на рынке грузовой техники (табл. 2), которая в целом показала рост более чем на 20%. При этом около 80% это китайские самосвалы [1, 2, 3].

РЕЗУЛЬТАТЫ, ИХ АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения проблемы импортозамещения карьерных самосвалов ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» (г. Кемерово) осуществляет научно-технический проект «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 т» (табл. 3) (условное название самосвала Ю220 [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14]).

На этапах проектирования требуется проводить технико-экономическое обоснование с целью опреде-

Таблица 1

Потребление угля странами мира в 2021-2023 гг. (выборочно) [1]

Coal consumption by world countries in 2021-2023 (selectively) [1]

| Страны – потребители угля | 2021 г. | 2022 г. к 2021 г. | | 2023 г. к 2022 г. | | 2023 г. к 2021 г. |
|---------------------------|---------|-------------------|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | млн т | млн т | темп роста, % | млн т | темп роста, % | темп роста, % |
| Китай | 4320 | 4519 | 104,6 | 4679 | 103,5 | 108,3 |
| Индия | 1069 | 1115 | 104,7 | 1212 | 108,7 | 113,8 |
| США | 491 | 457 | 93,1 | 357 | 78,1 | 72,7 |
| Евросоюз | 444 | 448 | 100,9 | 372 | 83,0 | 83,8 |
| Россия | 158,3 | 181,6 | 114,7 | 189,0 | 104,1 | 119,4 |

Таблица 2

**Самые популярные марки самосвалов
на российском рынке
(от общего объема реализации) [2]**

The most popular brands of dump trucks
on the Russian market
(based on the total sales volume) [2]

| | |
|----------------------|------|
| Shacman / Shaanxi, % | 27,4 |
| FAW, % | 21,6 |
| КАМАЗ, % | 15,7 |
| Howo, % | 14, |
| SITRAK, % | 10,1 |
| Другие, % | 11,5 |

Таблица 3

Требования к техническим характеристикам [7, 8]

Requirements to technical specifications [7, 8]

| Наименование параметров | Показатели параметров |
|--|-----------------------|
| Количество мостов (осей) / колесная формула | 2 / 4×2 |
| Максимальная скорость, не менее, км/ч | 50 |
| Снаряженная масса, т | 160 |
| Грузоподъемность, не менее, т | 220 |
| Полная масса, не менее, т, | 380 |
| База карьерного самосвала, мм | 5000-6500 |
| Дорожный просвет, не менее, мм | 650 |
| Минимальный радиус поворота, м | 12-16 |
| Угол преодолеваемого подъема, % | 25 |
| Размеры: длина x ширина x высота, не более, мм | 15000×9000×7000 |
| Объем самосвальной платформы, не менее, м ³ | 70 |
| Мощность двигателя внутреннего сгорания, не менее, кВт | 1600 |
| Напряжение электрооборудования, В | 24 |
| Пробег за срок службы не менее, тыс. км | 1000 |
| Средняя наработка на отказ, тыс. км | 10 |
| Срок службы, лет | 10 |

ления целесообразности (осуществимости) проекта того или иного продукта, услуги или мероприятия. Мероприятия могут быть связаны с потребностями рынка, технологическим прогрессом, экологией и др. Этот документ отражает затраты и результаты и поэтому схож с бизнес-планом. В то же время они кардинально различаются. Исследования осуществимости являются ключевой частью этапов инициирования и планирования проекта. Обычно они проводятся после концептуализации проекта, но до того, как значительные ресурсы будут инвестированы в детальное планирование и реализацию.

Цель оценки осуществимости – объективно оценить жизнеспособность предлагаемого проекта с учетом таких факторов, как техническая осуществимость, рыночный спрос, финансовые затраты и выгоды, юридические требования и организационная готовность. Тщательно оценивая эти аспекты, исследование осуществимости помогает заинтересованным сторонам проекта принять обоснованное решение о целесообразности реализации мероприятия.

Хотя исследования осуществимости являются критически важным инструментом на ранних этапах управления проектами, они отличаются от других документов планирования, таких как уставы проектов, бизнес-кейсы и бизнес-планы.

Технико-экономические обоснования помогают:

- подтвердить рыночные возможности перед принятием решения о реализации проекта;
- сузить круг альтернатив для вашего бизнеса;
- создать документацию о преимуществах и недостатках предлагаемой инициативы;
- иметь больше информации, прежде чем принять решение о реализации проекта.

