



УДК 622.684

## ТИПОРАЗМЕРЫ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ НИЗКОВОЛЬТНОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬЮ ОТ 218 ДО 255 Т

Сыркин И.С.<sup>1</sup>, Бузунов Н.В.<sup>2</sup>, Тургенев И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

<sup>2</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана



### Информация о статье

Поступила:  
29 апреля 2022 г.

Рецензирование:  
22 июня 2022 г.

Принята к печати:  
29 июня 2022 г.

### Ключевые слова:

горные машины, карьерный самосвал, аккумуляторные батареи карьерного самосвала, свинцово-кислотные аккумуляторные батареи

### Аннотация.

В данной статье отмечается актуальная задача полной электрификации карьерного самосвала. В работе проведен анализ аккумуляторных модулей для эксплуатации таких карьерных самосвалов как БЕЛАЗ серии 7530, 7531, Komatsu 830, Liebherr T264 и других. Было выявлено, что в основном в аккумуляторном модуле карьерного самосвала устанавливаются 2, 4 и в редком случае 6 свинцово-кислотных аккумуляторных батарей по схемам 1P2S или 2P2S. Выбор схемы аккумуляторного модуля зависит от типа стартера и мощности двигателя внутреннего сгорания. Наиболее распространённые аккумуляторные батареи следующих типоразмеров: А (серия EU); В (серия EU); С (серия EU); 4D (серия AM); 8D (серия AM); F51 (серия AS); G51 (серия AS); H52 (серия AS). Большая популярность этих типоразмеров вызвана тем, что их контакты для подключения силовых клемм расположены рядом друг с другом на одной стороне, что облегчает общий монтаж схем соединения аккумуляторных батарей и контроля состояния. Выявлено, что на карьерных самосвалах, эксплуатируемых в Российской Федерации, преимущественно используется типоразмеры европейского и азиатского происхождения. Это обусловлено схожими конструктивными особенностями этих типоразмеров, такими как расположение выводных контактов, габаритные размеры и расположение отверстий для обслуживания.

**Для цитирования:** Сыркин И.С., Бузунов Н.В., Тургенев И.А. Типоразмеры аккумуляторных батарей низковольтного электрооборудования карьерных самосвалов грузоподъемностью от 218 до 255 т // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 2(17). – С. 53-66. – DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-53-66

### Введение

Добыча полезных ископаемых (ПИ) в большей степени ведется открытым способом. В мире наблюдается тенденция увеличения добычи ПИ данным способом [1-4]. На примере добычи угля в России в 2021 г. на открытый способ разработки приходится 74,2% от общего объема (Рисунок 1) [5].

К положительным сторонам добычи полезных ископаемых открытым способом относятся: простота подготовительных (вскрышных и других) работ, относительная безопасность участников производственного процесса, большая производительность горных работ [6, 7].

Однако, помимо достоинств, у открытой разработки есть и свои недостатки. К ним относятся большое количество работающей в карьере техники и оборудования, а значит, и немалые затраты на его приобретение и обслуживание [10-14]. Углубление карьеров ведет к росту расходов на разработку ПИ, в связи с увеличением объемов пустой породы, увеличения дальности транспортирования и т.д.

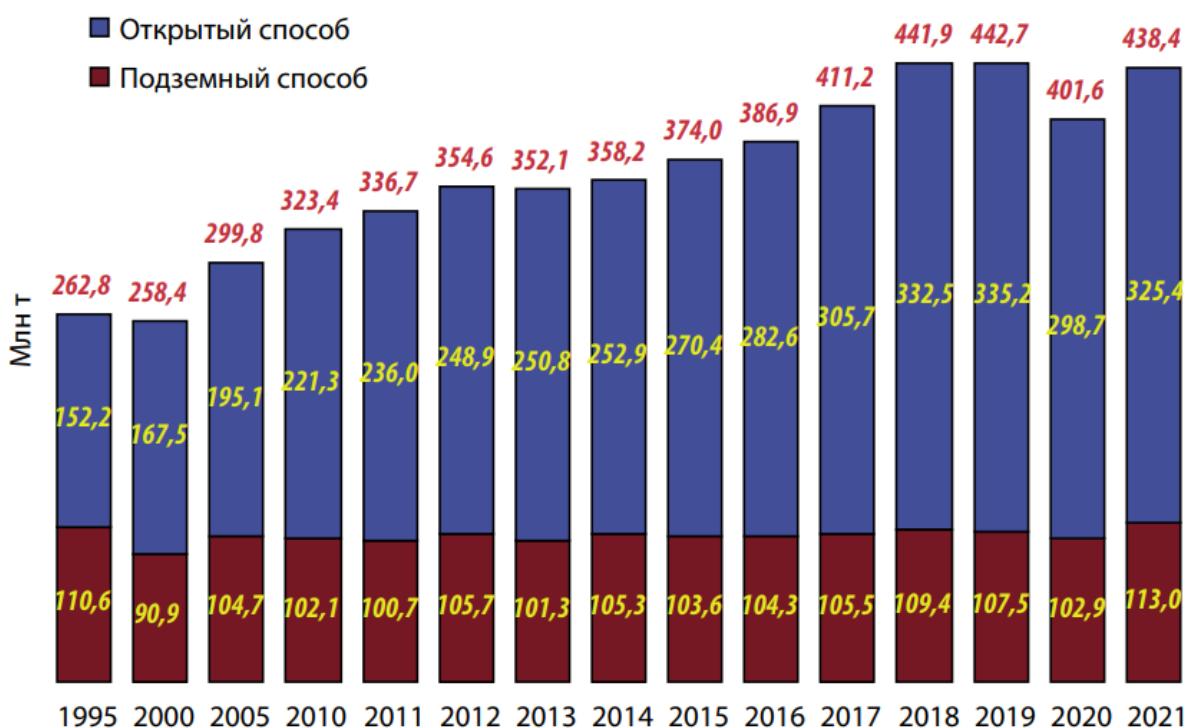


Рис. 1. Добыча угля в России по способам добычи

Fig. 1. Coal mining in Russia by mining methods

Зачастую на одном горнодобывающем предприятии стараются использовать всю технику одного производителя, так как это создает единую базу запасных частей техники, что способствует облегчению процесса диагностики, пуска, наладки и эксплуатации техники.

