

Научная статья

УДК 622.23.05 : 681.533

DOI: 10.26730/1999-4125-2024-6-103-109

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК НА ЭЛЕМЕНТЫ КРЕПЛЕНИЯ КОЛЕС ПЕРЕДНЕЙ ОСИ БЕЛАЗ 7530

Шахманов Виталий Николаевич¹, Закрасовский Дмитрий Иванович^{2*},
Овсянников Михаил Олегович², Недобежкин Вадим Германович²

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск

²Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*для корреспонденции: zakrasovskydi@kuzstu.ru



Информация о статье

Поступила:

06 октября 2024 г.

Одобрена после

рецензирования:

22 ноября 2024 г.

Принята к публикации:

02 декабря 2024 г.

Опубликована:

05 декабря 2024 г.

Ключевые слова:

Карьерный самосвал,
элементы крепления колеса,
ступица, шпилька, прижим.

Аннотация.

В статье представлены результаты определения нагрузок на элементы крепления колес передней оси БелАЗ 7530. Проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сопровождается поиском и анализом существующих технических решений конструкций карьерных самосвалов, в том числе элементов крепления колес к ступице. Для подтверждения результатов проведенных исследований нагрузок элементов крепления переднего колеса к ступице для разрабатываемого БКС грузоподъемностью 220 тонн принято провести аналогичные расчеты БелАЗ 7530, как наиболее близкого аналога. Для проведения расчета шпильного соединения колеса передней оси БелАЗ 7530 произведены замеры размеров его ступицы и элементов крепления (прижимы, гайки и шпильки). Определение нагрузок на элементы крепления колес передней оси БелАЗ 7530 проведены в ПО APM Joint. В результате исследования установлено, что для выполнения условий нераскрытия стыка с 15 прижимами на БелАЗ 7530 потребуется момент затяжки – 885 Н·м (сила затяжки 129202 Н). Максимальная нагрузка на одну из шпилек составляет 181883 Н, а коэффициент запаса прочности – 2,99. Максимальное давление на поверхностях сопряжения прижимов с ободом составляет 226 МПа. Отличие требуемого момента затяжки для передних колес из руководства по эксплуатации БелАЗ 7530 от рассчитанного момента затяжки в статье составляет почти в 1,5 раза. Такая разница может быть связана с выбором расчетного случая: в текущих исследованиях рассматривается нагрузка на элементы крепления колес при прямолинейном движении, в то время как производителем учтен самый нагруженный режим – поворот машины.

Для цитирования: Шахманов В.Н., Закрасовский Д.И., Овсянников М.О., Недобежкин В.Г. Определение нагрузок на элементы крепления колес передней оси БелАЗ 7530 // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2024. № 6 (166). С. 103-109. DOI: 10.26730/1999-4125-2024-6-103-109, EDN: VPOKZB

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по соглашению от 30.09.2022 г. №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

КузГТУ совместно с МГТУ им. БАУМАНА и ПАО «КАМАЗ» ведут работы по разработке и созданию беспилотного карьерного самосвала (БКС) челночного типа грузоподъемностью 220 тонн [1-3]. Проект выполняется 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») [4-6].

При проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ проводится поиск и анализ существующих технических решений конструкций карьерных самосвалов (КС) [7-9], в том числе элементов крепления колес к ступице.

Ранее в работах [10] были проведены исследования нагрузок элементов крепления переднего колеса к ступице для разрабатываемого БКС грузоподъемностью 220 тонн [11-13]. Для подтверждения результатов проведенных исследований принято провести расчеты нагрузок на элементы крепления колес передней оси к ступице на аналогичной технике, выпускаемой серийно.

Расчет шпильчного соединения передней оси БелАЗ 7530

В качестве исследуемого объекта выбран КС БелАЗ, так как это наиболее распространенные машины [14-16], которые эксплуатируются на разрезах Кузбасса с подходящими характеристиками.

Для проведения расчета шпильчного соединения колеса передней оси была осуществлена поездка на горнодобывающее предприятие, где произведены замеры размеров ступицы и элементов крепления (прижимы, гайки и шпильки).

