

Импортонезависимость производства беспилотных карьерных самосвалов*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-42-48>



ДУБИНКИН Д.М.

Канд. техн. наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
научного центра
«Цифровые технологии» (КузГТУ),
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru



ПАШКОВ Д.А.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
научного центра
«Цифровые технологии» (КузГТУ),
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Геополитическая обстановка внесла коррективы во все области промышленности. Остановка поставок импортного оборудования и комплектующих к нему создала ряд проблем, так, в горнодобывающей промышленности это остановка техники ввиду полного отсутствия запасных частей или долгого ожидания поставки и, как следствие, экономические потери. Решением данной проблемы является создание отечественной импортонезависимой техники. При выполнении мероприятия на тему: «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ коллективом исполнителей установлены основные системы, составляющие в сборе беспилотный карьерный самосвал. Рассмотрены производители и поставщики данных систем и комплектующих к ним. По каждой системе отмечена возможность поставки отечественных материалов или комплектующих к ней. Установлено, что наиболее импортозависимыми системами беспилотного карьерного самосвала являются двигатель, ходовая часть (шины), гидравлическая система, электрооборудование и система беспилотного движения карьерного самосвала.

Ключевые слова: добыча полезных ископаемых, открытые горные работы, карьерный самосвал, системы карьерного самосвала, импортонезависимость.

Для цитирования: Дубинкин Д.М., Пашков Д.А. Импортонезависимость производства беспилотных карьерных самосвалов // Уголь. 2023. № 4. С. 42-48. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-42-48.

ВВЕДЕНИЕ

В нынешних геополитических условиях поставка большинства производственного надежного, проверенного временем импортного оборудования и комплектующих в Россию приостановлена [1, 2], в связи с чем остро возникла необходимость создания отечественного оборудования и комплектующих.

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



**НОЦ
КУЗБАСС**

Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

Одной из отраслей промышленности, наиболее пострадавшей от остановки поставок импортного оборудования и комплектующих стала добыча полезных ископаемых (ПИ) [3, 4]. Добыча разнообразных ПИ ведется практически на всей территории России. Основным способом разработки месторождений ПИ является открытый, доля которого составляет до 70% от всей добычи [5, 6].

При открытом способе добычи ПИ основным трудоемким и экономически затратным является процесс транспортирования, где основным транспортным оборудованием является карьерный самосвал (КС) [7, 8, 9, 10].

В настоящий момент КС грузоподъемностью более 70 т представлены импортными производителями [4, 11]. По этой причине в нынешних условиях горнодобывающие предприятия столкнулись с рядом проблем, связанных с поставками импортных узлов и комплектующих КС. Долгое ожидание поставок или полное отсутствие запасных частей ведут к долгосрочным простоям техники и, как следствие, к экономическим потерям.

Из анализа объема и темпа прироста рынка КС в России в 2015-2019 гг. (рис. 1) следует, что необходимо создавать отечественные КС грузоподъемностью более 70 т, увеличивая импортнезависимость при их производстве.

РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ИМПОРТНЕЗАВИСИМОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КС

Компания ОАО «БЕЛАЗ» в настоящее время ведет политику на уменьшение импортозависимости. Доля собственных комплектующих оценивается от 30 до 40%. Основным поставщиком узлов и комплектующих является Россия [12, 13].

Правительство России также стремится поддержать отечественные разработки и отечественных производителей. Примером поддержки является издание распоряжения от 11.05.2022 № 1144-Р «Об утверждении 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». Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (КузГТУ) является исполнителем, а соисполнителем – МГТУ им. Н.Э. Баумана, мероприятия на тему: «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» в части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Заказчик мероприятия – ПАО «КАМАЗ».

