

Дубинкин Дмитрий Михайлович¹, канд. техн. наук, доцент, Карташов Александр Борисович², канд. техн. наук, Арутюнян Георгий Артурович², канд. техн. наук, Коляко Алексей Викторович², ведущий инженер-конструктор НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН», Садовец Владимир Юрьевич¹, канд. техн. наук, доцент, Пашков Дмитрий Алексеевич¹, канд. техн. наук, научный сотрудник научного центра «Цифровые технологии»

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

²Московский Государственный Технический Университет им. Н. Э. Баумана, 105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская улица, д. 5, стр. 1

E-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ И МЕТОДИКИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОНОМНОГО КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА



Информация о статье

Поступила:

13 ноября 2021 г.

Рецензирование:

30 ноября 2021 г.

Принята к печати:

03 декабря 2021 г.

Ключевые слова:

автономный карьерный самосвал, добыча полезных ископаемых, карьерный автосамосвал, программа и методика испытаний.

Аннотация.

В статье рассмотрен вопрос испытаний автономного карьерного самосвала, разрабатываемого в рамках комплексного проекта на тему «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжёлых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"». Определены виды испытаний на этапе разработки опытного образца автономного карьерного самосвала. Согласно нормативно-технической документации к каждому виду испытаний разработана программа и методика. Для подтверждения соответствия разработанного автономного карьерного самосвала, требованиям технического задания, выделены следующие параметры: основные наружные размеры; внешний шум; технические характеристики опытного образца. На примере подтверждения соответствия представлены методы измерений технических параметров, которые совместно формируют программу и методику предварительных испытаний.

Для цитирования: Дубинкин Д.М., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А., Коляко А.В., Садовец В.Ю., Пашков Д.А. Разработка программы и методики предварительных испытаний автономного карьерного самосвала // Горное оборудование и электромеханика – 2021. – № 6 (158). – С. 59-65 – DOI: 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65

Введение

В мире устойчиво сформировалась тенденция увеличения добычи полезных ископаемых (ПИ) [1-4]. ПИ добывают несколькими способами: подземный, открытый и комбинированный. Объем добычи ПИ открытым способом (карьерным) составляет до 80 % от общего [5-8].

Процесс добычи полезных ископаемых сопровождается транспортированием ПИ или вскрышных пород до мест складирования или отвала. Основным видом транспорта на карьерах является автомобильный, представленный карьерными самосвалами (КС) различной грузоподъемностью [9-17].

В России КС представлены только зарубежными производителями: Komatsu (Япония), Hitachi (Япония), XCMG (КНР), SANY (КНР), Beml (Индия), БЕЛАЗ (Беларусь), Terex (UK), Liebherr (Германия),

VOLVO (Швеция), Caterpillar (США). Основная доля карьерного автопарка России приходится на Белорусского производителя – БЕЛАЗ [18-24].

Тенденция изменения структуры парка КС в России соответствует общей мировой. Объем рынка КС по группам в России в 2015-2019 гг. в натуральном выражении (шт.) представлен на рис. 1. Наибольшую долю занимают КС с грузоподъемностью до 60 т.

Анализ рис. 1 показывает, что импорт КС в 2015-2019 гг. в среднем в период с 2015г. по 2019 г. составил для КС грузоподъемностью до 60 т – 647 шт., 90-190 т – 299 шт., 218-360 т – 78 шт. Выше сказанное говорит о необходимости создания российских КС, и о том, что Россия зависит от импорта КС. Для увеличения экономических показателей как машиностроительной отрасли, так и добывающей,

необходимо открытие и развитие собственного производства КС.

В 2019 г. сформирована заявка для участия конкурсе по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного производства, проводимого в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства», на тему «Разработка и создание

высокотехнологичного производства автономных тяжёлых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"». После подведения итогов конкурса, проект вошел в число победителей.

Проект направлен на создание автономных карьерных самосвалов (АКС) производства России [19-22]. Тем самым создавая актуальность разработки и созданию АКС, производимых в России.