Выделены следующие моменты в конструкции передней оси БелАЗ 7530 для проведения расчета:

- Количество прижимов – 15 шт.;
- Количество шпилек – 30 шт.;
- Размер резьбы шпилек – М33х2;
- Конструкция колеса без диска.

В предыдущих исследованиях [10] с помощью описанного метода в APM Joint были определены нагрузки, действующие на элементы крепления колес передней оси карьерного

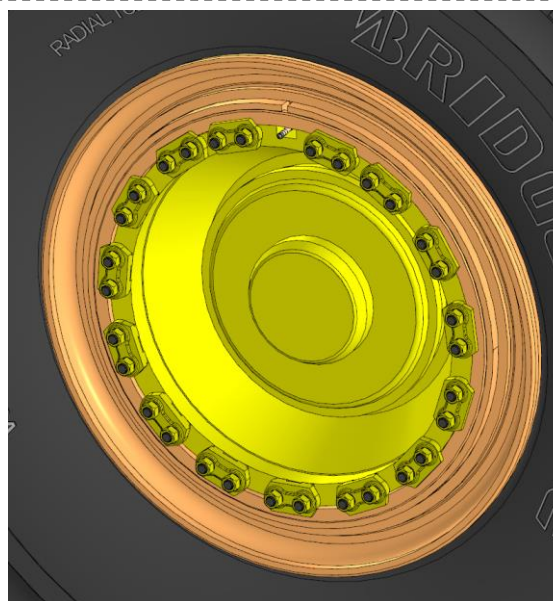


Рис. 1. Твёрдотельная модель переднего колеса БелАЗ 7530

Fig. 1. Solid model of the front wheel of BelAZ 7530

самосвала грузоподъемностью 220 тонн.

Как и в предыдущих исследованиях, расчетный случай остается без изменений - прямолинейное движение КС при боковом угле наклона в 10 градусов [10]. Из нагрузок действуют только опрокидывающий момент M_x и реакция силы R_y . Исходные данные для расчета взяты согласно характеристикам КС из каталога

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Table 1. Initial data for calculation

Параметр	Значение
Полезная масса машины, кг (m)	376100
Статический радиус колеса, м (r_d)	1,585
Вылет колеса, м (L)	0,36
Боковой угол наклона, град (γ)	10
Боковая сила на дополнительно нагруженном колесе, Н ($F_y^{нагр}$)	133062
Опрокидывающий момент на дополнительно нагруженном колесе, Н·м ($M_x^{нагр}$)	479367

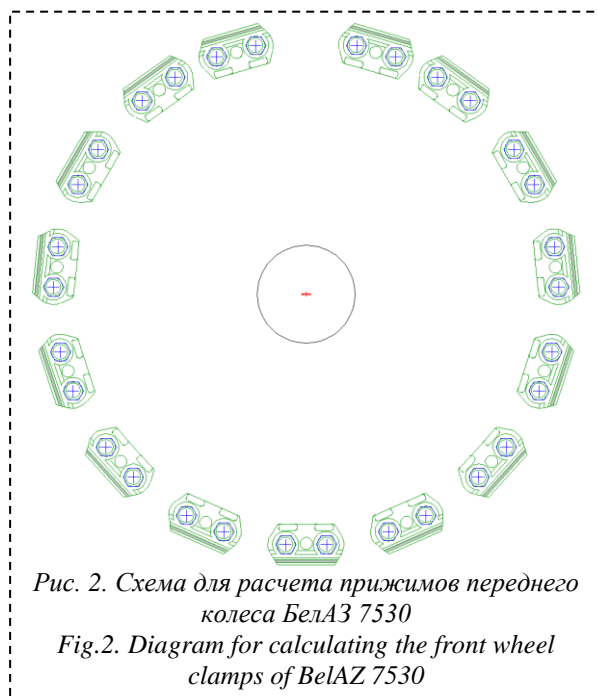


Рис. 2. Схема для расчета прижимов переднего колеса БелАЗ 7530

Fig.2. Diagram for calculating the front wheel clamps of BelAZ 7530

БелАЗ 7530 и представлены в табл. 1. Все нагрузки были определены по формулам из исследований [17-19].

Перед проведением расчетов в APM Joint была подготовлена твердотельная модель (3D-модель) колеса БелАЗ 7530 (рис. 1), которая включает 15 прижимов и 30 шпилек.