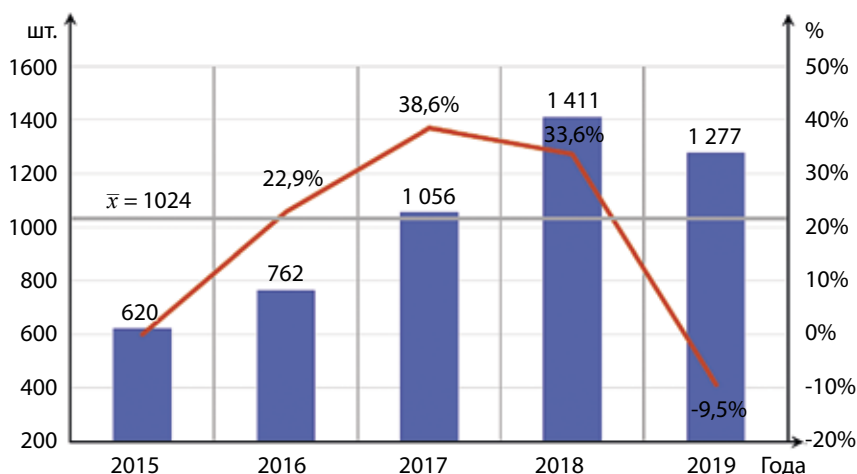


Рис. 1. Объем и темп прироста рынка карьерных самосвалов в России в 2015-2019 гг., шт. и %

Fig. 1. The volume and growth rate of the mining dump truck market in Russia in 2015-2019, pcs. and %

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Коллективом исполнителей КузГТУ на этапе эскизного проекта установлены основные узлы (системы) в совокупности, образуемые беспилотный КС, рассмотрены производители и поставщики данных узлов и комплектующих к ним.

К основным системам беспилотного КС относятся:

- двигатель и его системы;
- трансмиссия;
- ходовая часть;
- самосвальная платформа;
- несущая система (рама);
- рулевой привод;
- тормозная система;
- система гидравлическая;
- система пневматическая;
- низковольтное электрооборудование;
- система пожаротушения;
- система автоматической централизованной смазки;
- система беспилотного движения КС.

Далее рассмотрим каждую систему отдельно на возможность импортнезависимости при производстве беспилотного КС.

Двигатель и его системы

Эксплуатируемые КС грузоподъемностью от 180 до 240 т наиболее часто комплектуются двигателями компании MTU (рис. 2, а). Применение двигателей вызвано экономичным потреблением топлива и ресурсом. В связи с санкциями против России данные двигатели не поставляются в страну.

Среди доступных импортных двигателей стоит выделить китайский WEICHAI 12M55 (см. рис. 2, б). Двигатели российского производства в настоящее время проходят испытания, или их испытания планируются [14, 15, 16, 17]. Двигатели производителя ООО «Уральский дизель-моторный завод» (УДМЗ) 12ДМ-185 (рис. 3, а) с 2018 г. проходят полигонные испытания на КС БЕЛАЗ-7531 грузоподъемностью до 240 т.



Рис. 2. ДВС: а – MTU 16V4000; б – WEICHAИ 12M55

Fig. 2. Internal combustion engine: а – MTU 16V4000; б – WEICHAИ 12M55



Рис. 3. ДВС: а – 12ДМ-185; б – 16-36ДГ; в – М-150 (пульсар)

Fig. 3. Internal combustion engine: а – 12DM-185; б – 16-36DG; в – M-150 (pulsar)

Двигатель производства УДМЗ 12ДМ-185 и китайский 12M55 имеют сопоставимые с остальными рассматриваемыми двигателями характеристики, что говорит о возможности их использования на КС. Также следует отметить положительный опыт и расчетные показатели использования газомоторной смеси для двигателей 12ДМ-185.

Трансмиссия

В конструкции КС применяется электромеханическая трансмиссия из-за большей надежности и лучших технических характеристик. Электромеханическая трансмиссия состоит из тягового привода (рис. 4) и редукторов мотор-колес (РМК) (рис. 5).

Отечественными производителями тяговых приводов являются ООО «Сибэлектропривод», ООО «Русэлпром», АО «Силовые машины» и АО «ПТФК «ЗТЭО». У каждого поставщика привода разные комплекты поставки. Также освоено производство РМК российскими производителями.