Одним из этапов разработки нового продукта, являются предварительные испытания опытного образца АКС.

Виды испытаний

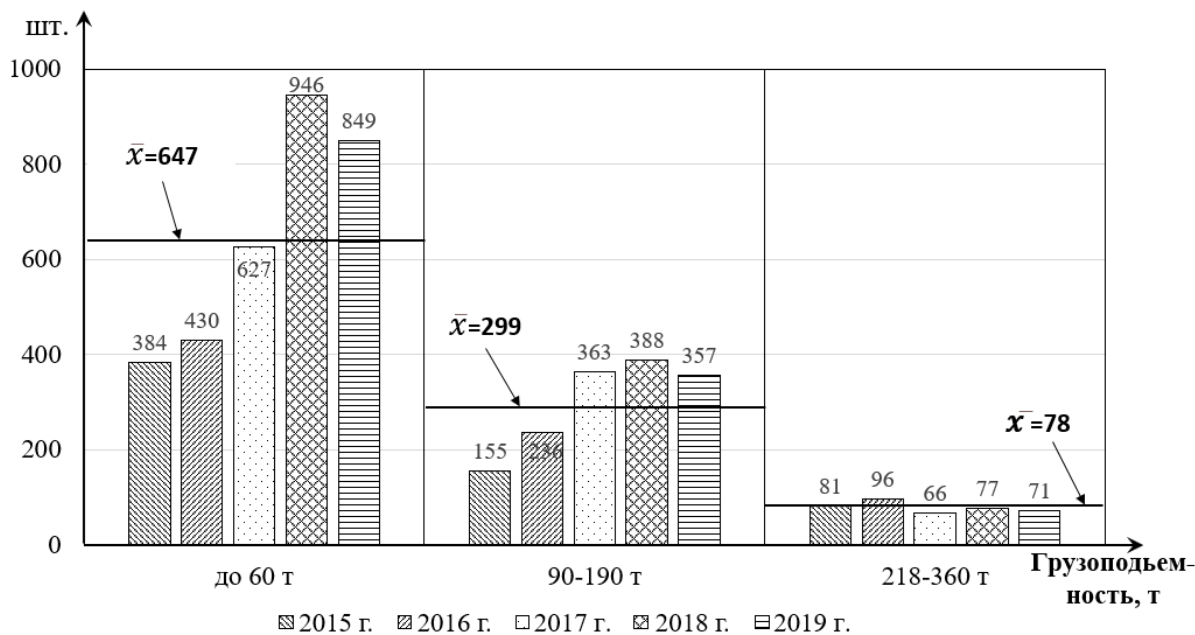


Рис. 1. Объем рынка карьерных самосвалов по группам в России в 2015-2019 гг. в натуральном выражении

Fig. 1. The volume of the dump truck market by group in Russia in 2015-2019 in kind



Рис. 2. Этапы жизненного цикла продукта

Fig. 2. Stages of the product life cycle

Таблица 1. Измеряемые основные наружные размеры
Table 1. Main external dimensions measured

Измеряемый параметр	Измеряемое расстояние
База автомобиля	Между центровыми линиями передних и задних колес
Габаритная длина	Между крайними передней и задней точками АКС
Передний свес	Между центральной линией передних колес и крайней передней точкой
Задний свес	Между центральной линией задних колес и крайней точкой опытного образца
Расстояние нижней точки поднятого кузова АКС от оси задних колес	Между нижней точкой полностью поднятого кузова АКС и центральной линией задних колес
Колея передних колес	Между серединами отпечатков на опорной поверхности протекторов шин колес одной оси
Колея задних колес	
Габаритная ширина	Между крайними боковыми точками АКС с учетом всех жестко закрепленных деталей, не относящихся к дополнительному оборудованию
Максимальная габаритная ширина	Между крайними боковыми точками АКС, включая оборудование (зеркала заднего вида, габаритные указатели и др.), установленное в крайнее по ширине рабочее положение
Дорожный просвет	Между опорной поверхностью и одной из наиболее низко расположенных точек АКС
Габаритная высота	Между опорной поверхностью и высшей точкой АКС с учетом всех жестко закрепленных деталей, не относящихся к дополнительному оборудованию
Погрузочная высота	Между опорной поверхностью и верхней кромкой бокового борта платформы
Высота АКС с поднятым кузовом	Между опорной поверхностью и высшей точкой полностью поднятого кузова
Высота нижней точки поднятого кузова	Между опорной поверхностью и нижней точкой полностью поднятого кузова