Далее в модуле APM Joint задана схема для расчета 15 прижимов (рис. 2): размещены шпильки, указаны поверхности сопряжения прижимов с ободом, размещены реакции сил $R_y^{\text{нагр}}$ и опрокидывающие моменты $M_x^{\text{нагр}}$. Дополнительные данные для расчета взяты из предыдущего исследования [10]. В специальной технике, в том числе КС, обычно применяются шпильки класса прочности 8.8 по ГОСТ 1759-87 [20], поэтому материал шпильки задан как сталь 40Х. Размер резьбы шпильки, согласно замерам и каталогу, задан М33.

Результатами расчета являются отчет по нагрузке, а также карта давлений и нагрузок, где отображены возникающие давления на контактных поверхностях и распределение нагрузок по шпилькам.

Для выполнения условий нераскрытия стыка с 15 прижимами потребуется момент затяжки – 885 Н·м (сила затяжки 129202 Н). Максимальная нагрузка на одну из шпилек составила 181883 Н. Коэффициент запаса прочности составил 2,99. Таким образом, условие по прочности шпильки выполняется. Максимальное давление на поверхностях сопряжения прижимов с ободом составило 226 МПа.

Согласно руководству по эксплуатации КС БелАЗ 7530, требуемый момент затяжки для передних колес находится в пределах 1300 – 1600 Н·м. Отличие от рассчитанного момента

затяжки в статье составляет почти в 1,5 раза. Такая разница может быть связана с выбором расчетного случая: в текущих исследованиях рассматривается нагрузки на элементы крепления колес при прямолинейном движении, в то время как производителем учтен самый нагруженный режим – поворот машины. При этом подтверждается актуальность проведения дальнейших исследований, в части определения нагрузок на элементы крепления колеса ступице для других расчетных случаев.

Согласно отзывам эксплуататоров КС, машины БелАЗ 7530 эксплуатируются при требуемом моменте затяжки, и проблемы взаимного смещения передних колес и прижимов не наблюдаются, но возникают проблемы при демонтаже переднего колеса со ступицы – периодически происходят выбросы (отстрелы) прижимов, в результате накопленных напряжений, что может привести к травме обслуживающего персонала. Данный момент тоже необходимо учесть в последующих исследованиях.

Выводы

Из расчетов для выполнения условий нераскрытия стыка с 15 прижимами потребуется момент затяжки – 885 Н·м. При этом, согласно руководству КС БелАЗ 7530, требуемый момент затяжки для передних колес находится в пределах 1300 – 1600 Н·м, что почти в 1,5 раза больше рассчитанного.

Целью дальнейших исследований является определение:

- сравнения характеристик элементов креплений колеса к ступицам БелАЗ 7530, с разработанным беспилотным карьерным самосвалом грузоподъемности 220 тонн.
- нагрузок на элементы крепления колеса к ступице при других расчетных случаях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубинкин Д.М., Пашков Д.А. Импортонезависимость производства беспилотных карьерных самосвалов. Уголь. 2023;(4):42–48. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-42-48>.
2. Дубинкин Д.М., Яльшев А.В. Определение статических нагрузок на борт грузовой платформы карьерного самосвала. Горная промышленность. 2022;(6):137–144. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-6-137-144>.
3. Дубинкин Д.М., Аксенов В.В., Пашков Д.А. Тенденции развития беспилотных карьерных самосвалов // Уголь. 2023. № 6. С. 72-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79.
4. Воронов Ю.Е., Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Максимова О.С. Диспетчеризация в карьерных экскаваторно-автомобильных комплексах с беспилотным транспортом // Уголь. – 2023. – № 9(1171). – С. 75-83. – DOI 10.18796/0041-

5790-2023-9-75-83.

5. Воронов Ю.Е., Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Максимова О.С. Сравнительная оценка качества функционирования действующих и роботизированных экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов // Уголь. – 2023. – № 11(1173). – С. 65-71. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-11-65-71.

6. Воронов А.Ю., Хорешок А.А., Воронов Ю.Е., Дубинкин Д.М., Воронов А.Ю. Оптимизация параметров экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 92-98. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-92-98.