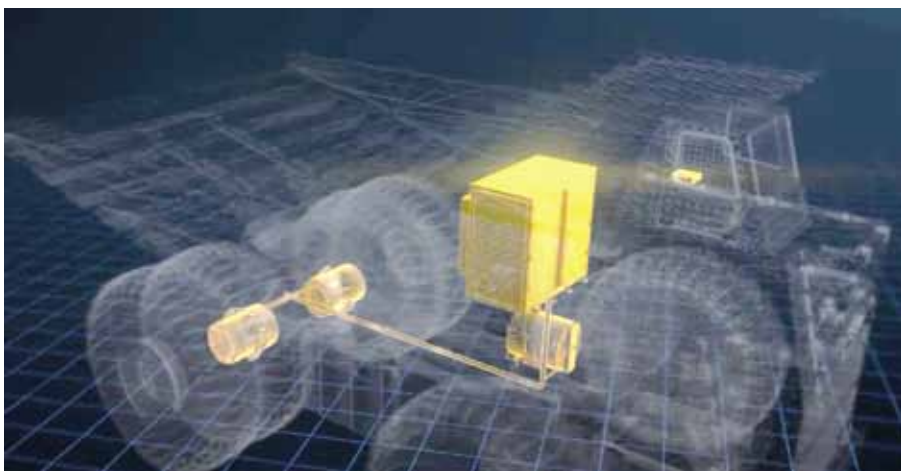


Рис. 4. Комплект тягового электропривода

Fig. 4. Electric traction Drive kit



Рис. 5. Редуктор мотор-колес

Fig. 5. Motor-wheel reducer

Производитель АО «Коломенский завод» планирует в 2023 г. провести эксплуатационные испытания двигателя 16-36ДГ (см. рис.3, б) на КС. В качестве возможного варианта компоновки КС рассматриваются двигатели от производителя ОАО «Звезда» М-150 (пульсар) (см. рис.3, в).

Ходовая часть

Ходовая часть состоит из передней и задней подвески, в которые входят металлоконструкции (балка, картер и другие элементы), пневмогидравлические рессоры, колеса и шины. Сварные конструкции передней подвески состоят из листовых и литых заготовок, а задней – из листовых деталей.

Пневмогидравлические рессоры передней и задней подвесок в РФ могут изготовить ООО «НПО «Гидросистемы», ООО «ГИДРО-СТАР», ООО «Завод «ОГМ» и др.

Крупногабаритные шины (рис. 6) наиболее зависимы от импорта.

В России отсутствует производство таких шин, а из дружественных стран шины имеют малую ходимость [18, 19]. Например, шины производства ОАО «Белшина» не отхаживают своего заявленного ресурса по ходимости, а китайские компании в последнее время повысили ходимость шин, однако они не достигают уровня таких производителей, как Bridgestone или Michelin.



Рис. 6. Колеса карьерного самосвала

Fig. 6. Wheels of a dump truck

Самосвальная платформа

Самосвальная платформа представляет собой листовую сварную конструкцию ковшового типа с защитным козырьком, обогревом отработавшими газами двигателя, устройством для механического стопорения в поднятом положении, камнеотбойниками и камневывалкивателями.

Созданием самосвальных платформ занимаются ООО «Профессионал», АО «Кемеровоимаш» и др. Традиционно для изготовления платформ применяется износостойкая импортная сталь HARDOX, однако в России уже разработаны аналоги, например сталь POWERHARD производителя ПАО «Северсталь» и др.

Несущая система (рама)

Конструкция несущей системы (рамы) – коробчатая листовая сварная конструкция с литыми компонентами, преимущественно выполненная из высокопрочной легированной и/или низколегированной стали, форма балок – прямоугольная. Литые детали могут быть заменены сварными заготовками. Для изготовления несущей системы (рамы) возможно применить марки сталей отечественных производителей, а также литые детали, изготовленные на территории России. В России литые крупногабаритные детали могут изготовить ООО «ИЛМ», ООО «НТЦ ПТ», ООО «Челябинский энергомашиностроительный завод» и др.

Рулевой привод

Для беспилотного КС рациональной считается схема с электрогидравлическим рулевым приводом. Подобная схема позволяет управлять самосвалом как по классической схеме с помощью рулевого колеса, так и в дистанционном и автономном режиме, без непосредствен-

ного присутствия человека в кабине. Поставщиками компонентов могут быть ООО «Кардбел», ООО «УралТорг-Индустрия» и др.