Согласно ГОСТ 16504-81 «Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения», испытания – экспериментальное определение количественных и (или) качественных

характеристик свойств объекта испытаний как результата воздействия на него, при его функционировании, при моделировании объекта и (или) воздействий.

Испытания проводят на разных этапах жизненного цикла продукта (рис. 2).

На стадии разработки нового продукта проводят три вида испытаний (рис. 2): доводочные, предварительные, приемочные. Основными испытаниями на этапе разработки продукта являются предварительные и приемочные.

Чтобы подтвердить соответствие опытного образца требованиям технического задания (ТЗ) проводят предварительные испытания. В результате этих испытаний принимается решение предъявлять образец на приемочные испытания или нет. После успешных предварительных испытаний проводят приемочные. Эти испытания проводят в условиях близких к реальным условиям эксплуатации. На этапе приемочных испытаний подтверждается соответствие опытного образца требованиям ТЗ, а также рассматривается возможность поставки продукта на серийное производство.

Доводочные испытания проводятся на стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ после внесения изменений с целью достижения заданных значений показателей ее качества.

К каждому испытанию разрабатывается программа и методика испытаний (ПМ), которая утверждается ответственной стороной за проведение этих испытаний.

В связи с изготовлением опытного образца АКС необходимо разработать ПМ предварительных испытаний.

Программа и методика предварительных испытаний

Программа испытаний включает конкретные проверки, подтверждающие выполнение требований ТЗ со ссылками на соответствующие методы испытаний.

В методах указываются условия и порядок проведения испытания, способ обработки результата, способ оценки результата, указываются средства измерения и т.д.

Как ранее было сказано, предварительные испытания проводятся для оценки соответствия опытного образца требованиям ТЗ. При проведении испытаний в первую очередь проверяется комплектность технической документации и соответствие образца его конструкторской документации.

Для подтверждения соответствия АКС требованиям ТЗ следует выделить ряд параметров: основные наружные размеры; внешний шум; технические характеристики.

АКС – это КС с системой автономного управления движением. Система автономного управления движением состоит из бортового оборудования и программного обеспечения. В связи с этим на АКС распространяются нормативные документы на КС.

Основные наружные размеры и методы их измерения регламентируются ГОСТ 22748-77 "Автотранспортные средства. Номенклатура наружных

размеров. Методы измерений". Наружные размеры АКС измеряются на поверхности с ровным и твердым покрытием. В таблице 1 приведены основные измеряемые наружные размеры и методы их измерения.

Внешний шум измеряют в стационарном режиме согласно ГОСТ 27534-87 «Акустика. Измерение воздушного шума, создаваемого землеройными машинами на рабочем месте оператора. Испытания в стационарном режиме».

К средствам измерения шума предъявляются требования:

– должны позволять определять значения скорректированного по А уровня осредненного звукового давления;

– соответствовать аппаратуре типа 1 по Публикации МЭК 651.

Метод измерения шума подробно описан в ГОСТ 27534-87. После измерений определяют эквивалентный уровень звука и оценивают соответствие значений требованиям ТЗ.

К наиболее важным техническим характеристикам относятся полная масса АКС, нагрузка на ось, снаряженная масса и грузоподъемность. Измерения проводят согласно ГОСТ 27922-88 «Машины землеройные. Методы измерения масс машин в целом, рабочего оборудования и составных частей».