7. Дубинкин Д.М., Ялышев А.В., Исмаилова Ш.Я. Тенденции развития грузовых платформ карьерных самосвалов. Горная промышленность. 2023;(3):72–76. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-72-76>.

8. Костюк С.Г., Чичерин И.В., Федосенков Б.А., Дубинкин Д.М. Мониторинг динамического состояния автономных тяжелых платформ на карьерных маршрутах горнорудных предприятий // Устойчивое развитие горных территорий. – 2020. – Т. 12, № 4(46). – С. 600-608. – DOI 10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608.

9. Дубинкин Д.М., Зеяева Е.А., Аксенов В.В. Технические решения несущих систем (рам) карьерных самосвалов как объект интеллектуальной собственности / Д. М. Дубинкин, // Уголь. – 2024. – № 5(1180). – С. 47-53. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-5-47-53.

10. Любимов О.В., Закрасовский Д.И., Сафина Д.А., Овсянников М.О. Определение нагрузок на элементы крепления колес передней оси карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2024. – № 4(164). – С. 42-49. – DOI 10.26730/1999-4125-2024-4-42-49.

11. Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Воронов Ю.Е. Обзор моделей диспетчеризации карьерного автотранспорта // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 111-121. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121.

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.

13. Пашков Д.А., Тарасюк И.А. Обоснование передней подвески беспилотного карьерного самосвала грузоподъемностью 220 тонн // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2022. – № 17-1. – С. 170-178. – DOI 10.26160/2658-3305-2022-17-170-178.

14. Дубинкин Д.М., Ялышев А.В. Определение параметров модели угля для имитационного моделирования погрузки и разгрузки грузовой платформы карьерного самосвала // Уголь. – 2023. – № S12(1175). – С. 4-10. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-S12-4-10.

15. Дубинкин Д.М., Ялышев А.В. Влияние процесса погрузки угля в грузовую платформу на коэффициент использования грузоподъемности карьерного самосвала БелАЗ-7530 (220 т) // Уголь. – 2023. – № S12(1175). – С. 11-19. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-S12-11-19.

16. Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Перспективы высокотехнологичного производства карьерных самосвалов // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2022. – № 5. – С. 180-184.

17. Кузнецов, И. В. Оценка ресурса металлоконструкций задних мостов автосамосвалов при эксплуатации на разрезах Кузбасса: специальность 05.05.06 "Горные машины": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Кузнецов Илья Витальевич, 2015. – 138 с.

18. Власов Ю.А., Спиринов Е.Н., Ляпин А.Н., Ляпина О.В., Чечулин К.Н. Анализ причин низкой эксплуатационной надежности карьерных автосамосвалов // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 5. – С. 37-44.

19. 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.

20. Демьянушко И. В., Логинов Е. М., Миронова В. В. Расчет и экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния автомобильных колес на статическую нагрузку: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2014. 48 с.

© 2024 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Шахманов Виталий Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, филиал в г. Прокопьевск (653039, Россия, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а)

Закрасовский Дмитрий Иванович, младший научный сотрудник, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева (650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя 28), zakrasovskydi@kuzstu.ru

Овсянников Михаил Олегович, техник, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева (650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя 28), ovsyannikovmo@kuzstu.ru

Недобежкин Вадим Германович, младший научный сотрудник, Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева (650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя 28), nedobezhkinvg@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Шахманов Виталий Николаевич – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Закрасовский Дмитрий Иванович – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования, сбор и анализ данных, обзор соответствующей литературы, выводы, написание текста.

Овсянников Михаил Олегович – анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.

Недобежкин Вадим Германович – анализ данных, подведение итогов, написание текста, обзор актуальной литературы, сбор данных.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DETERMINATION OF LOADS ON THE WHEEL MOUNTING ELEMENTS OF THE FRONT AXLE BELAZ 7530

Vitaly N. Shakhmanov¹, Dmitry I. Zakrasovsky^{2*},
Mikhail O. Ovsyannikov², Vadim G. Nedobezhkin²

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, branch in Prokopyevsk

² T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: zakrasovskydi@kuzstu.ru



Abstract.

