



УДК 622.684

## ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ АВТОНОМНЫХ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

Пашков Д.А., Закрасовский Д.И., Дубинкин С.Д.

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



### Информация о статье

Поступила:  
15 сентября 2023 г.

Рецензирование:  
28 октября 2023 г.

Принята к печати:  
31 октября 2023 г.

### Ключевые слова:

горные машины, карьерный  
самосвал, компоновка,  
патентные исследования,  
технические решения

### Аннотация.

В статье рассматриваются технические решения автономных автосамосвалов, выявленные при выполнении патентных исследований на уровень техники по проекту «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом». Представлены классические компоновки карьерных самосвалов, эксплуатируемых в настоящее время на карьерах, без системы беспилотного движения. Рассмотрены 25 технических решений автономных карьерных самосвалов. Выполнен краткий анализ полученных результатов патентного поиска.

---

Для цитирования: Пашков Д.А., Закрасовский Д.И., Дубинкин С.Д. Технические решения автономных карьерных самосвалов // Техника и технология горного дела. – 2023. – №3(23). – С. 51-70. – DOI:10.26730/2618-7434-2023-3-51-70, EDN: СХРСТS

---

### Введение

Введение недружественными государствами разного рода санкций стало своеобразным драйвером для ускорения развития машиностроительной отрасли Российской Федерации. Ряд этих санкций включает полный запрет на поставку из таких государств техники, оборудования, материалов и т.д., в связи с чем пострадали некоторые отрасли отечественной промышленности [1, 2]. Однако Правительством РФ в настоящее время ведется работа по содействию российским создателям новой техники и оборудования, одним из ярких примеров которой является Постановление Правительства РФ 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».

Начиная с 2010 года поддерживаются разработки отечественных ученых в кооперации с индустриальными партнерами. Так, в 2022 году заявка в рамках вышеупомянутого Постановления «Создание высокотехнологичного производства автономных карьерных самосвалов грузоподъемностью 240 тонн с отечественным тяговым приводом для работы в системе цифровой добычи полезных ископаемых открытым способом» вошла в список победителей. Результатом работы в данном направлении должен стать автономный карьерный самосвал (АКС) грузоподъемностью 240 т [3-6].

При реализации проекта выполнены патентные исследования (ПИ) на уровень техники. Данный вид ПИ проводится на этапе эскизного и технического проектирования.

На этапе эскизного проекта исполнителями по данному проекту установлены основные узлы (системы). К основным узлам (системам) АКС относятся [7-13]: двигатель и его системы;

трансмиссия; ходовая часть; самосвальная платформа; несущая система (рама); рулевой привод; тормозная система; система гидравлическая; пневматическая; низковольтное электрооборудование; система пожаротушения; система автоматической централизованной смазки; система беспилотного движения АКС.

Взаимное расположение основных систем карьерного самосвала называется его компоновкой. В настоящее время основная часть эксплуатируемых карьерных самосвалов на открытых горных работах представлена классическими компоновками с гидромеханической (Рис. 1, а) и электромеханической трансмиссией (Рис. 1, б), которые управляются непосредственно из кабины водителем, то есть без системы беспилотного движения. Поэтому целью данной статьи является обзор и краткий анализ выявленных технических решений АКС.

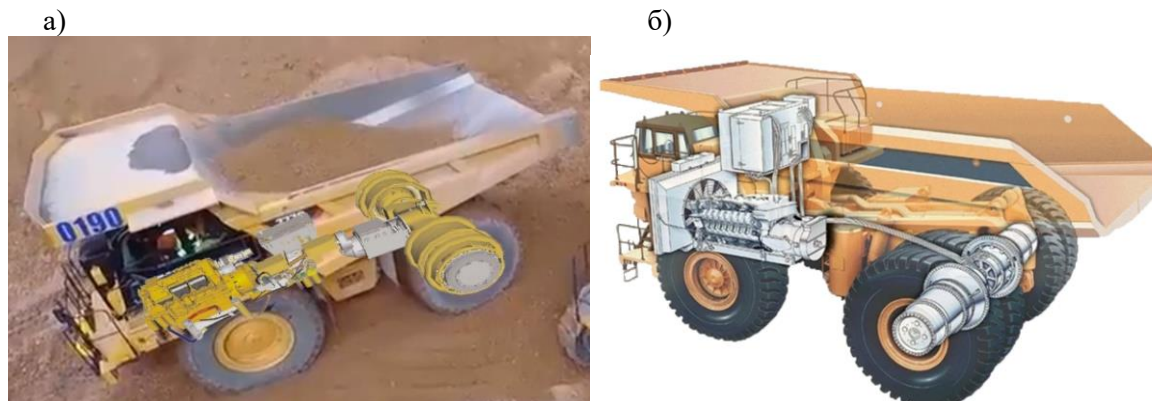


Рис. 1. Классическая компоновка карьерного самосвала  
Fig. 1. The classic layout of a quarry dump truck

### Технические решения автономных карьерных самосвалов

По результатам патентного поиска выявлено 25 патентов на технические решения АКС. На Рис. 2 представлена география патентования в рассматриваемой области поиска, из чего явственно следует, что в части патентования технических решений АКС лидирует Китай.

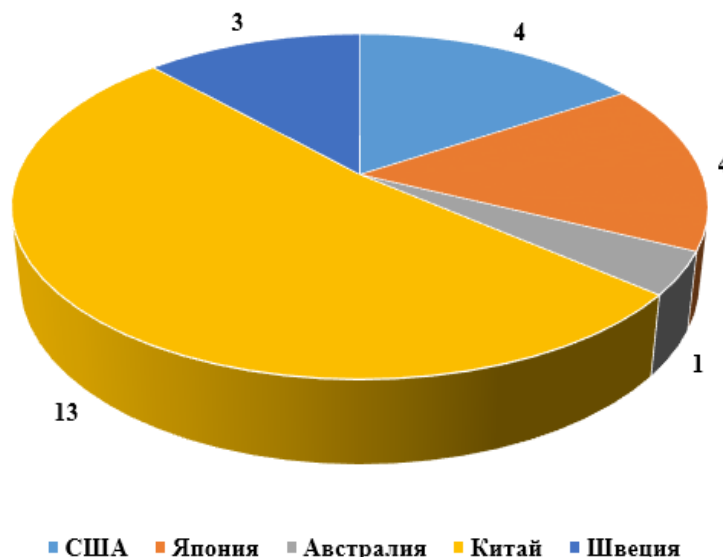


Рис. 2. География патентования в рассматриваемой области поиска  
Fig. 2. Geography of patenting in the search area under consideration  
Внедорожный самосвал (US2002175009A1) [14]



Карьерный самосвал (Рис. 3) состоит из рамы, четырех колесных модулей, каждый со своим отдельным приводом, кузова, гидравлической системы с гидроаккумуляторами, энергосиловой установки. Данное техническое решение представляет собой оригинальную компоновку. Энергосиловая установка состоит из двух дизель-генераторов, установленных по бокам рамы. В движение карьерный самосвал приводят четыре колесных модуля, каждый со своим приводным электродвигателем. Каждый модуль имеет возможность вращения вокруг стойки, что повышает маневренность самосвала. Гидравлическая система подъема кузова имеет гидроаккумуляторы, установленные непосредственно на кузове для более быстрого его подъема. Компоновка самосвала обеспечивает снижение массы, возможность установки дополнительных колес на каждый колесный модуль, повышение маневренности и производительности.

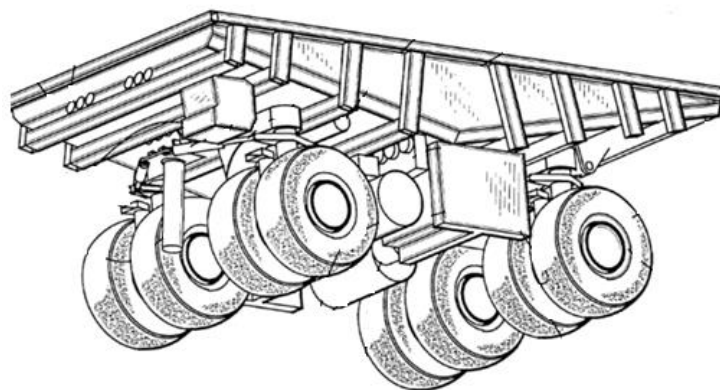


Рис. 3. Внедорожный самосвал (US2002175009A1)  
Fig. 3. Off-road dump truck (US2002175009A1)

Челночный автономный самосвал (US6578925B1) [15]

Представляет собой автономное шасси (Рис. 4) с установленным на нем кузовом с возможностью разгрузки в любом из двух направлений движения. Шасси имеет четыре колесных модуля и состоит из двух соединенных рам, между которыми устанавливается энергосиловая установка. Привод самосвала имеет одинаковые характеристики при любом направлении движения. Техническое решение направлено на повышение объемов транспортировки горной массы на карьере.