Ключевым моментом технико-экономического обоснования является определение экономической эффективности проекта, которая рассчитывается как абсолютная и сравнительная. Первая включает расчет коэффициента экономической эффективности и срока окупаемости капитальных вложений для решения вопроса о целесо-

Таблица 4

Сравнительные характеристики карьерных самосвалов [7, 8]

Comparative characteristics of dump trucks [7, 8]

| Наименование параметра | Ю220 (по ТЗ) | БЕЛАЗ 7530 |
|---|--------------|------------|
| Полная масса, кг, не более | 405000 | 401500 |
| Грузоподъемность, кг, не менее | 220000 | 220000 |
| Максимальная скорость, км/ч, не менее | 50 | 64 |
| Мощность двигателя внутреннего сгорания, кВт, не менее | 1600 | 1641 |
| Напряжение электрооборудования, В | 24 | 24 |
| Объем самосвальной платформы, м ³ , не менее | 100 | 102,4 |
| Емкость топливного бака, л | 3000 | 2800 |
| Радиус поворота, м | 0 (челнок) | 16 |
| Количество циклов П-Р, ед. | 3 | 3 |
| Удельный эффективный расход топлива, г /кВт×ч, не более | 210 | 240 |
| Габариты, м: | | |
| – длина | 13125 | 13390 |
| – ширина | 8000 | 8150 |
| – высота | 6300 | 6720 |

Факторы экономической эффективности Ю220

Factors of the economic efficiency of U220

| |
|---|
| Экономия на топливе за счет меньшего удельного расхода топлива |
| Экономия на оплате труда за счет использования безлюдной технологии |
| Экономия на едином социальном налоге за счет использования безлюдной технологии |
| Снижение травматичности и соответствующих выплат за счет устранения человеческого фактора из транспортного процесса |
| Уменьшение пробега за счет уменьшения радиуса поворота |

Таблица 6

Исходные данные для расчета эксплуатационных показателей ТЭО [7, 8]

Initial data for calculation of operational indicators for a feasibility study [7, 8]

| Показатели | Базовый вариант БЕЛАЗ 7530 | Проектируемый вариант Ю220 |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Грузоподъемность, т | 220 | 220 |
| Расстояние ездки с грузом, км | 10 | 10 |
| Коэффициент использования пробега | 0,5 | 0,5 |
| Коэффициент использования грузоподъемности | 0,81 | 0,81 |
| Средняя эксплуатационная скорость, км/ч | 12,5 | 12,5 |
| Время простоя под П-Р, ч | 0,12 | 0,12 |
| Расход топлива, г/Квт-ч | 210 | 240 |
| Расход ГС | 10% от затрат на топливо | 10% от затрат на топливо |
| Годовое количество рабочих дней | 311 | 311 |
| Среднемесячная заработная плата водителя с начислениями, тыс. руб. | 250* | 0 |
| % накладных расходов | 15% к прямым затратам | 15% к прямым затратам |
| Амортизация | 18% к прямым затратам | 18% к прямым затратам |
| Затраты на ТО и ТР на 100 км пробега | 20% от стоимости топлива | 20% от стоимости топлива |
| Стоимость карьерного самосвала, руб. | 105000000 | 200000000 (ориентировочно) |

Примечание. * По данным Пермьяковского разреза Кемеровской области - Кузбасса, применяется коэффициент использования машинного времени = 0,85.

образности проекта и необходимого размера инвестиций, вторая дает представление об экономической эффективности проекта по сравнению с аналогами, если таковые имеются. В нашем случае есть достаточное количество аналогов как в России, так и за рубежом, следовательно, необходимо подобрать аналог максимально близких технико-технологических параметров и условий эксплуатации (табл. 4). В нашем случае самым подходящим аналогом выбран БЕЛАЗ 7530.

Данные показывают, что у Ю220 удельный расход топлива меньше на 14,3%, а полная масса у Ю220 может быть скорректирована при разработке технического проекта. Мощность двигателя сопоставима. Таким образом, факторами экономической эффективности эксплуатации Ю220 являются факторы, представленные в табл. 5.

В табл. 6 представлен расчет эксплуатационных показателей для технико-экономического обоснования.

РАСЧЕТ

ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

1. Время одной ездки:

$$t_e = (L_{гр} / V_3 \beta) + t_{н-р},$$

где: t_e – время ездки с грузом, ч., $L_{гр}$ – расстояние перевозки груза, км, V_3 – средняя эксплуатационная скорость, км/ч., β – коэффициент использования пробега, $t_{н-р}$ – время простоя под погрузкой и разгрузкой, ч.

2. Количество ездки в сутки:

$$n = t_{сут} / t_e,$$

где: $t_{сут}$ – время работы в сутки, ч.

3. Среднесуточный пробег:

$$L_{сут} = n \left(\frac{L_{гр}}{\beta} \right).$$

4. Среднесуточный объем перевозок:

$$Q_{сут} = q \bar{y} n,$$

где: q – номинальная грузоподъемность транспортного средства, тонн, \bar{y} – средний коэффициент использования грузоподъемности, n – количество ездки в сутки.