Тормозная система

КС оснащается рабочей, стояночной, вспомогательной и запасной тормозными системами. В комплектации тяговых приводов отечественных производителей входит вспомогательный тормоз.

Рабочая тормозная система состоит из однодисковых тормозных механизмов, устанавливаемых на передней и задней осях. Конструкция рабочей тормозной системы обусловлена тем, что КС оснащаются системой электродинамического торможения (вспомогательный тормоз), поэтому требования к ней снижены.

Компоненты тормозных механизмов могут изготовить ОАО «ПК Автоприбор», ОАО «Завод им. А.М. Тарасова» и др.

Система гидравлическая

Система гидравлическая (гидросистема) предназначена для обеспечения гидравлической энергией исполнительных механизмов (гидродвигателей). Гидросистема обеспечивает работу трех основных систем [20]:

- рулевого привода;
- тормозной системы;
- опрокидывающего механизма самосвальной платформы.

Комплекующие гидравлической системы могут изготовить УП ММЗ им С.И. Вавилова, ООО «НПО «Гидросистемы», ООО «ГИДРО-СТАР», ООО «Завод «ОГМ» и др.

Пневматическая система

Пневматическая система предназначена для обеспечения сжатым воздухом систем пневмомеханизмов ска-

фа управления для запитки баллона механизма пневмо-поддрессирования сиденья водителя и для подключения приспособления для накачивания шин. Пневматическая система может быть создана на отечественной компонентной базе.

Низковольтное электрооборудование

В РФ есть большой список поставщиков электрооборудования для карьерной техники, но есть проблемные направления: антиблокировочная и антипробуксовочная системы, автоматические выключатели, контроллеры состояния, PLC-контроллеры, дашбоды.

Таким образом, при разработке электрооборудования беспилотного КС в условиях санкций необходимо рассматривать компоненты, поставляемые из дружественных стран, связанных с электрооборудованием на КС, к которым относятся Беларусь, Китай. Изготовить компоненты электрооборудования в РФ могут ООО «РЕЛЕЙНАЯ КОМПАНИЯ», ЗАО «Рафэлгриг», ЗАО «Энергомаш», ООО «НПК «АВТОПРИБОР» и др.

Система пожаротушения

Современные системы пожаротушения являются весьма гибкими и удобными для монтажа, на данный момент существует множество готовых решений – от ручных до автоматизированных. Использование автоматизированных систем пожаротушения наиболее целесообразно для КС с электромеханической трансмиссией, это позволяет вовремя ликвидировать возгорание с минимальным уроном. Компоненты и комплектующие системы пожаротушения могут изготовить ГК «ЭПОТОС», ООО «ССПБ», ООО «ЭТЕРНИС», АО НПЦ «Горноспасательные технологии» и др.

Система автоматической централизованной смазки

Автоматическую централизованную систему смазки устанавливают на КС для долговечной работы его узлов и механизмов. Наиболее предпочтительной является прогрессивная система смазки как наиболее доработанный тип. На КС подвергаются смазке узлы подвески (втулки, подшипники, шарниры), элементы платформы и опрокидывающего механизма (опоры цилиндров опрокидывания, шарниры кузова). Отечественные производители изготавливают комплектующие и в целом систему автоматической централизованной смазки.

Система беспилотного движения КС

Система беспилотного движения КС состоит из подсистем:

- бортового вычислительного комплекса;
- связи;
- сенсорики;
- управления компонентами КС.

Каждая подсистема включает в себя большой перечень покупных комплектующих, из анализа которых установлено, что система беспилотного движения КС состоит от 10 до 30% из комплектующих отечественного производства. Остальные необходимые комплектующие производятся в недружественных странах, таких как США, Канада, Япония.

По итогам эскизного проекта исполнителями разработана *таблица*, показывающая системы беспилотного КС импортонезависимые и зависимые. Также в *таблице* отмечены системы, вновь разрабатываемые и серийно изготавливаемые.