Самой многочисленной техникой на карьерах является карьерный самосвал (КС), предназначенный для транспортировки горной массы [14-18]. КС в РФ представлены только импортными производителями [19, 20]. Однако в настоящее время в РФ ведутся работы по созданию высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом.

Для управления КС используются электронные компоненты, использующие низковольтное напряжение 12-24 вольта. Бесперебойное питание КС необходимым низковольтным напряжением позволяет обеспечивать функционирование всей машины. Так для обеспечения карьерного самосвала необходимым количеством электроэнергии при пуске двигателя внутреннего сгорания и при эксплуатации компонентов основных систем используют две или четыре аккумуляторные батареи с различными схемами подключения и типоразмерами.

Таким образом, при разработке новых КС грузоподъемностью 240 тонн, актуально определить применяемые типоразмеры аккумуляторных батарей низковольтной части существующих КС грузоподъемностью от 218 до 255 тонн.

## Основная часть

Для подключения аккумуляторных батарей в КС применяют две схемы: 1P2S и 2P2S.

Схема питания 1P2S составляется из аккумуляторных батарей емкостью от 100 до 210 Ач (в зависимости от применяемого ДВС) с номинальным напряжение 12 вольт. Данная схема выдает напряжение 24 вольта и емкость такой сборки равна емкости одного аккумулятора. Чаще всего



такую схему используют на КС с пневмостартером из-за отсутствия большого токопотребления при пуске двигателя.

Схема питания 2P2S составляется из аккумуляторов от 100 до 210 Ач (в зависимости от применяемого ДВС) с номинальным напряжение 12 вольт. Данная схема выдает напряжение 24 вольта и емкость такой сборки уже в 2 раза больше, что позволяет питать элементы с большим токопотреблением. Из-за этого схему 2P2S применяют на КС с электростартером.

В Кузбассе на открытых горных работах применяются КС различных производителей, например Komatsu, Hitachi, БелАЗ, Caterpillar, Liebherr и многие другие.

Данные производители карьерных самосвалов используют разные типоразмеры аккумуляторных батарей. На данный момент есть несколько типоразмеров аккумуляторных батарей, разрешенных для использования на территории Российской Федерации.

Согласно ГОСТ Р МЭК 60095-4-2010, в настоящие времена есть четыре типа батарей для тяжелых грузовиков, применяемые в Европе (серия EU) которые разрешены в Российской Федерации:

- 1) D2;
- 2) A;
- 3) B;
- 4) C;

Основные схемы размеров батарей, серии EU, представлены на рисунках 2 и 3.

Размеры батарей серии EU представлены в таблице 1.

Таблица 1. Размеры батарей

Table 1. Battery dimensions

Тип	Длина, мм				Ширина, мм			Высота, мм	
	$l$	$l_1$	$l_{2-2}^{+2}$	$l_{3-2}^{+2}$	$b$	$b_1$	$b_{2-1}^{+1}$	$h$	$h_1$
D2	$349_{-5}^{+0}$	$344_{-8}^{+0}$	-	-	$175_{-4}^{+0}$	$162_{-4}^{+0}$	-	$235_{-4}^{+0}$	$213_{-4}^{+0}$
A	$513_{-4}^{+0}$	$475_{-3}^{+0}$	482	202	$188_{-2}^{+2}$	$178_{-2}^{+0}$	86	$223_{\max}^{+0}$	$195_{-3}^{+0}$
B					$222_{-2}^{+2}$	$210_{-2}^{+2}$	102		
C	$518_{-8}^{+0}$				$274_{-2}^{+2}$	$265_{-2}^{+2}$	130	$242_{\max}^{+0}$	$216_{-3}^{+0}$

Примечание – Символы длины, ширины и высоты относятся к рисункам 2 и 3.