Технические характеристики АКС рассчитываются методом комплексного измерения. Метод заключается в последовательном измерении опорных реакций, действующих в местах опирания ее осей.

Грузоподъемность определяется как разность измеренных значений полной и снаряженной масс.

Выводы

Определено, что на этапе разработки нового продукта, в нашем случае АКС, необходимо проводить предварительные и приемочные испытания. К каждому испытанию должна быть разработана программа и методика испытаний.

Для оценки соответствия АКС требованиям ТЗ выделен ряд параметров: основные наружные размеры; внешний шум; технические характеристики опытного образца. На основе оценки соответствия, представлены методы измерений, которые совместно образуют ПМ предварительных испытаний АКС.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2019-034 от 22.11.2019 г. с ПАО КАМАЗ по комплексному проекту «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"» при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Итоги работы угольной отрасли за август 2021 года // электронное: официальный сайт. – URL: <https://mupk42.ru/ru/press-center/news/novosti-ministerstva/itogi-raboty-ugolnoy-otrasli-za-avgust-2021-goda/>
2. Разработка структуры системы управления беспилотным карьерным самосвалом / Д. М. Дубинкин, В. Ю. Садовец, И. С. Сыркин, И. В. Чичерин // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 6(152). – С. 25-30. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-6-25-30.
3. Дубинкин Д.М., Аксенов В.В., Тюленев М.А., Марков С.О. Влияние горнотехнических факторов на производительность беспилотных карьерных автосамосвалов // Техника и технология горного дела. – 2020. – № 4 (11). – С. 42-69.
4. Дубинкин, Д. М. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 4(150). – С. 59-64. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64.
5. Дубинкин Д.М., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А., Бузунов Н.В., Сорокин К.П., Ялышев А.В. Современное состояние техники и технологий в области карьерных самосвалов с накопителями энергии // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 6 (152). – С. 31-42.
6. Концепция управления беспилотными транспортными средствами в условиях открытых горных работ / И. В. Чичерин, Б. А. Федосенков, И. С. Сыркин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2020. – № 8. – С. 109-120. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-8-109-120.
7. Оценка степени взаимовлияния вместимости ковша экскаватора и кузова автосамосвала / А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин, С. О. Марков, М. А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 3(145). – С. 104-112. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-3-104-112.
8. Разработка критериев обеспечения совместной работы источников энергии для создания новых карьерных самосвалов / Н.В. Бузунов, Р.Д. Пирожков, А.Б. Карташов, Д.М. Дубинкин // Вестник КузГТУ. – 2020. – №6. – С. 87-97.
9. Об интенсивности изменения производительности автономной тяжелой платформы / М.А. Тюленев, С.О. Марков, Д.М. Дубинкин, В.В. Аксенов // Вестник КузГТУ. – 2021. – №1. – С. 97-108. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-97-108
10. Хазин, М. Л. Роботизированные карьерные самосвалы // Известия Уральского государственного горного университета. – 2020. – № 3 (59). – С. 123-130.
11. Burmistrov K. V., Osintsev N. A., Shakshakpaev A. N. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 1696–1702.
12. Метод определения энергоэффективного закона движения карьерного автосамосвала / А. Б. Карташов, Б. Б. Косицын, Г. О. Котиев [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – №

3(149). – С. 11-24. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-3-11-24.

13. Dubinkin, D. Justification of the Number and Type of Tire Size for a Dump Truck with a Lifting Capacity from 90 to 130 Tons / D. Dubinkin, A. Kulpin, D. Stenin // E3S Web of Conferences: 5, Kemerovo, 19–21 октября 2020 года. – Kemerovo, 2020. – P. 03015. – DOI 10.1051/e3sconf/202017403015.

14. Assessment of the Need to Create Control System of Unmanned Dump Truck / D. Dubinkin, V. Sadovets, I. Syrkin, I. Chicherin // E3S Web of Conferences : 18, Ekaterinburg, 02–11 апреля 2020 года. – Ekaterinburg, 2020. – P. 03022. – DOI 10.1051/e3sconf/202017703022.