Из таблицы следует, что большая часть систем, узлов и комплектующих беспилотного КС производится в РФ,

Зависимость систем беспилотного КС от импорта

Dependence of unmanned CS systems on import

| Наименования | Российского производства | Импортного производства |
|---|---|---|
| Вновь разрабатываемые | – грузовая платформа (кузов); – несущая система (рама); – элементы ходовой части: балка передней оси; балка (картер) ведущего моста; ось передняя и ведущий мост | – |
| Вновь разрабатываемые на основе серийно изготавливаемых компонентов и материалов | – система беспилотного движения КС; – двигатель и его системы; – элементы ходовой части; – электромотор-колесо; – система гидравлическая; – рулевое управление; – тормозные системы; – система пневматическая; – система пожаротушения; – низковольтное электрооборудование; – система автоматической централизованной смазки | – система беспилотного движения КС; – двигатель и его системы; – ходовая часть; – электромотор-колесо; – система гидравлическая; – рулевое управление; – тормозные системы; – система пожаротушения; – низковольтное электрооборудование; – система автоматической централизованной смазки – колеса и шины |
| Серийно изготавливаемые | – тяговый электропривод | – все системы, узлы и агрегаты |

однако двигатель и его системы, колеса и шины, а также компоненты системы беспилотного движения КС, системы гидравлической и низковольтного – электрооборудования полностью и/или частично импортного производства. Последнее свидетельствует о необходимости развития производства узлов и комплектов в РФ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе:

- проанализирован состав основных систем беспилотного КС;
- отмечено, что при создании беспилотного КС в условиях санкций против РФ необходимо рассматривать отечественные компоненты либо компоненты, поставляемые из дружественных стран;
- выявлено, что наиболее импортозависимыми системами беспилотного КС являются двигатель, ходовая часть (шины), гидравлическая система, низковольтное электрооборудование и система беспилотного движения КС;
- установлено, что доля отечественных комплектующих КС составляет от 60 до 70%, а с учетом развития российского двигателестроения повысится до 80%;
- полученные результаты свидетельствуют о необходимости развития производства компонентов и материалов КС в РФ.

Список литературы

1. Исмаилова Ш.Я., Закрасовский Д.И. Применение технологии 3D-сканирования при создании карьерных автосамосвалов // Техника и технология горного дела. 2022. № 3. С. 41-52. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-3-41-52.
2. Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Инженерные решения в повышении экологической безопасности карьерного транспорта // Экология и промышленность России. 2022. Т. 26. № 11. С. 8-12. DOI: 10.18412/1816-0395-2022-11-8-12.
3. Краденых И.А. Проблемы и их решение в деятельности современных отечественных золотодобывающих предприятий // Промышленность и сельское хозяйство. 2022. № 8. С. 28-32.
4. Дубинкин Д.М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2022. № 2. С. 39-50. DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
5. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study / D.A. Kuziev, V.V. Zotov, E.S. Sazankova et al. // Eurasian Mining. 2022. No 37. P. 76-80. DOI: 10.17580/em.2022.01.16
6. Выбор рационального типа передней подвески карьерного автосамосвала грузоподъемностью до 240 тонн / Г.А. Арутюнян, А.Б. Карташов, Р.Л. Газизуллин и др. // Техника и технология горного дела. 2022. № 3. С. 25-40. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-3-25-40.
7. Schmidt D. For the long haul // Coal Age. 2014. No. 119. P. 26-29.
8. Mine planning and selection of autonomous trucks / R. Price, M. Cornelius, L. Burnside et al. / MPES-2019 Proceedings, 2020. P. 203-212.
9. Golbasi O., Dagdelen K. Equipment replacement analysis of manual trucks with autonomous truck technology in open pit mines / 38th APCOM Proceedings, 2017. P. 19-20.
10. Leonida C. Optimizing autonomous haulage // Engineering & Mining Journal. 2019. No. 220. pp. 52-57.
11. Дубинкин Д.М. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ // Горное оборудование и электромеханика. 2020. № 4. С. 59-64. DOI: 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64.
12. БелАЗ – белорусский гигант. А может все-таки российский? [Электронный ресурс]. URL: https://dzen.ru/media/sdelanounas.ru/belaz-belorusskii-gigant-a-mojet-vsetaki-rossiiskii-6301015118dbde6ab3be4a71?utm_campaign=zenreader&utm_medium=telegram_bot&utm_source=zenreaderbot (дата обращения: 15.03.2023).
13. Рожков А.А., Карпенко С.М. Оценка уровня импортозависимости угольной промышленности России и подготовки инженерных кадров для импортозамещения горного оборудования // Горная промышленность. 2020. № 4. С. 24-36. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-24-36.
14. БЕЛАЗ испытывает самосвал с российским мотором, работающим на газе. [Электронный ресурс]. URL: <https://belaz.by/press-centre/belaz-ispytyvaet-samosval-s-rossiyskim-motorom-rabotayushchim-na-gaze/> (дата обращения: 15.03.2023).
15. 2ДМ-185 – новый российский двигатель для гигантских грузовиков БелАЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/107311/> (дата обращения: 15.03.2023).
16. ТМХ изготовил опытный образец дизель-генератора для БелАЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2022/1461828.htm> (дата обращения: 15.03.2023).
17. ОАО «Звезда» изготовило и продемонстрировало перспективный дизельный двигатель Пульсар. [Электронный ресурс]. URL: <https://sdelanounas.ru/blogs/60562/> (дата обращения: 15.03.2023).
18. Горюнов С.В., Хорешок А.А. Разработка методики оценки ресурса крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Горное оборудование и электромеханика. 2021. № 2. С. 3-10. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-3-10.
19. Кульпин А.Г., Стенин Д.В., Кульпина Е.Е. Исследование потока отказов крупногабаритных шин карьерных автосамосвалов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 6. С. 169-174. DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-1-170-175.
20. 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. С. 3-9. DOI: 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.