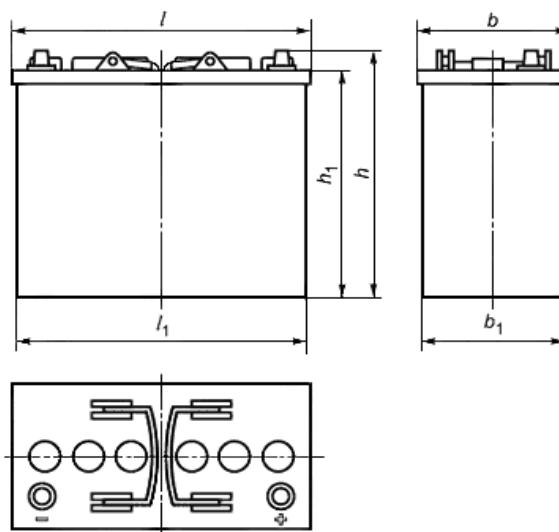


Рис. 2. Схема аккумулятора типа D2

Fig. 2. Scheme of batteries type D2

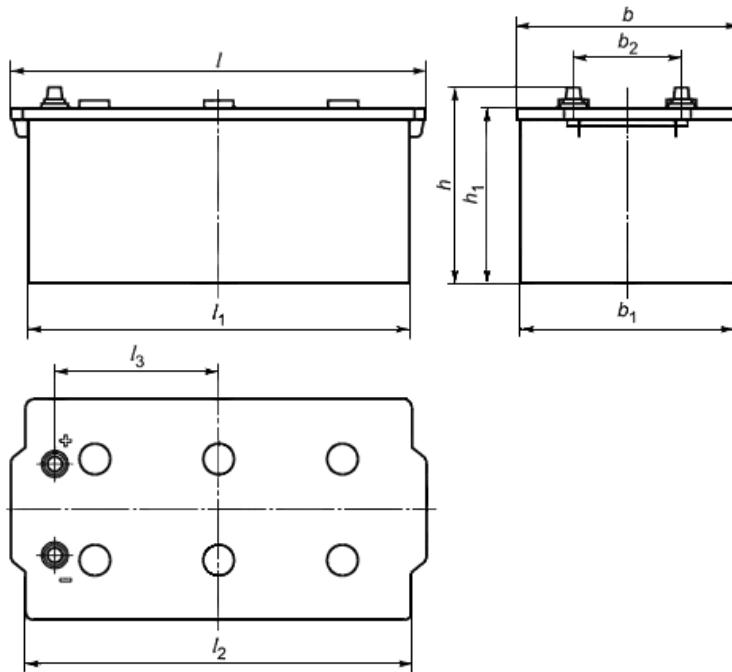


Рис. 3. Схема аккумуляторов тип А, В, С  
Fig. 3. Scheme of batteries type A, B, C

В настоящее время есть четыре типа батарей для тяжелых грузовиков, применяемые в Северной Америке (серия АМ), которые разрешены в Российской Федерации:

- 1) 4D;
- 2) 8D;
- 3) 31T;
- 4) 31A;

Основные схемы размеров батарей серии АМ представлены на рисунках 4, 5, 6 и 7.