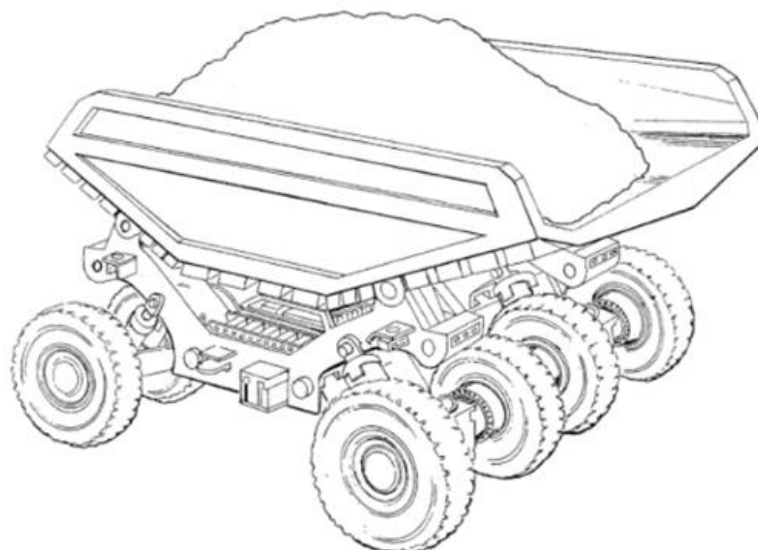


Рис. 4. Челночный автономный самосвал (US6578925B1)  
Fig. 4. Shuttle autonomous truck (US6578925B1)

Челночный самосвал (US6783187B2) [16]

Техническое решение (Рис. 5) включает основную раму, продольную кабину оператора, поворотные мосты со спаренными колесами. Управление самосвалом осуществляется из кабины ручным контроллером. Телевизионная система контроля движения состоит из группы камер и нескольких экранов просмотра в кабине оператора. Техническое решение направлено на повышение объемов транспортировки горной массы на карьере.

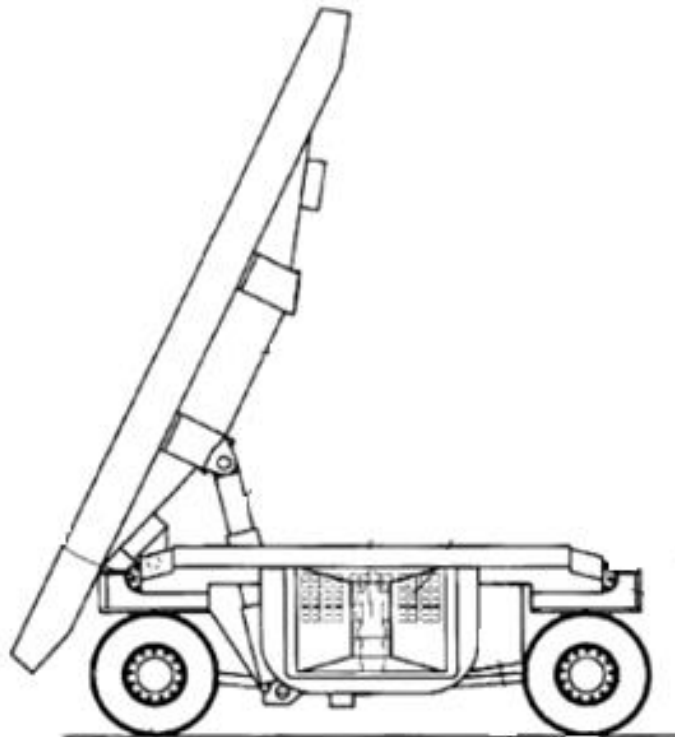


Рис. 5. Челночный самосвал (US6783187B2)  
Fig. 5. Shuttle truck (US6783187B2)

Самосвал (JP2013001362A) [17]

В состав самосвала (Рис. 6) входят: кузов; рама транспортного средства, на которой он устанавливается; гидроцилиндры подъема и контроллер для управления выдвижением одного из гидроцилиндров подъема, чтобы обеспечивать горизонтальное положение кузова вне зависимости от рельефа дороги. Техническое решение направлено на повышение объемов транспортировки горной массы на карьере, а также безопасности работ, так как способствует уменьшению просыпания горной массы с кузова.

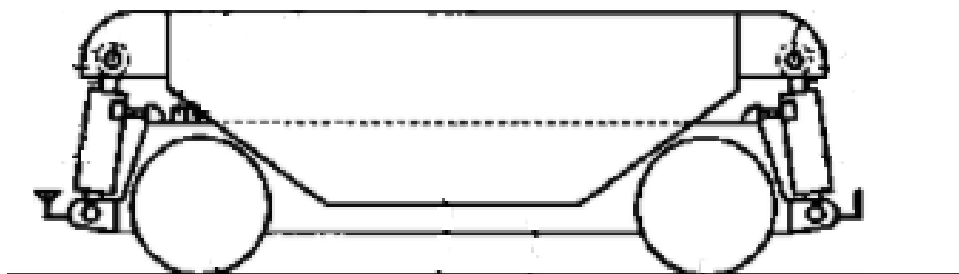


Рис. 6. Самосвал (JP2013001362A)  
Fig. 6. Dump truck (JP2013001362A)

Беспилотный самосвал (JP2013248928A) [18]



Данное техническое решение направлено на совершенствование гидравлической системы рулевого управления беспилотным самосвалом для повышения точности его маневрирования, с чем и связано изменение компоновки самосвала.

Транспортное средство с токоприемником (AU2015202372A1) [19]

Включает в себя (Рис. 7): кузов для перевозки сыпучих грузов; пантограф, который выдвигается для питания самосвала от воздушной линии и складывается, чтобы быть отделенным от воздушной линии; ведущие колеса, приводимые во вращение за счет электроэнергии от пантографа и/или дизель-генератора, детектор положения пантографа для обнаружения относительного положения между пантографом и воздушной линией и устройство управления пантографом. Техническое решение направлено на повышение объемов транспортировки горной массы и улучшение экологической обстановки в карьере за счет снижения выбросов в атмосферу.

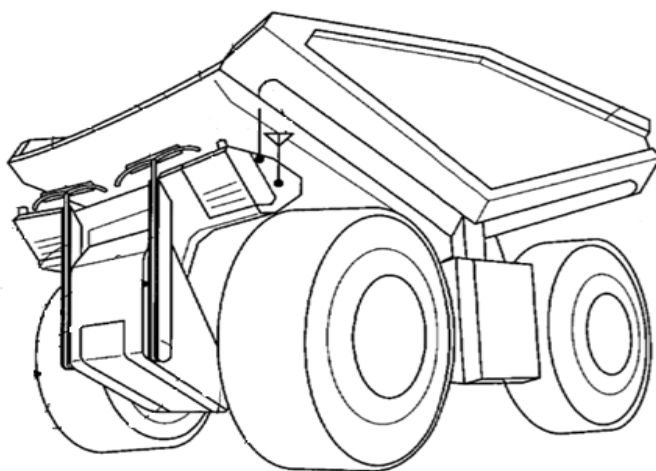


Рис. 7. Транспортное средство с токоприемником (AU2015202372A1)  
Fig. 7. Vehicle with power collector (AU2015202372A1)

Карьерный самосвал (JP2016024685A) [20]

Компоновка карьерного самосвала в данном техническом решении (Рис. 8) отличается от классической наличием системы обнаружения препятствий в зонах с плохой видимостью. Техническое решение направлено на увеличение безопасности при транспортировке горной массы на карьерах.

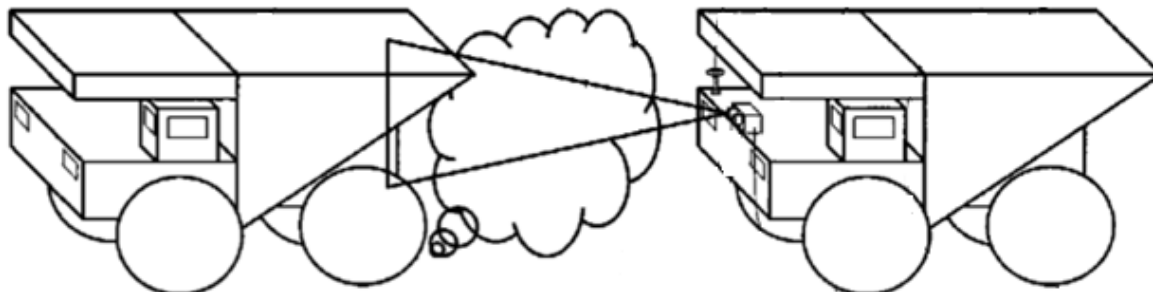


Рис. 8. Карьерный самосвал (JP2016024685A)  
Fig. 8. Quarry dump truck (JP2016024685A)





#### Челночный самосвал (CN106029478A) [21]

Данное техническое решение (Рис. 9) представляет интерес с точки зрения взаимного расположения систем самосвала. Кузов устанавливается на автономное шасси, на котором размещены его опорная балка и механизм подъема; при маневрировании поворачиваются колеса обеих осей. Двигатель внутреннего сгорания располагается в центре рамы. Техническое решение направлено на повышение объема транспортировки горной массы на карьере.