15. Голофастова, Н. Н. Роль инноваций технических университетов в обеспечении технологического лидерства регионов / Н. Н. Голофастова, Д. М. Дубинкин, Е. А. Григорьева // Вопросы региональной экономики. – 2021. – № 3(48). – С. 25-30.

16. Чичерин, И. В. Мониторинг текущих траекторий перемещения автономных тяжёлых платформ по карьерным маршрутам горнорудных предприятий / И. В. Чичерин, Б. А. Федосенков, Д. М. Дубинкин // Горная промышленность. – 2021. – № 5. – С. 76-83. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-5-76-83.

17. Using a wavelet medium for computer-aided controlling the movement of unmanned vehicles along quarry routes / I. Chicherin, B. Fedosenkov, I. Syrkin [et al.] // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2021. – № 2. – P. 103-112. – DOI 10.21440/0536-1028-2021-2-103-112.

18. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variants of their positioning / V. V. Aksenov, D. M. Dubinkin, A. A. Khoreshok [et al.] // Journal of physics: conference series : 3rd International Scientific and Practical Conference on Mathematical Modeling, Programming and Applied Mathematics (MMPAM 2021), Volume 2052, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. –

Veliky Novgorod: IOP Publishing, 2021. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.

19. Дубинкин, Д. М. Обоснование конструктивного решения трансмиссии автономного карьерного самосвала грузоподъемностью до 90 тонн / Д. М. Дубинкин, Д. А. Пашков, Н. А. Архицкий // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 3(155). – С. 12-19. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19.

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

21. Дубинкин, Д. М. Обоснование количества и типа размера шин для беспилотных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин, А. Б. Карташов, Г. А. Арutyunyan // Горное оборудование и электромеханика. – 2020. – № 3(149). – С. 25-33. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-3-25-33.

22. Кузин, Е. Г. Анализ отказов узлов карьерных самосвалов в условиях эксплуатации / Е. Г. Кузин, Е. Ю. Пудов, Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 2(154). – С. 55-61. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.

23. Дубинкин, Д. М. Обоснование типа передней подвески автономного карьерного самосвала грузоподъемностью до 90 тонн / Д. М. Дубинкин, Д. А. Пашков, А. Е. Ушаков // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 5(157). – С. 10-18. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-10-18.

24. Разработка варианта гидравлической системы поворота автономного карьерного самосвала / К. А. Ананьев, А. Н. Ермаков, Д. М. Дубинкин [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 5(157). – С. 3-9. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.

DOI: 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65

Dmitry M. Dubinkin¹, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Alexander B. Kartashov**², C. Sc. in Engineering, **George A. Arutyunyan**², C. Sc. in Engineering, **Alexey V. Kolyako**², Leading Design Engineer REC "KAMAZ-BAUMAN", **Vladimir Yu. Sadovets**¹, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, **Dmitry A. Pashkov**¹, C. Sc. in Engineering, research center «Digital Technologies» research associate

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Russian Federation, Kemerovo, Vesennyaya street, 28

²Bauman Moscow State Technical University, 105005, Russian Federation, Moscow, 2nd Baumanskaya street, 5

E-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

DEVELOPMENT OF A PROGRAM AND METHODOLOGY FOR PRELIMINARY TESTING OF AN AUTONOMOUS QUARRY DUMP TRUCK



Article info

Received:

13 November 2021

Revised:

30 November 2021

Accepted:

03 December 2021

Keywords: *autonomous quarry dump truck, mining, quarry dump truck, test program and methodology.*

Abstract.

The article considers the issue of testing an autonomous quarry dump truck being developed as part of a comprehensive project on the topic "Development and creation of high-tech production of autonomous heavy platforms for unpopulated mining in the Smart Quarry system". The types of tests at the stage of development of a prototype of an autonomous quarry dump truck have been established. A test program and methodology should be developed for each test. To confirm the compliance of the developed autonomous mining dump truck with the requirements of the technical specification, the following parameters are highlighted: main external dimensions; external noise; technical characteristics of the prototype. On the example of conformity assessment, methods of measuring technical parameters are presented, which together form the program and methodology of preliminary tests.