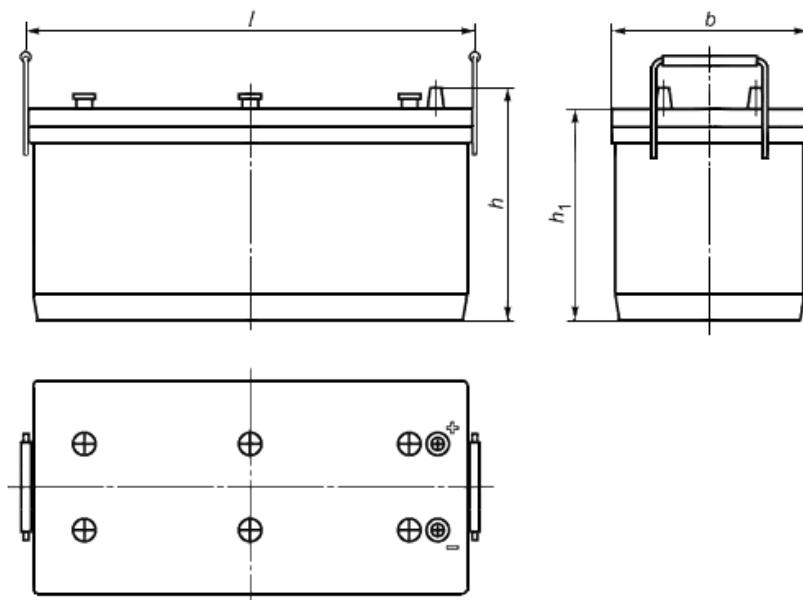


Рис. 4. Схема аккумулятора типа 4D  
Fig. 4. Scheme of batteries type 4D

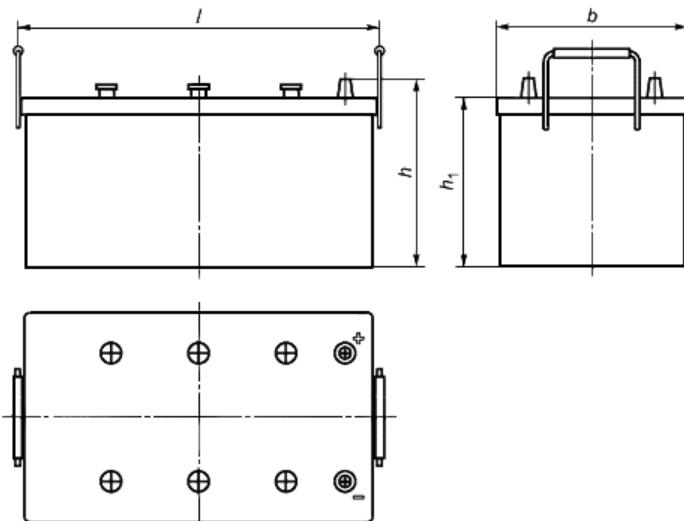


Рис. 5. Схема аккумулятора типа 8Д  
Fig. 5. Scheme of batteries type 8D

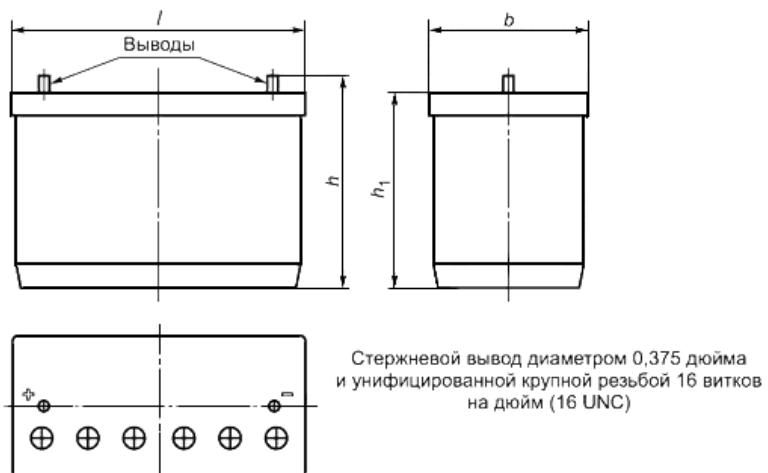


Рис. 6. Схема аккумулятора типа 31Т  
Fig. 6. Scheme of batteries type 31T

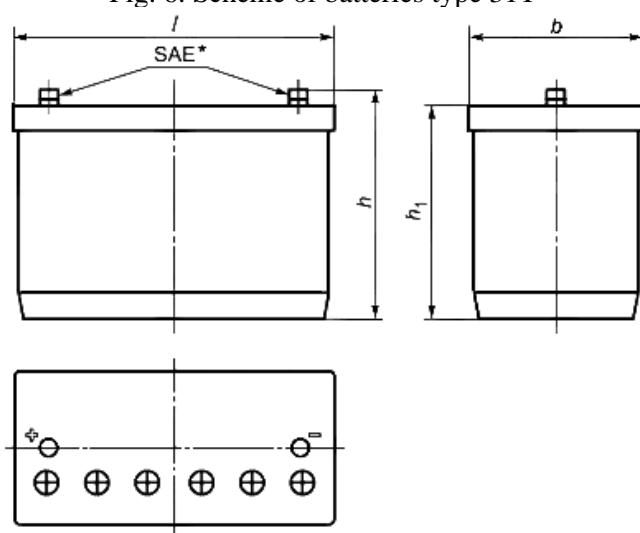


Рис. 7. Схема аккумулятора типа 31А  
Fig. 7. Scheme of batteries type 31A

Размеры батарей серии АМ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Размеры батарей  
Table 2. Battery dimensions

Тип	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	
	$l_{-4}^{+0}$	$b_{-4}^{+0}$	$h_{-4}^{+0}$	$h_{1-4}^{+0}$
4D	527	222	230	250
8D		283		
31Т	330	173	219	240
31А				

Примечание – Символы длины, ширины и высоты относятся к рисункам 4, 5, 6 и 7.

Также есть четыре типа батарей для тяжелых грузовиков, применяемые в Восточной Азии (серия AS), которые разрешены в Российской Федерации:

- 1) E41;
- 2) F51;
- 3) G51;
- 4) H52;

Основные схемы размеров батарей серии AS представлены на рисунках 8 и 9.

Размеры батарей серии AS представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Размеры батарей

Table 3. Battery dimensions

Тип	Длина, мм	Ширина, мм		Высота, мм	
	$l_{-5}^{+0}$	$l_{1\max}$	$b_{-5}^{+0}$	$b_{1\max}$	$h_{-4}^{+0}$
E41	410	394	176	173	213
F51	505	502	182	181	257
G51	508	505	222	221	257
H52	521	500	278	267	220
					270

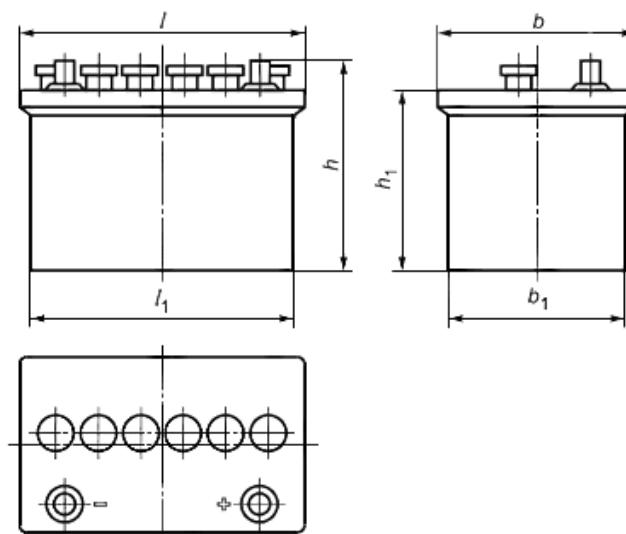


Рис. 8. Схема аккумулятора типа E41  
Fig. 8. Scheme of batteries type E41

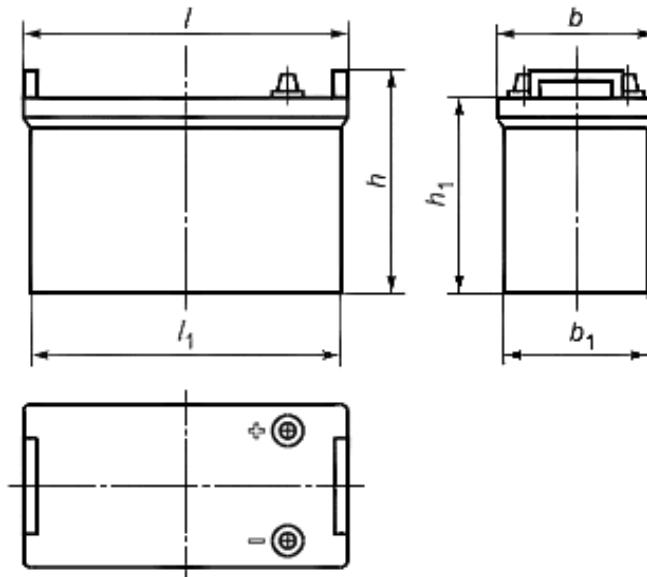


Рис. 9. Схемы аккумуляторов типов F51, G5, H52  
Fig. 9. Scheme of batteries type F51, G5, H52

Наиболее распространённые аккумуляторные батареи следующих типоразмеров:

- 1) Типоразмер А (серия EU)
- 2) Типоразмер В (серия EU)
- 3) Типоразмер С (серия EU)
- 4) Типоразмер 4D (серия AM)
- 5) Типоразмер 8D (серия AM)
- 6) Типоразмер F51 (серия AS)
- 7) Типоразмер G51 (серия AS)
- 8) Типоразмер H52 (серия AS)

Большая популярность именно этих типоразмеров вызвана тем, что их контакты для подключения силовых клемм расположены рядом с друг другом на одной стороне, что облегчает общий монтаж схем соединения аккумуляторных батарей и контроля состояния. Например, на рисунке 10 представлен внешний вид соединения аккумуляторных батарей на карьерном самосвале серии БЕЛАЗ 7530.