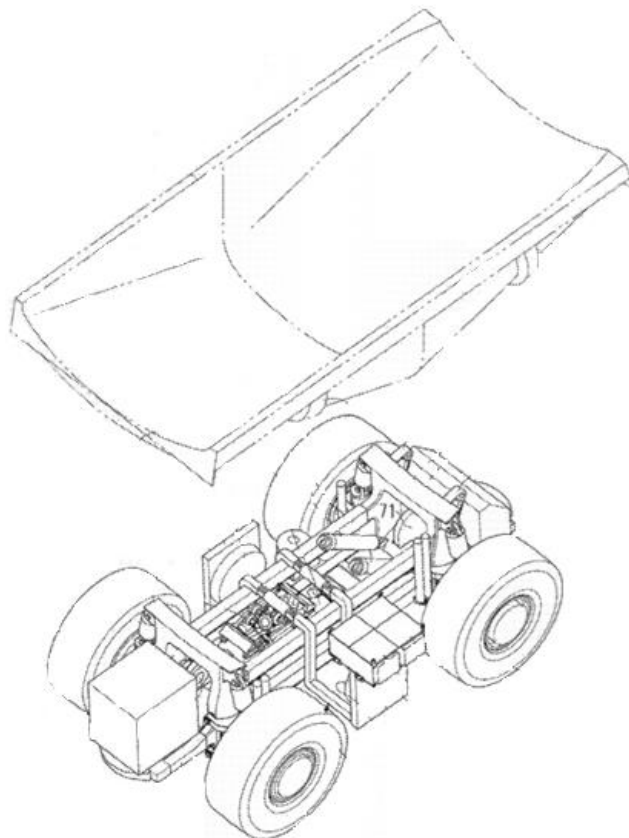


Рис. 9. Челночный самосвал (CN106029478A)

Fig. 9. Shuttle dump truck (CN106029478A)

#### Карьерный самосвал (JP2017199401A) [22]

Компоновка данного карьерного самосвала (Рис. 10) отличается от классической наличием системы обнаружения препятствий в зонах с переменным уклоном. Техническое решение направлено на повышение безопасности при транспортировке горной массы на карьерах. В классическую компоновку карьерного самосвала добавлены два лидара, система динамического взвешивания и датчик крена, которые совместно являются системой обнаружения препятствий в зонах с переменным уклоном.



Рис. 10. Карьерный самосвал (JP2017199401A)

Fig. 10. Quarry dump truck (JP2017199401A)



Самосвал (CN107921902A) [23]

Самосвал с дистанционным управлением (Рис. 11) оборудован устройством вывода состояния транспортного средства, которое расположено в колесной базе. В задней части шасси по направлению движения имеются устройства управления. Техническое решение направлено на повышение объема транспортировки горной массы на карьере.

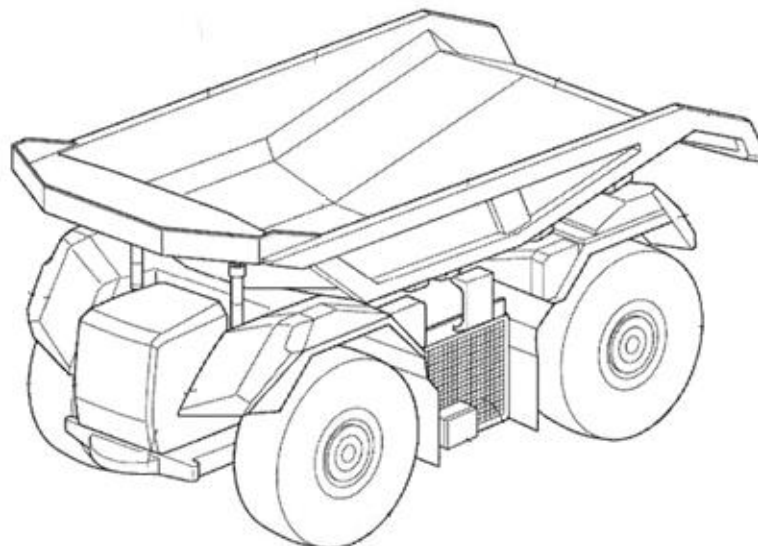


Рис. 11. Самосвал (CN107921902A)  
Fig. 11. Dump truck (CN107921902A)

Автономный карьерный самосвал (CN107949716A) [24]

Автономный карьерный самосвал (Рис. 12) состоит из: рамы; кузова; электродвигателя, расположенного в центральной части рамы; механизма передачи крутящего момента от электродвигателя к шинам; стояночного тормоза, фиксирующего приводной вал механизма передачи крутящего момента. Техническое решение направлено на увеличение безопасности и производительности при транспортировке горной массы на карьерах.

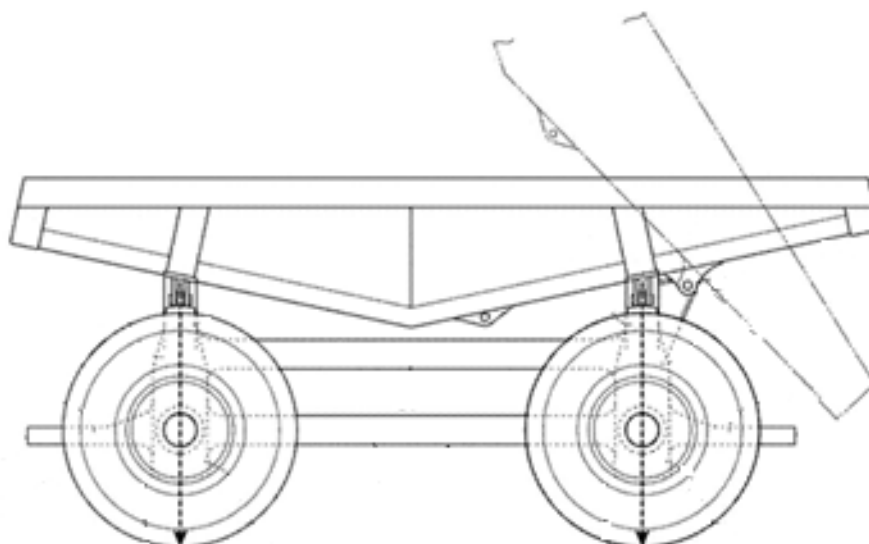


Рис. 12. Автономный карьерный самосвал (CN107949716A)  
Fig. 12. Autonomous quarry dump truck (CN107949716A)



Автономный электрический карьерный самосвал грузоподъемностью 110 т (CN108569183A) [25]

Карьерный самосвал (Рис. 13) состоит из кузова; рамы, в передней части которой устанавливаются аккумуляторные батареи; по бокам рамы крепятся колесные модули, в ступицы которых смонтированы электродвигатель, силовая передача, тормозное устройство. Кузов состоит из стальных пластин, удерживаемых алюминиевыми вставными стержнями. Таким образом, техническое решение направлено на упрощение конструкции самосвала и уменьшение его веса.

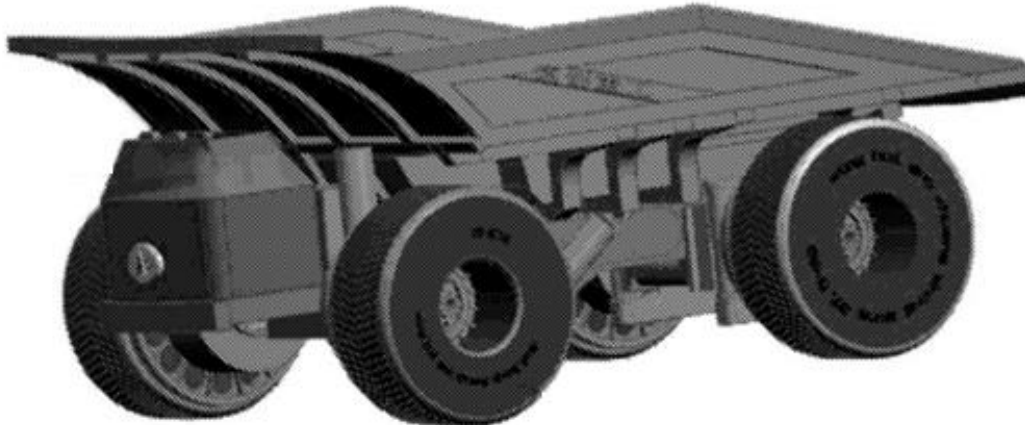


Рис. 13. Автономный электрический карьерный самосвал грузоподъемностью 110 т (CN108569183A)

Fig. 13. Autonomous electric quarry dump truck of 110 tons payload capacity (CN108569183A)

Автономный карьерный самосвал (EP3372426A1) [26]

Содержит одну или обе ведущие оси; кузов; раму, имеющую удлиненный выступ в передней части с механизмом соединения нескольких самосвалов в единый автономный автопоезд (Рис. 14). Для этого в задней части самосвала имеется ответная часть механизма соединения. Силовая установка расположена под кузовом в центральной части рамы. Техническое решение направлено на повышение объема внутрикарьерных перевозок.