5. Объем перевозимого груза на 1 км пробега (табл. 7):

Таким образом, проектируемый вариант по производительности равен аналогу, однако при этом пробег меньше на 69 км в год (табл. 8).

Таблица 7

Технико-эксплуатационные показатели
Technical and operational indicators

| Показатели | БЕЛАЗ 7530 | Проектируемый вариант Ю220 |
|---|------------|----------------------------|
| Время одной ездки, ч | 1,72 | 1,72 |
| Количество ездки за сутки, ед. | 7 | 7 |
| Среднесуточный пробег, км | 141,4 | 141,2 |
| Среднесуточный объем перевозок, т | 1344 | 1344 |
| Объем перевозимого груза, т на 1 км пробега | 9,6 | 9,6 |
| Среднесуточный грузооборот, ткм | 13440 | 13440 |
| **Годовой объем перевозок, т | 416975 | 416975 |
| **Годовой грузооборот, ткм | 4169750 | 4169750 |
| **Годовой пробег, км | 43870 | 43807 |
| **Годовое количество ездки, ед. | 2177 | 2177 |

** Примечание. В расчете годовых показателей учитывается коэффициент использования машинного времени = 0,85 (311 рабочих дней в году).

Таблица 8

Калькуляция себестоимости перевозок (руб.)
Calculation of the transportation cost (Rub.)

| Статьи затрат | Проектируемый вариант Ю220 | БЕЛАЗ 7530 | Примечания |
|--|---|--|---|
| Затраты на топливо | 0,00021 т × × 5991104 кВт·ч × × 68803 руб. = 86554171 | 0,00024 т × × 6145671 кВт·ч × × 68803 руб. = 101484425 | 68803 – средняя цена на зимнее (65000 руб./т) и летнее (72606 руб./т) дизтопливо в сентябре 2022 г. [7] |
| Затраты на смазочные материалы, 10% от затрат на топливо | 8655417 | 10148443 | – |
| Заработная плата водителей | 0 | 250000 × 12 = 3 000 000 | Ю220 беспилотный |
| Единый социальный налог, 32,6% | 0 | 978 000 | Особо опасное производство |
| Затраты на ТО и ТР, 20% от стоимости топлива | 17310834 | 20292885 | – |
| Амортизация, 18% от затрат на топливо | 15579751 | 18267197 | – |
| Итого прямые затраты | 128100175 | 154170950 | |
| Накладные расходы, 20% от прямых затрат | 25620035 | 30834190 | – |
| Всего | 153720208 | 185005140 | – |
| Себестоимость 1 т | 368,7 | 443,4 | – |

Расчеты показывают наименьшую себестоимость у проектируемого самосвала Ю220. Себестоимость перевозки 1 т горной массы в проекте на 20,3% ниже себестоимости при эксплуатации БЕЛАЗа 7530. Значительное снижение достигается за счет устранения водителей из перевозочного процесса и снижения затрат на топливо в связи с меньшим удельным расходом.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

За базовый вариант принимаются показатели БЕЛАЗа 7530, поскольку он обладает схожими техническими характеристиками с проектируемым самосвалом Ю220.

1. Годовая экономия на снижении себестоимости:

$$\Theta = C_{\text{год.баз.}} + C_{\text{год.проект}}$$

где $C_{\text{год.баз.}}$ – себестоимость годового объема перевозимой горной массы в базовом варианте, млн руб.; $C_{\text{год.проект}}$ –

себестоимость годового объема перевозимой горной массы проектного варианта, млн руб.

$$\Theta = 185,0 - 153,7 = 31,3 \text{ млн руб.}$$

Стоимость проектируемого самосвала Ю220 = 200 млн руб. принята ориентировочно, так как будет уточняться при изготовлении опытного образца.

2. Годовой экономический эффект:

$$\Theta_{\text{г}} = \Theta - 0,15 \times \text{доп. КВ,}$$

где: КВ – дополнительные капитальные вложения, млн руб.; 0,15 – нормативный коэффициент экономической эффективности.

$$\Theta_{\text{г}} = 200 - 0,15 \times (200 - 105) = 14,3 \text{ млн руб.}$$

3. Срок окупаемости доп. капитальных вложений составит:

$$T_{\text{ок}} = \text{КВ} / \Theta_{\text{г}}$$

$$T_{\text{ок}} = 95 / 31,3 = 3,04 \text{ года.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, экономическая целесообразность присутствует, однако следует учитывать ряд сопутствующих факторов, которые могут увеличить срок окупаемости капитальных вложений.