На рисунке 11 представлена схема соединения аккумуляторных батарей на карьерном самосвале БелАЗ 7530.

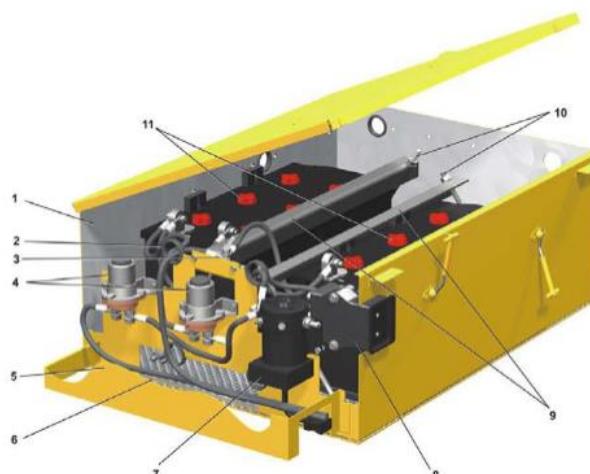


Рис. 10. Внешний вид соединения аккумуляторных батарей  
на карьерном самосвале БЕЛАЗ 7530

1 – ящик аккумуляторных батарей; 2 – втулка; 3 – панель переходник; 4 – контактор ТКС 601ДОД; 5 – кожух защитный; 6 – коврик ящика; 7 – реле включения стартера; 8 – розетка ПС 315 108; 9 – планка прижимная; 10 – тяга; 11 – аккумуляторная батарея 6СТ-190

Fig. 10. External view of the connection of batteries on a mining truck BELAZ 7530

1 – battery box; 2 – bushing; 3 – adapter panel; 4 – contactor TKS 601DOD; 5 – protective casing; 6 – box mat; 7 – starter enable relay; 8 – socket PS 315 108; 9 – clamping bar; 10 – thrust; 11 – battery 6ST-190

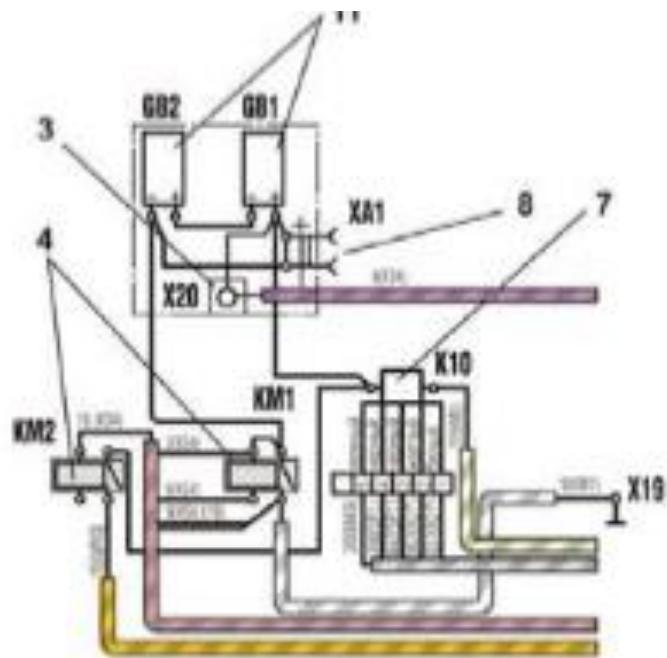


Рис. 11. Схема соединения аккумуляторного модуля карьерного самосвала БЕЛАЗ 7530

Fig. 11. Mining dump truck battery module connection scheme BELAZ 7530

Схема аккумуляторного модуля Liebherr T264 представлена на рисунке 12.

Внешний вид аккумуляторного модуля карьерного самосвала Komatsu 830E представлена на рисунке 13.

## Выводы

Установлено, что на карьерных самосвалах грузоподъемностью от 218 до 255 тонн, эксплуатируемых в Российской Федерации, преимущественно используется типоразмеры европейского и азиатского происхождения. Обусловлено это схожими конструктивными особенностями типоразмеров. Параметрами которых являются расположение выводных контактов, габаритные размеры и расположение отверстий для обслуживания электролита. Аккумуляторные батареи с данными параметрами облегчают монтаж. Также позволяют уменьшить длину межблочных кабелей, которые соединяются на аккумуляторном блоке, что способствует более высокой безопасности. Выбор схемы подключения аккумуляторного модуля зависит от применяемого вида стартера. При создании новых КС с пневмостартером целесообразно применять схему подключения аккумуляторного модуля 1P2S, а электростартером - 2P2S. Исходя из преобладания аккумуляторных батарей европейских и азиатских типоразмеров в РФ рекомендуется устанавливать их на новые КС.