The article presents the results of a study of the loads on the fastening elements of the wheels of the front axle of the BelAZ 7530. Carrying out research and development work is accompanied by the search and analysis of existing technical solutions for the construction of dump trucks, including wheel mounting elements to the hub. To confirm the results of the conducted studies of the loads of the front wheel mounting elements to the hub for the 220-ton lifting capacity of the BCS being developed, it was decided to conduct similar calculations of the BelAZ 7530, as the closest analogue. To calculate the pin connection of the BelAZ 7530 front axle wheel, measurements were made of the dimensions of its hub and fastening elements (clamps, nuts and studs). The determination of the loads of loads on the fastening elements of the wheels of the front axle of the BelAZ 7530 was carried out in the APM Joint software. As a result of the study, it was found that in order to meet the conditions of non-opening of the joint with 15 clamps on the 7530 shaft, a tightening torque of 885 N · m (tightening force of 129202 N) is required. The maximum load on one of the pins is 181883 N, and the safety factor is 2.99. The maximum pressure on the interface surfaces of the clamps with the rim is 226 MPa. The difference between the required tightening torque for the front wheels from the BelAZ 7530 operating manual and the calculated tightening torque in the article is about 1.5 times. This difference may be related to the choice of the calculation case: Current studies consider the loads on the wheel mounting elements in rectilinear motion, while the manufacturer takes into account the most loaded mode - turning the machine.

Article info

Received:

06 October 2024

Accepted for publication:

22 November 2024

Accepted:

02 December 2024

Published:

05 December 2024

Keywords: rear axle housing, mining dump truck, patent research;

For citation: Shakhmanov V.N., Zakrasovsky D.I., Ovsyannikov M.O., Nedobezhkin V.G. Determination of loads on the wheel mounting elements of the front axle BelAZ 7530. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2024; 6(166):103-109. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2024-6-103-109, EDN: VPOKZB

Acknowledgment: This work was done with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of Russian Federation under the agreement dated 30.09.2022 № 075-15-2022-1198 with FSBEI HE "T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University" Integrated scientific and technical program of the full innovation cycle "Development and implementation of a set of technologies in the areas of exploration and mining of solid minerals, industrial safety, bioremediation, creation of new products of deep processing of coal raw materials with a consistent reduction of the environmental impact and risks to human life" (CSTP "Clean Coal - Green Kuzbass") in the implementation of the event "Development and creation of unmanned shuttle-type dump truck of 220 tons carrying capacity" in terms of research and development works.