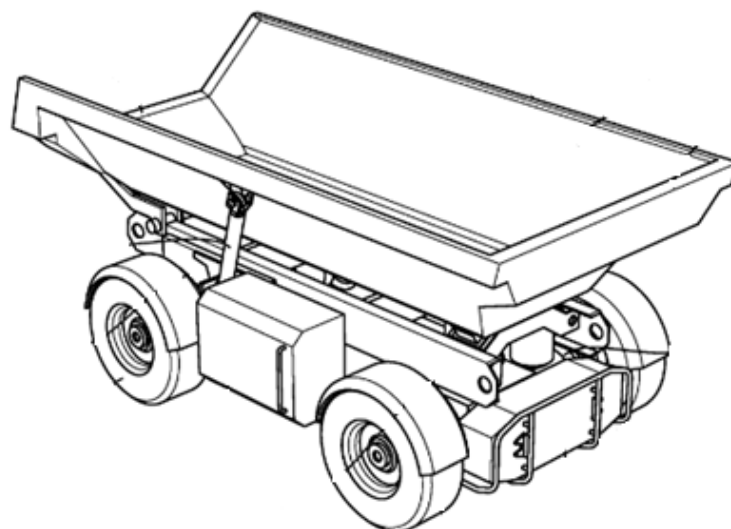


Рис. 14. Автономный карьерный самосвал (EP3372426A1)

Fig. 14. Autonomous dump truck (EP3372426A1)





Самосвал (EP3372427A1) [27]

В данном техническом решении (Рис. 15) ключевым в компоновке является наличие второй (дополнительной) подвески, подключаемой при разгрузке самосвала и обеспечивающей жесткость при разгрузке – для минимального крена рамы во время разгрузки. Техническое решение направлено на увеличение безопасности при транспортировке горной массы на карьерах.

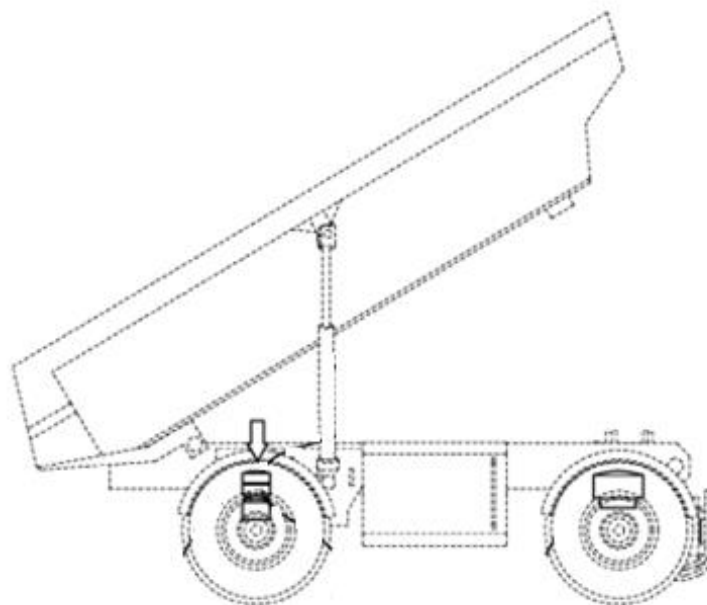


Рис. 15. Самосвал (EP3372427A1)  
Fig. 15. Dump truck (EP3372427A1)

Рабочая машина и ее осевое устройство (EP3372429A1) [28]

Рама рабочей машины (Рис. 16) комплектуется двумя ведущими осями. Каждая ось имеет свой привод, состоящий из электродвигателя и вала. Электродвигатели располагаются с внешней стороны от центра рамы. Такое расположение обеспечивает легкий доступ к обслуживанию привода осей, без необходимости забираться под кузов машины. Таким образом, техническое решение направлено на упрощение обслуживания машины и увеличение безопасности.

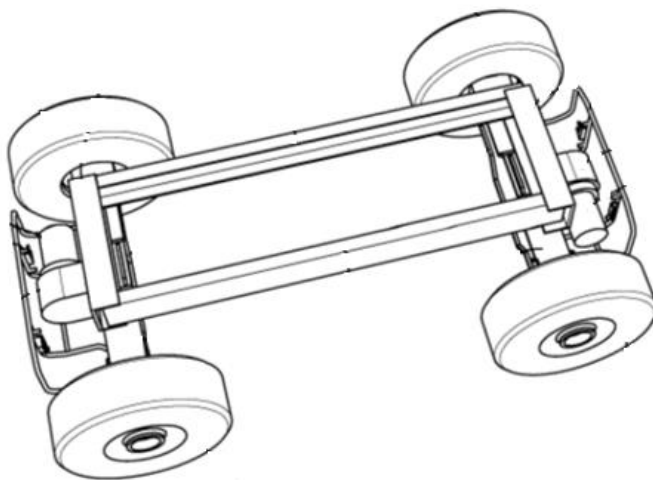


Рис. 16. Рабочая машина и ее осевое устройство (EP3372429A1)  
Fig. 16. A working machine axle arrangement and working machine (EP3372429A1)

Челночный беспилотный карьерный самосвал (CN209426639U) [29]

Включает в себя (Рис. 17) беспилотную систему, систему обнаружения и исполнительную систему. Система беспилотного движения состоит из центрального процессора, программируемого логического контроллера и сетевого коммутатора. Система обнаружения состоит из системы заднего обзора, системы переднего обзора, датчика скорости, гидравлического датчика положения кузова и датчика веса. Система исполнения состоит из тормозной системы, системы питания, гидравлической системы подъема кузова и системы рулевого управления. Центральный процессор дополнительно соединен с GPS и источником питания, система удаленной обработки сигналов расположена между источником питания и центральным процессором и используется для приема сигналов запуска и остановки дистанционного управления, система обнаружения связана с сетевым коммутатором дистанционной системы, а исполнительная система связана с программируемым логическим контроллером дистанционной системы. Преимущества технического решения: высокая степень автоматизации, высокая эффективность работы и простота в эксплуатации.

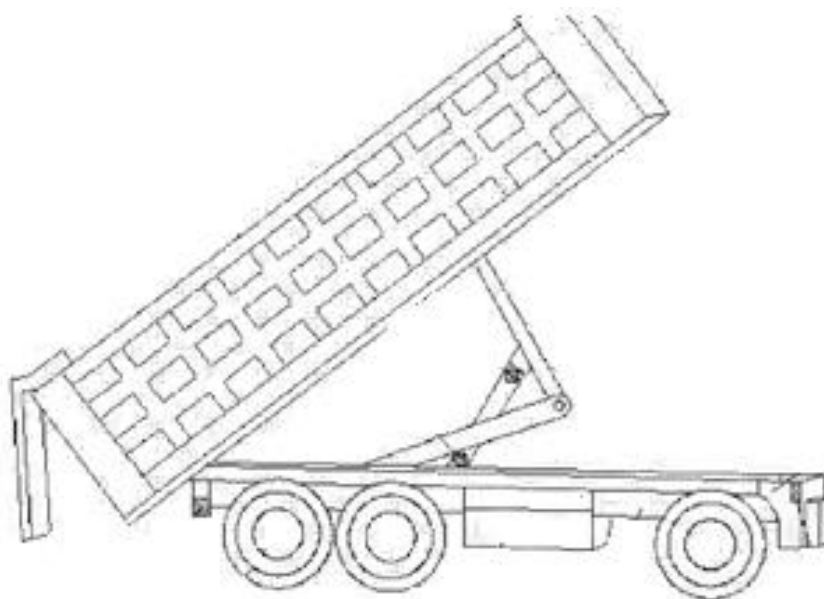


Рис. 17. Челночный беспилотный карьерный самосвал (CN209426639U)  
Fig. 17. Unmanned shuttle quarry dump truck (CN209426639U)

Челночный беспилотный карьерный самосвал и способ его управления (CN113022408A) [30]

Самосвал (Рис. 18) состоит из рамы, системы питания, вращающейся на 360 градусов платформы и кузова, расположенного на этой платформе. Платформа, система питания и шкаф управления расположены на раме. Система обнаружения и позиционирования состоит из устройства позиционирования транспортного средства и датчика окружающей среды и размещается в различных местах кузова транспортного средства. Энергосистема разделена на подсистему электропривода и вспомогательную подсистему. Техническое решение направлено на увеличение производительности карьера по горной массе.