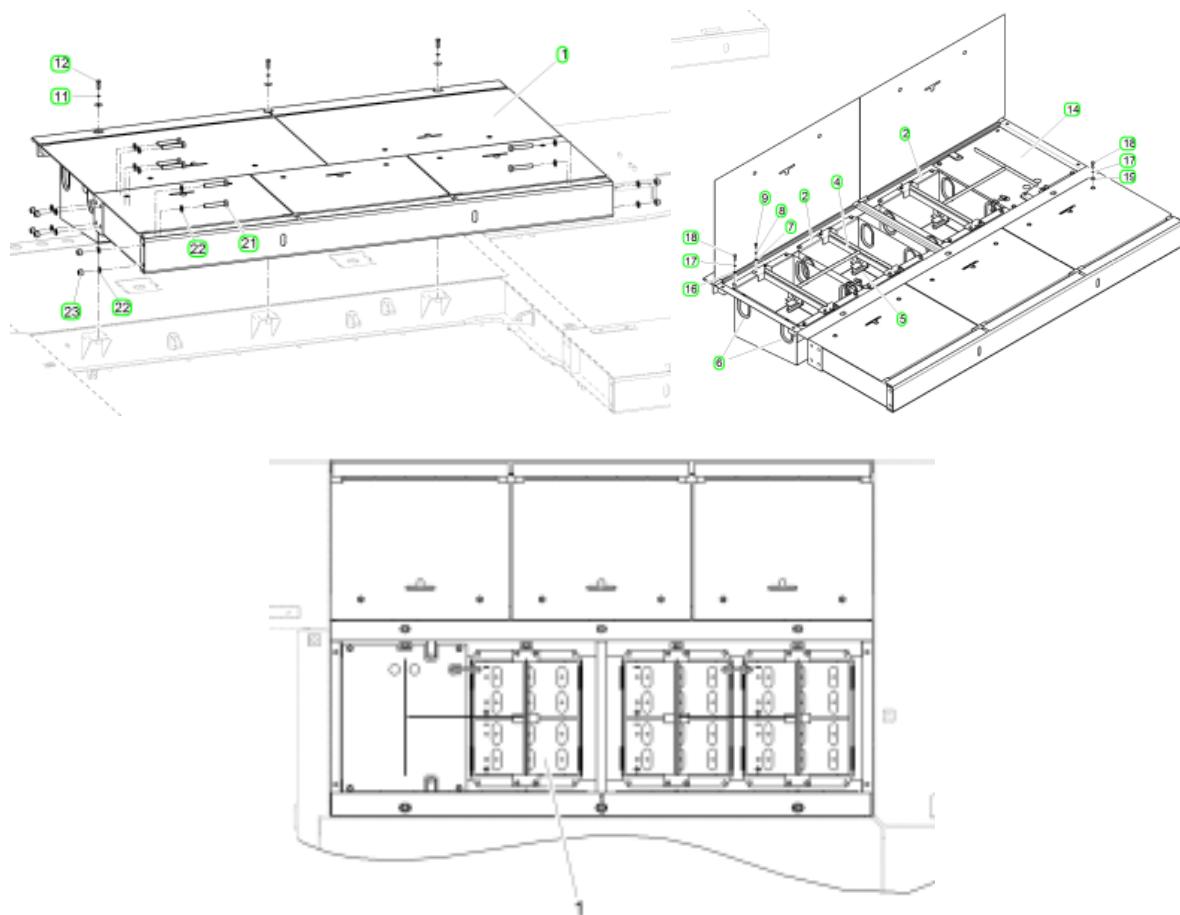


Рис. 12. Схема расположения аккумуляторного модуля карьерного самосвала Liebherr T264  
Fig. 12. The layout of the battery module of a mining truck Liebherr T264

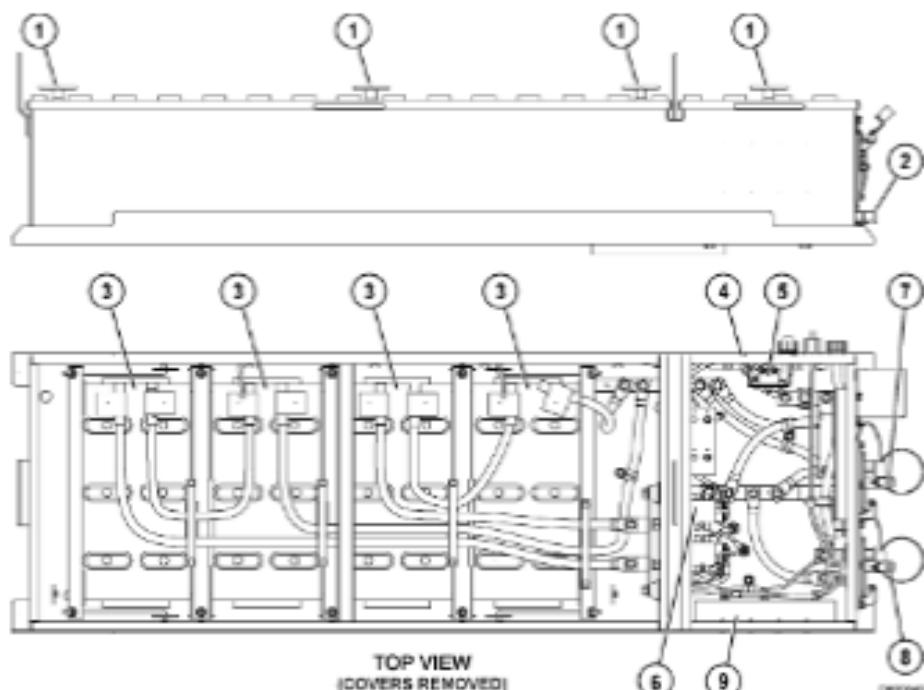


Рис. 13. Внешний вид аккумуляторного модуля карьерного самосвала Komatsu 830E  
Fig. 13. Appearance of the battery module of a mining truck Komatsu 830E



Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-2022-016 от 07.04.2022 г. с ПАО «КАМАЗ» по комплексному проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

## Литература

1. 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.
2. Разработка критериев обеспечения гидравлических процессов в узких каналах гидросистемы при создании новых карьерных самосвалов / Д. А. Панасенков, А. П. Зайцев, Н. А. Пикалов [и др.] // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2020. – № 6(142). – С. 98-108. – DOI 10.26730/1999-4125-2020-6-98-108.
3. 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 Кузбасского государственного технического университета. – 2020. – № 6(142). – С. 87-97. – DOI 10.26730/1999-4125-2020-6-87-97.
4. Design hydrodynamic analysis of cavitation in narrow channels of the open-pit dump truck's hydraulic system / D. A. Panasenkov, A. P. Zaycev, A. B. Kartashov [et al.] // IOP conference series: materials science and engineering: The conference proceedings ISPCIET'2020, Veliky Novgorod, 25–26 июня 2020 года. – Veliky Novgorod: IOP Publishing Ltd, 2020. – Р. 012057. – DOI 10.1088/1757-899X/939/1/012057.
5. Петренко, И. Е. Итоги работы угольной промышленности России за 2021 год / И. Е. Петренко // Уголь. – 2022. – № 3(1152). – С. 9-24. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Чичерин, И. В. Мониторинг текущих траекторий перемещения автономных тяжелых 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.
11. Об изменении эффективной производительности экскаваторов при использовании карьерных самосвалов с различной вместимостью кузова / А. А. Хорешок, Д. М. Дубинкин, С. О. Марков, М. А. Тюленев // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2021. – № 6(148). – С. 85-93. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.
12. 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.
13. 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: 3, Veliky Novgorod, 06–07 сентября 2021 года. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.