Original Paper

UDC 622.013.3 © D.M. Dubinkin, D.A. Pashkov, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 4, pp. 42-48

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-4-42-48>

Title

IMPORT-INDEPENDENT PRODUCTION OF UNMANNED DUMP TRUCKS

Authors

Dubinkin D.M.¹, Pashkov D.A.¹¹ Digital Technologies Research Center, Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Dubinkin D.M., PhD (Engineering), Leading Research Associate,
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru

Pashkov D.A., PhD (Engineering), Senior Researcher,
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Abstract

The geopolitical situation has made adjustments in all areas of industry. Stopping the supply of imported equipment and components to it has created a number of problems, so in the mining industry it is a stop of equipment due to the complete lack of spare parts or a long wait for delivery, and as a result economic loss. The solution to this problem is the creation of domestic import-independent equipment. When performing an event on the topic: "Development and creation of an unmanned shuttle-type mining dump truck with a lifting capacity of 220 tons" in terms of research and development work, a team of performers installed the main systems that make up the assembly of an unmanned mining dump truck. Manufacturers and suppliers of these systems and their components are considered. For each system, the possibility of supplying domestic materials or components to them is noted. It is established that the most import-dependent systems of an unmanned dump truck are the engine, chassis (tires), hydraulic system, electrical equipment and the system of unmanned movement of a dump truck.

Keywords

Mining, Open-pit mining, Quarry dump truck, Quarry dump truck systems, Import dependence.