Карьерный самосвал (CN113281783A) [31]

Изобретение относится к карьерному самосвалу, включающему (Рис. 19): раму; кузов, установленный на ней; радар-детектор, установленный под кузовом и направленный назад и вниз от него. Таким образом, решается проблема, связанная со слепой зоной радара-детектора: по сравнению с технической схемой, в которой радар-детектор направлен горизонтально, данная схема может обнаружить небольшое препятствие и позади радара.

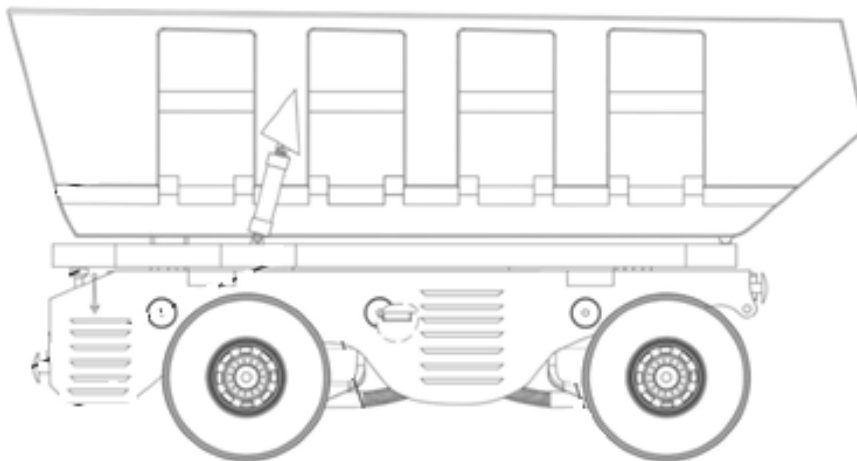


Рис. 18. Челночный беспилотный карьерный самосвал и способ управления им (CN113022408A)  
Fig. 18. Unmanned shuttle quarry dump truck and its control method (CN113022408A)

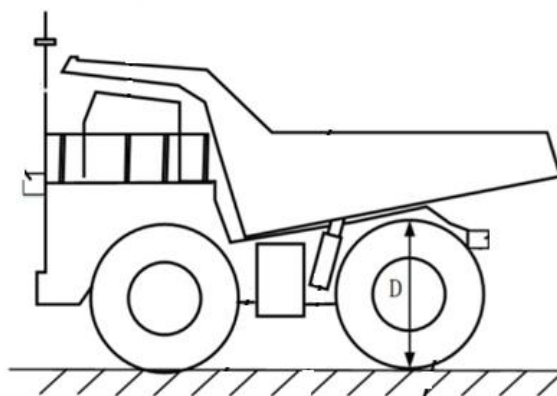


Рис. 19. Карьерный самосвал (CN113281783A)  
Fig. 19. Quarry dump truck (CN113281783A)

Беспилотный карьерный электромобиль с боковой разгрузкой (CN213262099U) [32]  
Самосвал (Рис. 20) состоит из беспилотного функционального модуля, электрического шасси, двух кузовов с боковой разгрузкой. Для работы самосвала также имеются диспетчерская система, система мониторинга, система дистанционного управления и GPS (система глобального позиционирования), которые связаны с самосвалом через систему связи. Управление самосвала осуществляет беспилотный функциональный модуль. Техническое решение направлено на снижение эксплуатационных расходов и сложности управления.

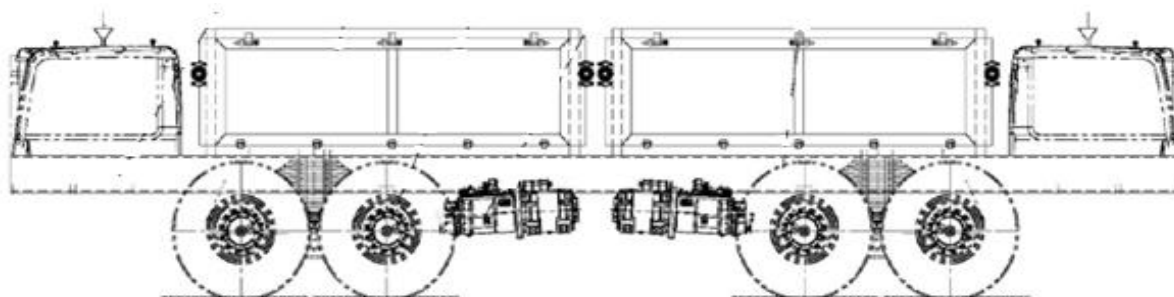


Рис. 20. Беспилотный карьерный электромобиль с боковой разгрузкой (CN213262099U)  
Fig. 20. Side-dumping type pure electric unmanned mining transport vehicle (CN213262099U)



Кибер-физический гибридный электрический автономный или полуавтономный внедорожный самосвал для открытых горных работ (WO2021069069A1) [33]

Гибридный самосвал (Рис. 21) для открытых горных работ состоит из киберфизической системы, включающей в себя систему датчиков и систему управления, и приводного блока для выполнения автономного вождения самосвала по маршруту движения с использованием сенсорных данных, при этом траектория движения определяется на основе топографических данных. Техническое решение направлено на снижение эксплуатационных расходов и повышение производительности карьерных перевозок.

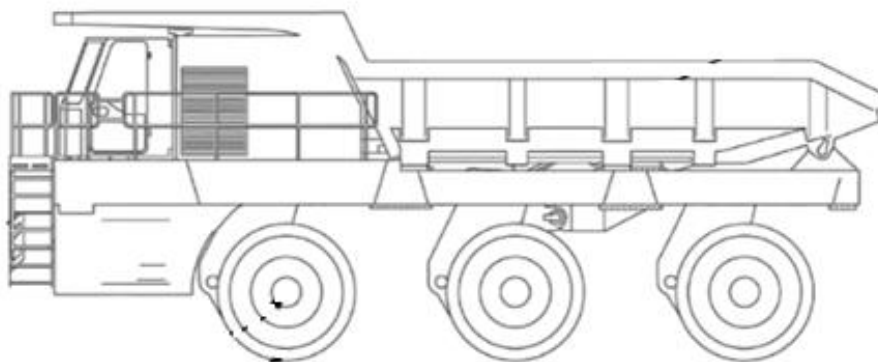


Рис. 21. Кибер-физический гибридный электрический автономный или полуавтономный внедорожный самосвал для открытых горных работ (WO2021069069A1)

Fig. 21. A cyber-physical hybrid electric autonomous or semi-autonomous off-highway dump truck for surface mining industry (WO2021069069A1)

Беспилотный карьерный самосвал на водородном топливном элементе (CN215042363U) [34]

Включает в себя (Рис. 22) кузов, беспилотную систему вождения, систему питания, систему самоочистки и т.п. Беспилотная система вождения обеспечивает автоматическое вождение, что повышает безопасность. Система питания состоит из водородного топливного элемента, соединенного с конденсатором и контроллером двигателя через преобразователь напряжения. Система самоочистки включает защитный слой из самоочищающегося материала или защитную пленку, которая покрывается или прикрепляется к поверхности датчика, используемого в системе беспилотного вождения, и используется для предотвращения прилипания пыли или других инородных тел к датчику и гарантирует его чувствительность. Преимущества технического решения – высокая степень автоматизации и безопасности, простота в эксплуатации, повышение эффективности горных работ, снижение эксплуатационных расходов.

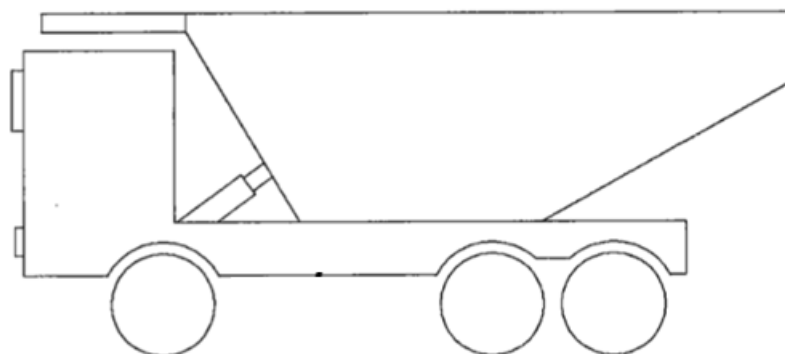


Рис. 22. Беспилотный карьерный самосвал на водородном топливном элементе (CN215042363U)

Fig. 22. An unmanned hydrogen-powered dump truck fuel cell (CN215042363U)



Беспилотный широкофюзеляжный карьерный самосвал (CN215117267U) [35]

Этот самосвал (Рис. 23) отличается от распространенных в Китае широкофюзеляжных карьерных самосвалов наличием беспилотной системы, состоящей из подсистемы позиционирования, главного контроллера, подсистемы управления и подсистемы контроля состояния самосвала. Все устройства беспилотной системы снабжены защитными элементами от попадания тяжелых предметов и запыленности. Техническое решение направлено на снижение эксплуатационных расходов, повышение объемов карьерных перевозок и их безопасность.