For citation Dubinkin D.M., Kartashov A.B., Arutyunyan G.A., Kolyako A.V., Sadovets V.Yu., Pashkov D.A. Development of a program and methodology for preliminary testing of an autonomous quarry dump truck. Mining Equipment and Electromechanics, 2021, no.6 (158), pp. 59-65. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65

REFERENCES

1. Itogi raboty ugol'noy otrasli za avgust 2021 goda // elektronnoye: ofitsial'nyy sayt. – URL: <https://mupk42.ru/ru/press-center/news/novosti-ministerstva/itogi-raboty-ugolnoy-otrasli-za-avgust-2021-goda/>
2. Razrabotka struktury sistemy upravleniya bespilotnym kar'yernym samosvalom / D. M. Dubinkin, V. YU. Sadovets, I. S. Syrkin, I. V. Chicherin // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2020. – № 6(152). – S. 25-30. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-6-25-30.
3. Dubinkin D.M., Aksenov V.V., Tyulenev M.A., Markov S.O. Vliyaniye gornotekhnicheskikh faktorov na proizvoditel'nost' bespilotnykh kar'yernykh avtosamosvalov // Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela. – 2020. – № 4 (11). – S. 42-69.
4. Dubinkin, D. M. Obosnovaniye neobkhodimosti sozdaniya tyazhelykh platform dlya otkrytykh gornykh ra-bot / D. M. Dubinkin // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2020. – № 4(150). – S. 59-64. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64.
5. Dubinkin D.M., Kartashov A.B., Arutyunyan G.A., Buzunov N.V., Sorokin K.P., Yalyshev A.V. Sovremen-noye sostoyaniye tekhniki i tekhnologiy v oblasti kar'yernykh samosvalov s nakopitelyami energii // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2020. – № 6 (152). – S. 31-42.
6. Kontseptsiya upravleniya bespilotnymi transportnymi sredstvami v usloviyakh otkrytykh gornykh rabot / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, I. S. Syrkin [i dr.] // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal. – 2020. – № 8. – S. 109-120. – DOI 10.21440/0536-1028-2020-8-109-120.
7. Otsenka stepeni vzaimovliyaniya vmestimosti kovsha ekskavatora i kuzova avtosamosvala / A. A. Khoreshok, D. M. Dubinkin, S. O. Markov, M. A. Tyulenev // Vest-nik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 3(145). – S. 104-112. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-3-104-112.
8. Razrabotka kriteriyev obespecheniya sovmestnoy raboty istochnikov energii dlya sozdaniya novykh kar'yernykh samosvalov / N.V. Buzunov, R.D. Pirozhkov, A.B. Karta-shov, D.M. Dubinkin // Vestnik KuzGTU. - 2020. - №6. - C. 87-97.
9. Ob intensivnosti izmeneniya proizvoditel'nosti avtonomnoy tyazhely platformy / M.A. Tyulenev, S.O. Markov, D.M. Dubinkin, V.V. Aksenov // Vestnik KuzGTU. - 2021. - №1. - C. 97-108. DOI: 10.26730/1999-4125-2021-1-97-108
10. Khazin, M. L. Robotizirovannyye kar'yernyye samosvaly// Izvestiya Ural'sko-go gosudarstvennogo gornogo universiteta. - 2020. - № 3 (59). - S. 123-130.
11. Burmistrov K. V., Osintsev N. A., Shakshak-paev A. N. Selection of Open-Pit Dump Trucks during Quarry Reconstruction // Procedia Engineering. 2017. Vol. 206. P. 1696–1702.
12. Metod opredeleniya energoeffektivnogo zakona dvizheniya kar'yernogo avto-samosvala / A. B. Kartashov, B. B. Kositsyn, G. O. Kotiyev [i dr.] // Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika. – 2020. – № 3(149). – S. 11-24. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-3-11-24.
13. Dubinkin, D. Justification of the Number and Type of Tire Size for a Dump Truck with a Lifting Capacity from 90 to 130 Tons / D. Dubinkin, A. Kulpin, D. Stenin // E3S Web of Conferences: 5, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2020 goda. – Kemerovo, 2020. – P. 03015. – DOI 10.1051/e3sconf/202017403015.
14. Assessment of the Need to Create Control Sytem of Unmanned Dump Truck / D. Dubinkin, V. Sadovets, I. Syrkin, I. Chicherin // E3S Web of Conferences : 18, Ekaterinburg, 02–11 aprilya 2020 goda. – Ekaterinburg, 2020. – P. 03022. – DOI 10.1051/e3sconf/202017703022.
15. Golofastova, N. N. The role of innovations of technical universities in ensuring technological leadership of regions / N. N. Golofastova, D. M. Dubinkin, E.