Нужно иметь в виду, что для полного эффекта проектируемой компоновки самосвала Ю220 и программного обеспечения управления его автономным движением необходимы экскаваторы также с автономным управлением, автономные буровзрывные установки и пр. Это можно предусмотреть при разработке новых месторождений полезных ископаемых с открытым способом добычи.

Список литературы • References

1. Угольная отрасль России в 2023 году. [Электронный ресурс]. URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/ugolnaya-otrasl-rossii-v-2023-godu/27> ноября 2023 (дата обращения: 15.10.2024).
2. Продажи новых грузовых автомобилей в России в 2023 году и в декабре. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.autostat.ru/press-releases/56570/> (дата обращения: 15.10.2024).
3. 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).
4. Chicherin I.V., Fedosenkov B.A., Dubinkin D.M., Zhenbo W. Developing the concept of autonomous control of the quarry vehicles movement. E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Vol. 315. Kemerovo, EDP Sciences, 2021, pp. 03023. DOI: 10.1051/e3sconf/202131503023.
5. Dubinkin D.M., Aksenov V.V., Khoreshok A.A. et al. Influence of geotechnical factors on the output of quarry haul trucks. AIP Conference Proceedings: IV International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology (ISPCET 2021), Veliky Novgorod, Russia, Vol. 2486. Veliky Novgorod, Russia: AIP Publishing, 2022, pp. 040009. DOI: 10.1063/5.0106051.
6. Dubinkin D.M., Aksenov V.V., Khoreshok A.A. et al. On the mutual influence of average speed, trip time and hauling distance of quarry haul trucks. AIP Conference Proceedings: IV International Scientific and Practical Conference on Innovations in Engineering and Technology (ISPCET 2021), Veliky Novgorod, Russia, Vol. 2486. Veliky Novgorod, Russia: AIP Publishing, 2022, pp. 040017. DOI: 10.1063/5.0106089.
7. Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Economic aspect of unmanned open-pit coal mining technologies. BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Development and Modern Problems of Aquaculture" (AQUACULTURE 2023). Divnomorskoe, EDP Sciences, 2024, pp. 02013. DOI: 10.1051/bioconf/20248402013.
8. 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.
9. Зиновьев В.В., Кузнецов И.С., Стародубов А.Н. Исследование человеко-машинного управления автосамосвалами в составе экскаваторно-автомобильного комплекса с применением имитационного моделирования // Уголь. 2021. № 7. С. 9-12. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-9-12. Zinoviev V.V., Kuznetsov I.S., Starodubov A.N. Studies into man-machine control of dump trucks as part of excavator-and-truck complex using simulation modeling. *Ugol'*. 2021;(7):9-12. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-9-12.
10. Кузнецов И.С., Зиновьев В.В., Кузнецова А.В. Повышение точности и достоверности идентификации законов распределения хронометражных данных при моделировании экскаваторно-автомобильных комплексов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 3(145). С. 113-119. Kuznetsov I.S., Zinoviev V.V., Kuznetsova A.V. Improving the accuracy and reliability of the identification of the laws of the distribution of timing data in the modeling of excavator-automobile complexes. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universita*. 2021;3(145):113-119. (In Russ.).
11. Potashnikov M., Shishkina V., Muravev A., Kartashov A. Development of vehicle driving cycles based on the real traffic dataset. E3S Web of Conferences: International Scientific Siberian Transport Forum – TransSiberia 2023, Novosibirsk, Russia, Vol. 402. Novosibirsk, Russia, EDP Sciences, 2023, pp. 04001. DOI: 10.1051/e3sconf/202340204001.
12. Potashnikov M., Muravev A., Kartashov A. et al. Improving the quality of the driving cycle by processing statistical data of vehicle movement. E3S Web of Conferences, St. Petersburg, Vol. 460. St. Petersburg, EDP Sciences, 2023, pp. 06029. DOI: 10.1051/e3sconf/202346006029.
13. Kartashov A., Harutyunyan G., Kosolapov A., Shkarupelov E. Justification of the concept of creating a perspective dump truck. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : Conference on Hydraulics 2019, Moscow, Vol. 779. Moscow, Institute of Physics Publishing, 2020, pp. 012028. DOI: 10.1088/1757-899X/779/1/012028.
14. Kartashov A.B., Skotnikov G.I. Simulation based feasibility confirmation of using hybrid powertrain system in unmanned dump trucks. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Automobile Scientific Forum, IASF 2019 "Technologies and Components of Land Intelligent Transport Systems", Moscow, Vol. 819. Moscow Institute of Physics Publishing, 2020, pp. 012010. DOI: 10.1088/1757-899X/819/1/012010.

Authors Information

Dubinkin D.M. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mining Machines and Complexes, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Golofastova N.N. – PhD (Engineering), Associate Professor of the Department of Production Management T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: gnn.eomp@kuzstu.ru

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