Рис. 23. Беспилотный широкофюзеляжный карьерный самосвал (CN215117267U)  
Fig. 23. Unmanned wide-body dump truck (CN215117267U)

Беспилотный карьерный самосвал (CN114483040A) [36]

Отличается (Рис. 24) от самосвала классической компоновки наличием надстройки над палубой, которая служит площадкой для монтажа системы пылеподавления. Техническое решение направлено на повышение безопасности введения горных работ, а также экологической обстановки на карьере.

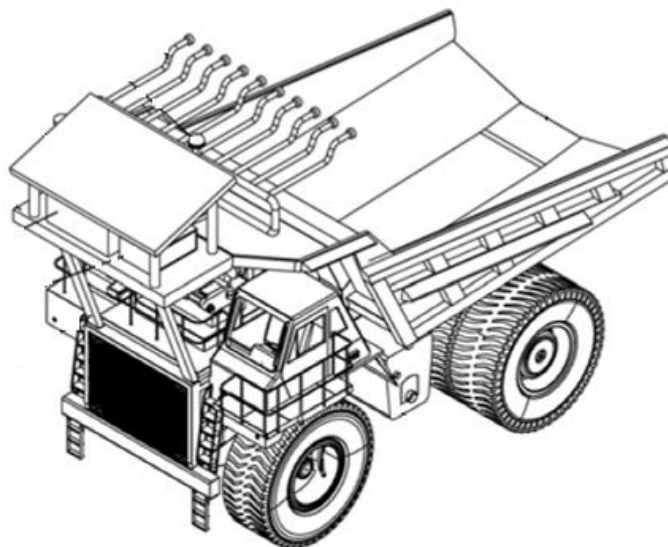


Рис. 24. Беспилотный карьерный самосвал (CN114483040A)  
Fig. 24. Unmanned dump truck (CN114483040A)



Гибридный челночный беспилотный карьерный самосвал (CN114523838A) [37]

Самосвал (Рис. 25) состоит из рамы, модуля беспилотного управления, дизель-генераторной установки, кузова, симметрично расположенных двух шасси со своим приводным электродвигателем, редуктором, подвеской. Колеса каждого шасси – поворачиваемые для улучшения маневрирования. Техническое решение направлено на повышение эффективности и безопасности работ при транспортировании горной массы.

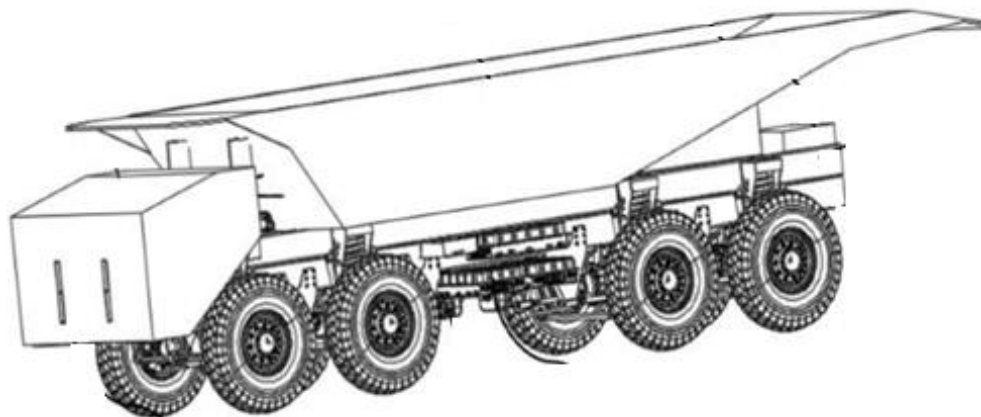


Рис. 25. Гибридный челночный беспилотный карьерный самосвал (CN114523838A)  
Fig. 25. Hybrid shuttle unmanned dump truck (CN1145238A)

Беспилотный карьерный самосвал с гибридной силовой установкой (CN114523837A) [38]

Самосвал (Рис. 26) включает шасси, кузов с системой подъема кузова независимо от направления движения. Шасси состоит из рамы, двигателя, генератора, электродвигателя, раздаточной коробки с регулируемой скоростью, переднего управляемого ведущего моста, электрогидравлического рулевого привода и заднего управляемого ведущего моста, тяговых аккумуляторных батарей, расположенных по бокам рамы. Техническое решение направлено на повышение эффективности работы, безопасности работ при транспортировании горной массы и улучшение экологической обстановки внутри карьера.

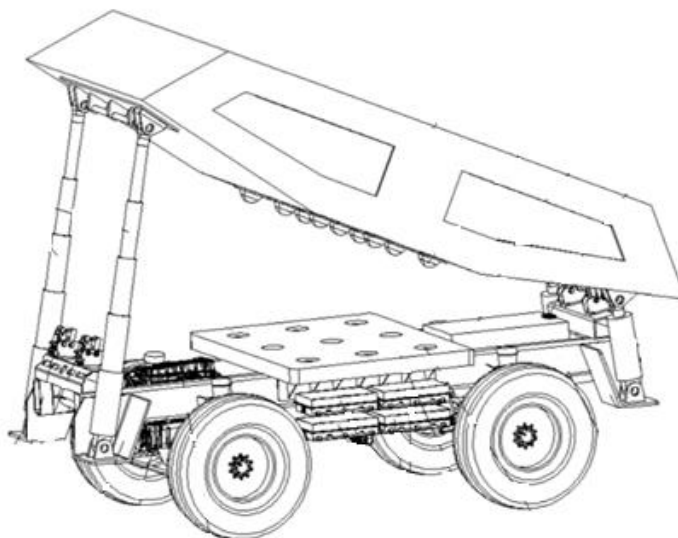


Рис. 26. Беспилотный карьерный самосвал с гибридной силовой установкой  
(CN114523837A)

Fig. 26. Unmanned dump truck with hybrid powertrain (CN114523837A)

На основании анализа рассмотренных технических решений АКС построена диаграмма (Рис. 27), показывающая процентное распределение направлений патентования технических решений АКС.

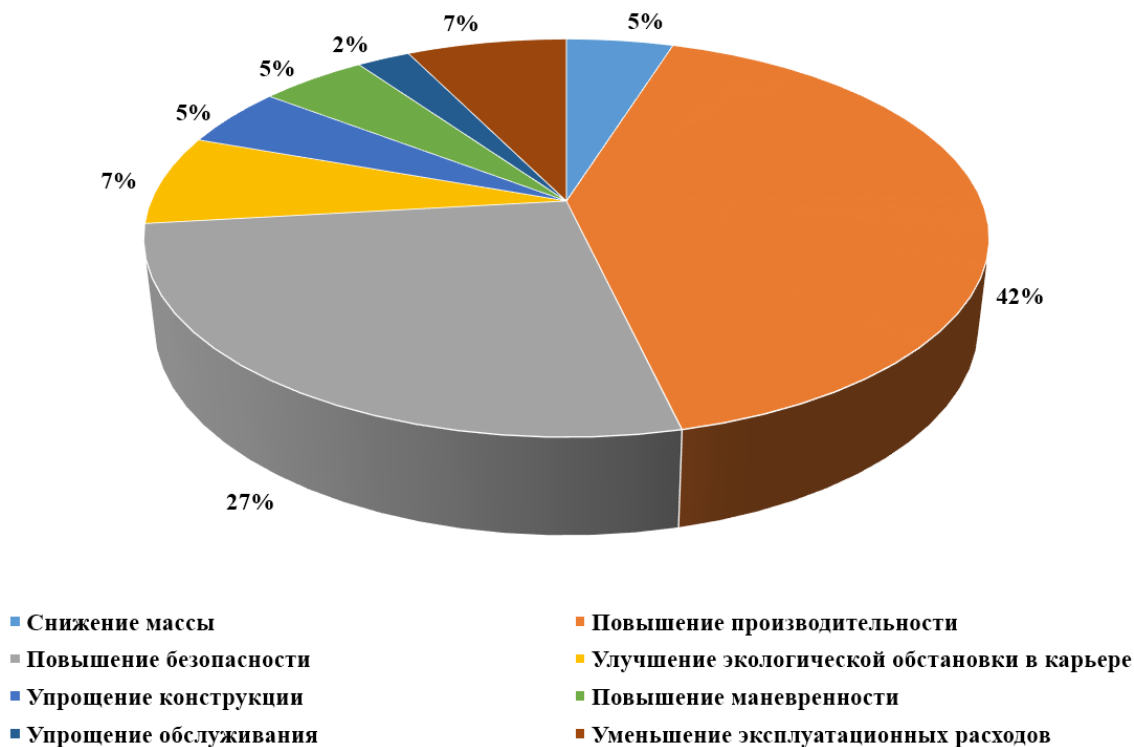


Рис. 27. Распределение направлений патентования технических решений автономных карьерных самосвалов

Fig. 27. Distribution of directions for patenting technical solutions of autonomous mining dump trucks

Из Рис. 27 видно, что основное направление патентования технических решений АКС связано с увеличением производительности транспортных работ. Затем целью их является повышение безопасности при эксплуатации АКС.