14. Simulation of operation of a sequential hybrid drive of a haul truck with a traction battery and a bilateral DC-to-DC converter / N. V. Buzunov, R. D. Pirozhkov, A. B. Kartashov [et al.] // IOP conference series: materials science and engineering : The conference proceedings ISPCIET'2020, Veliky Novgorod, 25–26 июня 2020 года. – Veliky Novgorod: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 012017. – DOI 10.1088/1757-899X/939/1/012017.

15. 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.

16. Расчет гидромеханических потерь и моделирование кавитации в каналах гидравлического блока карьерного автосамосвала / Д. А. Панасенков, А. П. Зайцев, А. Б. Карташов [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 3(155). – С. 3-11. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-3-11.

17. Разработка программы и методики предварительных испытаний автономного карьерного самосвала / Д. М. Дубинкин, А. Б. Карташов, Г. А. Арутюнян [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. – 2021. – № 6(158). – С. 59-65. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65.

18. 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.

19. Дубинкин, Д. М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов / Д. М. Дубинкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.

20. Developing the concept of autonomous control of the quarry vehicles movement / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin, W. Zhenbo // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 октября 2021 года. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03023. – DOI 10.1051/e3sconf/202131503023.

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2022 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

## Информация об авторах

**Сыркин Илья Сергеевич**, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник  
e-mail: syrkin@kuzstu.ru

**Тургенев Илья Александрович**, студент  
e-mail: bkmz131299@mail.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева  
Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

**Бузунов Николай Викторович**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН»

e-mail: buzunov@bmstu.ru  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана  
Российская Федерация, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, дом 5, стр. 1



## BATTERY SIZES OF LOW-VOLTAGE ELECTRICAL EQUIPMENT OF DUMP TRUCKS WITH PAYLOAD CAPACITY FROM 218 TO 255 TONS

Ilya S. Syrkin<sup>1</sup>, Nikolai V. Buzunov<sup>2</sup>, Ilya A. Turgenev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University»

<sup>2</sup> Bauman Moscow State Technical University



### Article info

Received:

29 April 2022

Revised:

22 June 2022

Accepted:

28 June 2022

**Keywords:** mining machines, dump truck, dump truck batteries, lead-acid batteries

### Abstract.

This article notes the urgent task of full electrification of the dump truck. The paper analyzes the battery modules for the operation of such dump trucks as BELAZ 7530, 7531 series, Komatsu 830, Liebherr T264 and others. It was found that basically in the battery module of the dump truck are installed 2, 4 and in rare case 6 lead-acid batteries in accordance with the scheme 1P2S or 2P2S. The choice of battery module scheme depends on the type of starter and the power of the internal combustion engine. The most common battery sizes are: A (EU series); B (EU series); C (EU series); 4D (AM series); 8D (AM series); F51 (AS series); G51 (AS series); H52 (AS series). The great popularity of these sizes is due to the fact that their contacts for connecting power terminals are located next to each other on the same side, which facilitates the overall installation of battery connection and status control circuits. It is revealed that on the dump trucks, operated in the Russian Federation, the European and Asian sizes are mainly used. This is due to the similar design features of these sizes, such as the location of output contacts, overall dimensions and location of service holes.

**For citation:** Syrkin I., Buzunov N., Turgenev I. (2022) Battery sizes of low-voltage electrical equipment of dump trucks with payload capacity from 218 to 255 tons, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 2(17):53. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-2-53-66

### References

1. Metod opredeleniya energoeffektivnogo zakona dvizheniya kar'ernogo avtosamosvala / A. B. Kartashov, B. B. Kositin, G. O. Kotiev [i dr.] // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2020. – № 3(149). – S. 11-24. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-3-11-24.
2. Razrabotka kriteriev obespecheniya gidravlicheskih protsessov v uzkikh kanalakh gidsistem pri sozdaniii novykh kar'ernykh samosvalov / D. A. Panasenkov, A. P. Zaytsev, N. A. Pikalov [i dr.] // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2020. – № 6(142). – S. 98-108. – DOI 10.26730/1999-4125-2020-6-98-108.
3. Razrabotka kriteriev obespecheniya sovmestnoy raboty istochnikov energii dlya sozdaniya novykh kar'ernykh samosvalov / N. V. Buzunov, R. D. Pirozhkov, A. B. Kartashov, D. M. Dubinkin // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2020. – № 6(142). – S. 87-97. – DOI 10.26730/1999-4125-2020-6-87-97.
4. Design hydrodynamic analysis of cavitation in narrow channels of the open-pit dump truck's hydraulic system / D. A. Panasenkov, A. P. Zaycev, A. B. Kartashov [et al.] // IOP conference series: materials science and engineering: The conference proceedings ISPCIET'2020, Veliky Novgorod, 25–26 iyunya 2020 goda. – Veliky Novgorod: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 012057. – DOI 10.1088/1757-899X/939/1/012057.
5. Petrenko, I. E. Itogi raboty ugol'noy promyshlennosti Rossii za 2021 god / I. E. Petrenko // Ugol'. – 2022. – № 3(1152). – S. 9-24. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-3-9-23.