References

- Ismailova Sh.Ya. & Zakrasovsky D.I. Application of 3D-scanning technology in the creation of quarry dump trucks. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*, 2022, (3), pp. 41-52. (In Russ.). DOI: 10.26730/2618-7434-2022-3-41-52.
- Dubinkin D.M. & Golofastova N.N. Engineering solutions in improving the environmental safety of quarry transport. *Ecologiya i promyshlennost Rossii*, 2022, Vol. 26, (11), pp. 8-12. (In Russ.). DOI: 10.18412/1816-0395-2022-11-8-12.
- Kradenykh I.A. Problems and their solution in the activities of modern domestic gold mining enterprises. *Promyshlennost i selskoe khozyajstvo*, 2022, (8), pp. 28-32. (In Russ.).
- Dubinkin D.M. Fundamentals of digital creation of autonomous mining dump trucks. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika*, 2022, (2), pp. 39-50. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
- Kuziev D.A., Zotov V.V., Sazankova E.S. & Muminov R.O. Performability of electro-hydro-mechanical rotary head of drill rig in open pit mining: A case-study. *Eurasian Mining*, 2022, (37), pp. 76-80. DOI: 10.17580/em.2022.01.16
- Harutyunyan G.A., Kartashov A.B., Gazizullin R.L., Kiselev P.I., Zaitsev L.A. & Tarasyuk I.A. Choosing a rational type of front suspension of a dump truck with a lifting capacity of up to 240 tons. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*, 2022, (3), pp. 25-40. (In Russ.). DOI: 10.26730/2618-7434-2022-3-25-40.
- Schmidt D. For the long haul. *Coal Age*, 2014, (119), pp. 26-29.
- Price R., Cornelius M., Burnside L. & Miller B. Mine planning and selection of autonomous trucks. MPES-2019 Proceedings, 2020, pp. 203-212.
- Golbasi O. & Dagdelen K. Equipment replacement analysis of manual trucks with autonomous truck technology in open pit mines. 38th APCOM Proceedings, 2017, pp. 19-20.
- Leonida C. Optimizing autonomous haulage. *Engineering & Mining Journal*, 2019, (220), pp. 52-57.

11. Dubinkin D.M. Substantiation of the need to create heavy platforms for open-pit mining. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika*, 2020, (4), pp. 59-64. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64.

12. BelAZ is a Belarusian giant. Or maybe it's still Russian? [Electronic resource]. Available at: https://dzen.ru/media/sdelanounas.ru/belaz-belorusskii-gigant-a-mojet-vsetaki-rossiiskii-6301015118dbde6ab3be4a71?utm_campaign=zenreader&utm_medium=telegram_bot&utm_source=zenreaderbot (accessed 15.03.2023). (In Russ.).

13. Rozhkov A.A. & Karpenko S.M. Assessment of the level of import dependence of the Russian coal industry and training of engineering personnel for import substitution of mining equipment. *Gornaya promyshlennost*, 2020, (4), pp. 24-36. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2020-4-24-36.

14. BELAZ is testing a dump truck with a Russian engine running on gas. [Electronic resource]. Available at: <https://belaz.by/press-centre/belaz-ispytyvaet-samosval-s-rossiyskim-motorom-rabotayushchim-na-gaze/> (accessed 15.03.2023). (In Russ.).

15. 12DM-185 is a new Russian engine for giant BELAZ trucks. [Electronic resource]. Available at: <https://sdelanounas.ru/blogs/107311/> (accessed 15.03.2023). (In Russ.).

16. TMH produced a prototype diesel generator for BelAZ. [Electronic resource]. Available at: <https://www.eprussia.ru/news/base/2022/1461828.htm> (accessed 15.03.2023). (In Russ.).

17. JSC Zvezda manufactured and demonstrated a promising Pulsar diesel engine. [Electronic resource]. Available at: <https://sdelanounas.ru/blogs/60562/> (accessed 15.03.2023). (In Russ.).

18. Goryunov S.V. & Horeshok A.A. Development of a methodology for assessing the resource of large-sized tires of dump trucks. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika*, 2021, (2), pp. 3-10. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2021-2-3-10.

19. Kulpin A.G., Stenin D.V. & Kulpina E.E. Investigation of the failure flow of large-sized tires of dump trucks. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2017, (6), pp. 169-174. (In Russ.). DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-1-170-175.

20. Ananyev K.A., Ermakov A.N., Dubinkin D.M. et al. Development of a variant of the hydraulic turning system of an autonomous mining dump truck. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika*, 2021, (5), pp. 3-9. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2021-5-3-9.

Acknowledgements

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

For citation

Dubinkin D.M. & Pashkov D.A. Import-independent production of unmanned dump trucks. *Ugol'*, 2023, (4), pp. 42-48. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-4-42-48.

Paper info

Received February 28, 2023

Reviewed March 15, 2023

Accepted March 27, 2023