### Заключение

В результате анализа вышеприведенных компоновок карьерных автосамосвалов можно сделать следующие выводы:

1) Основной поток патентных решений направлен на повышение производительности транспортного средства. Поэтому нам представляется перспективным выполнение дальнейшего анализа зарубежных патентов с точки зрения более дробного их деления – иными словами, можно установить, за счет каких мероприятий авторы патентов предлагают обеспечить более высокую производительность по сравнению с базовыми вариантами.

2) Модификации компоновок карьерных автосамосвалов с изменением расположения одной или нескольких основных систем представляют наименьший интерес в связи с их малой перспективностью и слабой вероятностью внедрения на уровне промышленных образцов. Этот вывод сформулирован при более подробном изучении патентов, в том числе и описанных в данной статье – инженерная логика подсказывает, что часть патентов имеют своей целью только «застолбить» определенное поле дальнейших исследований.

3) Определенный интерес вызывают мероприятия, направленные на снижение массы, упрощение конструкции и облегчение технического обслуживания автосамосвала как наиболее малочисленные из представленных.

4) Идеи для повышения производительности автономных карьерных автосамосвалов должны не только базироваться на изменении технических элементов транспортного средства, но и учитывать возможные изменения параметров технологии открытых горных работ.

*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.*

### **Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2023 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

### **Информация об авторах**

**Пашков Дмитрий Алексеевич**, к.т.н., с.н.с. научного центра «Цифровые технологии»  
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

**Закрасовский Дмитрий Иванович**, магистр, м.н.с. научного центра «Цифровые технологии»  
e-mail: zakrasovskydi@kuzstu.ru

**Дубинкин Семен Дмитриевич**, студент  
e-mail: dubinkinsd@kuzstu.ru

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

### **Список литературы**

1. Дубинкин, Д.М. Импортнезависимость производства беспилотных карьерных самосвалов / Д.М. Дубинкин, Д.А. Пашков // Уголь. – 2023. – № 4(1166). – С. 42-48. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-4-42-48. – EDN GSDUSP.
2. Дубинкин, Д.М. Тенденции развития грузовых платформ карьерных самосвалов / Д.М. Дубинкин, А.В. Ялышев, Ш.Я. Исмаилова // Горная промышленность. – 2023. – № 3. – С. 72-76. – DOI 10.30686/1609-9192-2023-3-72-76. – EDN BPPWEY.
3. Дубинкин, Д.М. Тенденции развития беспилотных карьерных самосвалов / Д.М. Дубинкин, В.В. Аксенов, Д.А. Пашков // Уголь. – 2023. – № 6(1168). – С. 72-79. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79. – EDN GENHRC.
4. Дубинкин, Д.М. Инженерные решения в повышении экологической безопасности карьерного транспорта / Д.М. Дубинкин, Н.Н. Голофастова // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 11. – С. 8-12. – DOI 10.18412/1816-0395-2022-11-8-12. – EDN ABJJNQ.
5. Синергетический подход к решению геоэкологических проблем угледобывающих и углеперерабатывающих субкластеров / А.А. Хорешок, О.И. Литвин, Д.М. Дубинкин [и др.] // Уголь. – 2022. – № 12(1161). – С. 82-87. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-12-82-87. – EDN SDVDZV.
6. Анализ методик расчета производительности карьерных гидравлических экскаваторов / О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120. – EDN UQIXQR.
7. Оптимизация параметров экскаваторно-автомобильных комплексов разрезов / А.Ю. Воронов, А.А. Хорешок, Ю.Е. Воронов [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 5. – С. 92-98. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-92-98. – EDN PKHLQR.
8. Воронов, А.Ю. Обзор моделей диспетчеризации карьерного автотранспорта / А.Ю. Воронов, Д.М. Дубинкин, Ю.Е. Воронов // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 111-121. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121. – EDN LKXTRC.
9. Дубинкин, Д.М. Определение статических нагрузок на борт грузовой платформы карьерного самосвала / Д.М. Дубинкин, А.В. Ялышев // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 137-144. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144. – EDN YRETEH.



10. Снижение потерь угля при работе карьерных мехлопат / А.А. Хорешок, Д.М. Дубинкин, С.О. Марков [и др.] // Горная промышленность. – 2022. – № 6. – С. 88-94. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-88-94. – EDN JOFQLY.
11. Дубинкин, Д.М. Основы цифрового создания автономных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 2(160). – С. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
12. Дубинкин, Д.М. Методика определения нагрузок, действующих при погрузке и разгрузке грузовой платформы (кузова) карьерного самосвала // Горное оборудование и электромеханика. – 2022. – № 3(161). – С. 31-49. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
13. К определению рациональной области применения выемочно-погрузочного оборудования / А.А. Хорешок, О.И. Литвин, А.В. Кацубин [и др.] // Уголь. – 2023. – № 3(1165). – С. 91-95. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95. – EDN GBGWQO.
14. Edward S. Kress, inventor; Edward S. Kress, assignee. Off-highway off-road dump truck. United States patent US 2002/0175009 A1. 2002 Nov. 28.
15. Mark R. Baker, Randall J. Omdahl, inventor; Modular Mining Systems, Inc., assignee. Bi-directional autonomous truck. United States patent US 6,578,925 B1. 2003 Jun.17.
16. Michael S. Parsons, inventor; Michael S. Parsons, assignee. Vector neutral truck. United States patent US 6,783,187 B2. 2004 Aug. 31.
17. Benedictus Hiroaki Sakai, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Transport vehicle. Japan JP2013001362A. 2013.1.7.
18. Benedictus Hiroaki Sakai, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Unmanned Dump Trucks. Japan JP2013248928A. 2013.12.12.
19. Tojima Masanori, Takeda Koji, Yamashita Kouichi, Sudou Tsugio, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Transport vehicle with current collector. Australia AU 2015202372 A1. 2015.05.21.
20. Yusuke Hinagata, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Mining Work Vehicles. Japan JP2016024685A. 2016.2.8.
21. Kyoji Uranaka Kensho Otsuka Ko Okamoto Koichi Okamoto, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Dump Trucks. China CN106029478A. 2016.10.12.
22. Ichimoku, Kuromaru, Chiyoda, inventor; Hitachi Construction Machinery Co., assignee. Distress Removal Vehicle for Mining. Japan JP2017199401A. 2017.11.2.
23. Qu Tianzuo, inventor; Komatsu Works, Shinseijin Co., assignee. Dump Trucks. China CN106029478A. 2018.04.17.
24. Naito Shin Naito Shinichi Ishizaka Takeya, inventor; Komatsu Works, Shinseijin Co., assignee. Working truck. China CN107949716A. 2018.04.20.
25. Zao Sixth, inventor; Shenqing People Inner Mongolia Xingjiang Prefectural Heavy Industry Co., assignee. 110t four-wheel drive maintenance-free tun young tipping cloth. China CN108569183A. 2018.09.25.
26. Johansson, Peter, Unneback, Joakim, inventor; Volvo Group Intellectual Property, assignee. A working machine comprising at least one propulsion axle. European EP3372426A1. 2018.12.09.
27. Solenlid, Lena, Johansson, Peter, inventor; Volvo Group Intellectual Property, assignee. A working machine. European EP3372427A1. 2018.12.09.
28. Unneback, Joakim, Ankarloo, Johan, inventor; Volvo Group Intellectual Property, assignee. A working machine. European EP3372429A1. 2018.12.09.
29. Yang Hui, Ye Yongwang, inventor; Henan yuexin intelligent machinery CO., LTD., assignee. Mining truck based on driverless two-way driving. China CN209426639U. 2019.09.24.
30. Bao Jiusheng, Zou Xueyao, Ge Shirong, Yin Yan, Wang Maosen, Hu Gege, inventor; China university of mining and technology., assignee. 360-degree self-adaptive loading and unloading unmanned mining dump truck and control method thereof. China CN113022408A. 2021.06.25.
31. Li Hui, inventor; Jiangsu XCMG engineering machinery res institute CO LTD., assignee. Dump Trucks. China CN113281783A. 2021.08.20.
32. Chen You, Fan Wei, Ren Prefectural Station, Zhu Zhanmiao, inventor; Baotou tiansheng heavy IND CO LTD, assignee. All-electric unmanned quarry dump truck with side discharge. China CN213262099U. 2021.05.25.
33. Chevalier, Philippe Arthur Jean Ghislain, inventor; Eijzenberg Geoffrey, assignee. A cyber-physical hybrid electric autonomous or semi-autonomous off-highway dump truck for surf ace mining industry. WIPO WO2021069069A1. 2021.04.15.
34. Chen You, Fan Wei, inventor; Beijing ruomu yunxin tech CO LTD, assignee. An unmanned hydrogen-powered dump truck fuel cell. China CN215042363U. 2021.12.07.
35. Zao Sixth, inventor; Maxsense shanghai tech CO LTD, assignee. Unmanned wide-body dump truck. China CN215117267U. 2021.12.10.