6. Dubinkin, D. M. Obosnovanie neobkhodimosti sozdaniya tyazhelykh platform dlya otkrytykh gornykh rabot / D. M. Dubinkin // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2020. – № 4(150). – S. 59-64. – DOI 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64.
7. Monitoring dinamicheskogo sostoyaniya avtonomnykh tyazhelykh platform na kar'ernykh marshrutakh gornorudnykh predpriyatiy / S. G. Kostyuk, I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin // Ustoichivoe razvitiye gornykh territoriy. – 2020. – T. 12. – № 4(46). – S. 600-608. – DOI 10.21177/1998-4502-2020-12-4-600-608.
8. Dubinkin, D. M. Obosnovanie tipa peredney podveski avtonomnogo kar'ernogo samosvala gruzopod"emnost'yu do 90 tonn / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov, A. E. Ushakov // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 5(157). – S. 10-18. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-10-18.
9. Kuzin, E. G. Analiz otkazov uzlov kar'ernykh samosvalov v usloviyakh ekspluatatsii / E. G. Kuzin, E. Yu. Pudov, D. M. Dubinkin // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 2(154). – S. 55-61. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-2-55-61.
10. Chicherin, I. V. Monitoring tekushchikh traektoriy peremeshcheniya avtonomnykh tyazhelykh platform po kar'ernym marshrutam gornorudnykh predpriyatiy / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin // Gornaya promyshlennost'. – 2021. – № 5. – S. 76-83. – DOI 10.30686/1609-9192-2021-5-76-83.
11. Ob izmenenii effektivnoy proizvoditel'nosti ekskavatorov pri ispol'zovanii kar'ernykh samosvalov s razlichnoy vmestimost'yu kuzova / A. A. Khoreshok, D. M. Dubinkin, S. O. Markov, M. A. Tyulenev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 6(148). – S. 85-93. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-6-85-93.
12. Otsenka stepeni vzaimovliyaniya vmestimosti kovsha ekskavatora i kuzova avtosamosvala / A.A. Khoreshok, D.M. Dubinkin, S.O. Markov, M.A. Tyulenev // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2021. – № 3(145). – S. 104-112. – DOI 10.26730/1999-4125-2021-3-104-112.
13. 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: 3, Veliky Novgorod, 06–07 sentyabrya 2021 goda. – RUS: IOP Publishing Ltd, 2021. – P. 012001. – DOI 10.1088/1742-6596/2052/1/012001.
14. Simulation of operation of a sequential hybrid drive of a haul truck with a traction battery and a bilateral DC-to-DC converter / N. V. Buzunov, R. D. Pirozhkov, A. B. Kartashov [et al.] // IOP conference series: materials science and engineering : The conference proceedings ISPCIET'2020, Veliky Novgorod, 25–26 iyunya 2020 goda. – Veliky Novgorod: IOP Publishing Ltd, 2020. – P. 012017. – DOI 10.1088/1757-899X/939/1/012017.
15. Dubinkin, D. M. Obosnovanie konstruktivnogo resheniya transmissii avtonomnogo kar'ernogo samosvala gruzopod"emnost'yu do 90 tonn / D. M. Dubinkin, D. A. Pashkov, N. A. Arkhitskiy // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 3(155). – S. 12-19. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-12-19.
16. Raschet gidromekhanicheskikh poter' i modelirovaniye kavitsii v kanalakh gidravlicheskogo bloka kar'ernogo avtosamosvala / D. A. Panasenkov, A. P. Zaytsev, A. B. Kartashov [i dr.] // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 3(155). – S. 3-11. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-3-3-11.
17. Razrabotka programmy i metodiki predvaritel'nykh ispytaniy avtonomnogo kar'ernogo samosvala / D. M. Dubinkin, A. B. Kartashov, G. A. Arutyunyan [i dr.] // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 6(158). – S. 59-65. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-6-59-65.
18. Razrabotka varianta gidravlicheskoj sistemy poverota avtonomnogo kar'ernogo samosvala / K. A. Anan'ev, A. N. Ermakov, D. M. Dubinkin [i dr.] // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2021. – № 5(157). – S. 3-9. – DOI 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.
19. Dubinkin, D. M. Osnovy tsifrovogo sozdaniya avtonomnykh kar'ernykh samosvalov / D. M. Dubinkin // Gornoje oborudovanie i elektromekhanika. – 2022. – № 2(160). – S. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
20. Developing the concept of autonomous control of the quarry vehicles movement / I. V. Chicherin, B. A. Fedosenkov, D. M. Dubinkin, W. Zhenbo // E3S Web of Conferences: VIth International Innovative Mining Symposium, Kemerovo, 19–21 oktyabrya 2021 goda. – Kemerovo: EDP Sciences, 2021. – P. 03023. – DOI 10.1051/e3sconf /202131503023.

### Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.



© 2022 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### **Information about the authors**

**Ilya S. Syrkin**, Ph.D. (Tech.), Associate Professor, senior researcher of the Scientific Center "Digital Technologies"

e-mail: [syrkin@kuzstu.ru](mailto:syrkin@kuzstu.ru)

**Ilya A. Turgenev**, Student, technician of the Scientific Center "Digital Technologies"

e-mail: [bkcz131299@mail.ru](mailto:bkcz131299@mail.ru)

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Russian Federation, Kemerovo region – Kuzbass, 650000, Kemerovo, 28 Vesennaya st.

**Nikolai V. Buzunov**, Ph.D. (Tech.), Senior Researcher of KAMAZ-BAUMAN Science and Educational Centre

e-mail: [buzunov@bmstu.ru](mailto:buzunov@bmstu.ru)

Bauman Moscow State Technical University

Russian Federation, Moscow, 105005, 2nd Baumanskaya street, 5