REFERENCES

- Dubinkin D.M., Pashkov D.A. Import-dependence of production of unmanned mining dump trucks. *Coal*. 2023;(4):42-48. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-42-48>.
- Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. Determination of static loads on board the cargo platform of a dump truck. *Mining industry*. 2022;(6):137-144. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2022-6-137-144>.
- Dubinkin D.M., Aksenov V.V., Pashkov D.A. Trends in the development of unmanned mining dump trucks // *Ugol*. 2023. No. 6. pp. 72-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79.
- Voronov Yu.E., Voronov A.Yu., Dubinkin D.M., Maksimova O.S. Dispatching in quarry excavator-automobile complexes with unmanned transport // *Ugol*. – 2023. – № 9(1171). – Pp. 75-83. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-9-75-83.
- Voronov Yu.E., Voronov A.Yu., Dubinkin D.M., Maksimova O.S. Comparative assessment of the quality of functioning of existing and automated excavator-automobile complexes of sections // *Ugol*. – 2023. – № 11(1173). – Pp. 65-71. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-11-65-71.
- Voronov A.Yu., Khoreshok A.A., Voronov Yu.E., Dubinkin D.M., Voronov A.Yu. Optimization of parameters of excavator-automobile complexes of sections // *Mining industry*. - 2022. – No. 5. – pp. 92-98. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-92-98.
- Dubinkin D.M., Yalyshev A.V., Ismailova Sh.Ya. Trends in the development of cargo platforms of quarry dump trucks. *Mining industry*. 2023;(3):72–76. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-3-72-76>.
- Kostyuk S.G., Chicherin I.V., Fedosenkov B.A., Dubinkin D.M. Monitoring the dynamic state of autonomous heavy platforms on quarry routes of mining enterprises // *Sustainable development of mountain territories*. - 2020. – Vol. 12, No. 4(46). – pp. 600-608. – DOI 10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608.
- Dubinkin D.M., Zelyaeva E.A., Aksenov V.V. Technical solutions of bearing systems (frames) of mining dump trucks as an object of intellectual property / D. M. Dubinkin, // *Coal*. – 2024. – № 5(1180). – Pp. 47-53. – DOI 10.18796/0041-5790-2024-5-47-53.
- Lyubimov O.V., Zakrasovsky D.I., Safina D.A., Ovsyannikov M.O. Determination of loads on the wheel mounting elements of the front axle of a dump truck with a lifting capacity of 220 tons // *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. – 2024. – № 4(164). – Pp. 42-49. – DOI 10.26730/1999-4125-2024-4-42-49.
- Voronov A.Yu., Dubinkin D.M., Voronov Yu.E. Review of models of dispatching of quarry vehicles // *Mining industry*. - 2022. – No. 6. – pp. 111-121. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121.
- Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Energy policy and scientific and technical import dependence of Russia // *Competitiveness in the global world: economics, science, technology*. - 2023. – No. 11. – pp. 214-217.
- Pashkov D.A., Tarasyuk I.A. Justification of the front suspension of an unmanned quarry truck with a lifting capacity of 220 tons // *Transport, mining and construction engineering: science and production*. – 2022. – No. 17-1. – pp. 170-178. – DOI 10.26160/2658-3305-2022-17-170-178.
- Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. Determination of coal model parameters for simulation modeling of loading and unloading of a dump truck cargo platform // *Ugol*. - 2023. – No. S12(1175). – pp. 4-10. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-S12-4-10.
- Dubinkin D.M., Yalyshev A.V. The influence of the process of loading coal into a cargo platform on the utilization factor of the BelAZ-7530 (220 t) dump truck // *Coal*. – 2023. – No. S12(1175). – pp. 11-19. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-S12-11-19.
- Dubinkin D.M., Golofastova N.N. Prospects of high-tech production of quarry dump trucks // *Competitiveness in the global world: economics, science, technology*. - 2022. – No. 5. – pp. 180-184.
- Kuznetsov, I. V. Assessment of the resource of metal structures of rear axles of dump trucks during operation on the sections of Kuzbass: specialty 05.05.06 "Mining machines": dissertation for the degree of candidate of Technical Sciences / Kuznetsov Ilya Vitalievich, 2015. – 138 p.
- Vlasov Yu.A., Spirin E.N., Lyapin A.N., Lyapina O.V., Chechulin K.N. Analysis of the causes of low operational reliability of mining dump trucks // *Scientific Review. Technical sciences*. - 2016. – No. 5. – pp. 37-44.
- Dubinkin D.M., Bokarev A.I. Development of a methodology for determining loads on the power

structure of quarry dump trucks // Mining equipment and electromechanics. – 2023. – № 5(169). – Pp. 31-44. – DOI 10.26730/1816-4528-2023-5-31-44.

20. Demyanushko I. V., Loginov E. M., Mironova V. V. Calculation and experimental investigation of the stress-strain state of automobile wheels under static load: textbook. manual. Moscow: MADI, 2014. 48 p.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Vitaly N. Shakhmanov, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Kuzbass State Technical University T.F. Gorbachev, branch in Prokopyevsk, (653039, Russia, Prokopyevsk, Nogradskaya str., 19a)

Dmitry I. Zakrasovsky, Junior Researcher, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russian Federation, Kemerovo, Vesenniyaya street, 28), zakrasovskydi@kuzstu.ru

Vadim G. Nedobezhkin, Junior Researcher, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russian Federation, Kemerovo, Vesenniyaya street, 28), nedobezhkinvg@kuzstu.ru

Mikhail O. Ovsyannikov, Techniques, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (650000, Russian Federation, Kemerovo, Vesenniyaya street, 28), ovsyannikovmo@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Vitaly N. Shakhmanov – statement of research problem, conceptualisation of the study, data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.

Dmitry I. Zakrasovsky – statement of research problem, conceptualisation of the study, data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.

Vadim G. Nedobezhkin – data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.

Mikhail O. Ovsyannikov – data analysis, summarising, writing, review of current literature, data collection.

All authors have read and approved the final manuscript.