A. Grigorieva // Issues of regional economy. – 2021. – № 3(48). – Pp. 25-30.

16. I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin. Monitoring the current trajectories of autonomous heavy platforms moving along the quarry routes of mining enterprises. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(5):76–83. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-5-76-83.

17. Using a wavelet medium for computer-aided controlling the movement of un-manned vehicles along quarry routes / I. Chicherin, B. Fedosenkov, I. Syrkin [et al.] // *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal*. – 2021. – No 2. – P. 103-112. – DOI 10.21440/0536-1028-2021-2-103-112.

18. Evaluating the impact of excavator bucket capacity on the output of a haul truck in different variants of their positioning / V. V. Aksenov, D. M. Dubinkin, A. A. Khoreshok [et al.] // *Journal of physics: conference series : 3rd International Scientific and Practical Conference on Mathematical Modeling, Programming and Applied Mathematics (MPPAM 2021)*, Volume 2052, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. – Veliky Novgorod: IOP Publishing, 2021. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.

19. Dubinkin, D. M. Obosnovaniye konstruktivnogo resheniya transmissii av-tonomnogo kar'yernogo samosvala gruzopod"yemnost'yu do 90 tonn / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov, N. A. Arkhitskiy // *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika*. – 2021. – № 3(155). – S. 12-19. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19.

20. Monitoring dinamicheskogo sostoyaniya avtonomnykh tyazhelykh platform na kar'yernykh marshrutakh gornorudnykh predpriyatiy / S. G. Kostyuk, I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin // *Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy*. – 2020. – T. 12. – № 4(46). – S. 600-608. – DOI 10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608.

21. Dubinkin, D. M. Obosnovaniye kolichestva i tipa razmera shin dlya bespi-lotnykh kar'yernykh samosvalov / D. M. Dubinkin, A. B. Kartashov, G. A. Arutyunyan // *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika*. – 2020. – № 3(149). – S. 25-33. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-3-25-33.

22. Kuzin, Ye. G. Analiz otkazov uzlov kar'yernykh samosvalov v usloviyakh eksplu-atatsii / Ye. G. Kuzin, Ye. YU. Pudov, D. M. Dubinkin // *Gornoye oborudovaniye i elektro-mekhanika*. – 2021. – № 2(154). – S. 55-61. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.

23. Dubinkin, D. M. Obosnovaniye tipa predney podveski avtonomnogo kar'-yernogo samosvala gruzopod"yemnost'yu do 90 tonn / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov, A. Ye. Ushakov // *Gornoye oborudovaniye i elektromekhanika*. – 2021. – № 5(157). – S. 10-18. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-10-18.

24. Razrabotka varianta gidravlicheskoj sistemy povorota avtonomnogo kar'-yernogo samosvala / K. A. Anan'yev, A. N. Yermakov, D. M. Dubinkin [i dr.] // *Gornoye obo-rudovaniye i elektromekhanika*. – 2021. – № 5(157). – S. 3-9. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.