36. Zhang Liancai, inventor; Changshu Jiuzhi Technology, assignee. Unmanned mining vehicle China. CN114483040A. 2022.05.13.
37. Huang Xu, Luo Zhongzhong, Wang Zhonghui, Xu Liping, Chen Song, Liu Duo, Wang Yiliang, Sun Zhengyu, inventor; Wuhu Anhang Times Automobile Technology Co Ltd, assignee. Hybrid bidirectional-driving unmanned mining dump truck chassis. China CN114523838A. 2022.05.24.
38. Wang Zhonghui, Xu Liping, Chen Song, Huang Xu, Liu Du, Wang Yiliang, Luo Zhongliang, Sun Zhengyu, inventor; Wuhu Anhang Times Automobile Technology Co Ltd, assignee. 4X4 bidirectional-running hybrid power unmanned mining dump truck. China CN114523837A. 2022.05.24.

## TECHNICAL SOLUTIONS OF AUTONOMOUS QUARRY DUMP TRUCKS

Dmitry A. Pashkov, Dmitry I. Zakrasovsky, Semyon D. Dubinkin

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University



### Article info

Received:  
15 September 2023

Revised:  
28 October 2023

Accepted:  
31 October 2023

**Keywords:** mining machines,  
quarry dump truck, layout,  
patent research, technical  
solutions

### Abstract.

The article deals with the technical solutions of autonomous dump trucks identified in the course of patent research on the state of the art for the project "Creation of high-tech production of autonomous quarry dump trucks with a payload capacity of 240 tons with domestic traction drive for operation in the system of digital mining of minerals by open-pit mining". The classical layouts of the quarry dump trucks, currently operated at open-pit mines, without the unmanned driving system are presented. 25 technical solutions of autonomous dump trucks are considered. The results of patent search are briefly analyzed.

---

**For citation** Pashkov D.A., Zakrasovsky D.I., Dubinkin S.D. (2023) Technical solutions of autonomous quarry dump trucks, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 3(22):51. DOI: 10.26730/2618-7434-2023-3-51-70, EDN: CXPCTS

---

*The work is financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the agreement dated 07.04.2022 № 075-11-2022-016 with PJSC KAMAZ on the integrated project "Development of high-tech production of autonomous mining dump trucks with a lifting capacity of 240 tons with a domestic traction drive for operation in an open-source digital mining system", with participation of T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University in terms of research, development and technological works.*

### References

1. Dubinkin, D.M. Importonezavisimost' proizvodstva bespilotnykh kar'ernykh samosvalov / D.M. Dubinkin, D.A. Pashkov // Ugol'. – 2023. – № 4(1166). – S. 42-48. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-4-42-48. – EDN GSDUSP.
2. Dubinkin, D.M. Tendentsii razvitiya gruzovykh platform kar'ernykh samosvalov / D.M. Dubinkin, A.V. Yalyshev, Sh.Ya. Ismailova // Gornaya promyshlennost'. – 2023. – № 3. – S. 72-76. – DOI 10.30686/1609-9192-2023-3-72-76. – EDN BPPWEY.





3. Dubinkin, D.M. Tendentsii razvitiya bespilotnykh kar'ernykh samosvalov / D.M. Dubinkin, V.V. Aksenov, D.A. Pashkov // Ugol'. – 2023. – № 6(1168). – S. 72-79. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79. – EDN GENHRC.
4. Dubinkin, D.M. Inzhenernye resheniya v povyshenii ekologicheskoy bezopasnosti kar'ernogo transporta / D.M. Dubinkin, N.N. Golofastova // Ekologiya i promyshlennost' Rossii. – 2022. – T. 26, № 11. – S. 8-12. – DOI 10.18412/1816-0395-2022-11-8-12. – EDN ABJJNQ.
5. Sinergeticheskii podkhod k resheniyu geokologicheskikh problem ugledobyvayushchikh i uglererabatyvayushchikh subklasterov / A.A. Khoreshok, O.I. Litvin, D.M. Dubinkin [i dr.] // Ugol'. – 2022. – № 12(1161). – S. 82-87. – DOI 10.18796/0041-5790-2022-12-82-87. – EDN SDVDZV.
6. Analiz metodik rascheta proizvoditel'nosti kar'ernykh gidravlicheskikh ekskavatorov / O.I. Litvin, A.A. Khoreshok, D.M. Dubinkin [i dr.] // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – № 5. – S. 112-120. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-112-120. – EDN UQIXQR.
7. Optimizatsiya parametrov ekskavatorno-avtomobil'nykh kompleksov razrezov / A.Yu. Voronov, A.A. Khoreshok, Yu.E. Voronov [i dr.] // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – № 5. – S. 92-98. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-5-92-98. – EDN PKHLQR.
8. Voronov, A.Yu. Obzor modeley dispetcherizatsii kar'ernogo avtotransporta / A.Yu. Voronov, D.M. Dubinkin, Yu.E. Voronov // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – № 6. – S. 111-121. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121. – EDN LKXTRC.
9. Dubinkin, D.M. Opredelenie staticheskikh nagruzok na bort gruzovoy platformy kar'ernogo samosvala / D.M. Dubinkin, A.V. Yalyshev // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – № 6. – S. 137-144. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-137-144. – EDN YRETEH.
10. Snizhenie poter' uglia pri rabote kar'ernykh mekhlopat / A.A. Khoreshok, D.M. Dubinkin, S.O. Markov [i dr.] // Gornaya promyshlennost'. – 2022. – № 6. – S. 88-94. – DOI 10.30686/1609-9192-2022-6-88-94. – EDN JOFQLY.
11. Dubinkin, D.M. Osnovy tsifrovogo sozdaniya avtonomnykh kar'ernykh samosvalov // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2022. – № 2(160). – S. 39-50. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-2-39-50.
12. Dubinkin, D.M. Metodika opredeleniya nagruzok, deystvuyushchikh pri pogruzke i razgruzke gruzovoy platformy (kuzova) kar'ernogo samosvala // Gornoe oborudovanie i elektromekhanika. – 2022. – № 3(161). – S. 31-49. – DOI 10.26730/1816-4528-2022-3-31-49.
13. K opredeleniyu ratsional'noy oblasti primeneniya vyemochno-pogruzochnogo oborudovaniya / A.A. Khoreshok, O.I. Litvin, A.V. Katsubin [i dr.] // Ugol'. – 2023. – № 3(1165). – S. 91-95. – DOI 10.18796/0041-5790-2023-3-91-95. – EDN GBGWQO.
14. Edward S. Kress, inventor; Edward S. Kress, assignee. Off-nighway off-road dump truck. United States patent US 2002/0175009 A1. 2002 Nov. 28.
15. Mark R. Baker, Randall J. Omdahl, inventor; Modular Mining Systems, Inc., assignee. Bi-directional autonomous truck. United States patent US 6,578,925 B1. 2003 Jun.17.
16. Michael S. Parsons, inventor; Michael S. Parsons, assignee. Vector neutral truck. United States patent US 6,783,187 B2. 2004 Aug. 31.
17. Benedictus Hiroaki Sakai, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Transport vehicle. Japan JP2013001362A. 2013.1.7.
18. Benedictus Hiroaki Sakai, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Unmanned Dump Trucks. Japan JP2013248928A. 2013.12.12.
19. Tojima Masanori, Takeda Koji, Yamashita Kouichi, Sudou Tsugio, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Transport vehicle with current collector. Australia AU 2015202372 A1. 2015.05.21.
20. Yusuke Hinagata, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Mining Work Vehicles. Japan JP2016024685A. 2016.2.8.
21. Kyoji Uranaka Kensho Otsuka Ko Okamoto Koichi Okamoto, inventor; Komatsu Ltd., assignee. Dump Trucks. China CN106029478A. 2016.10.12.
22. Ichimoku, Kuromaru, Chiyoda, inventor; Hitachi Construction Machinery Co., assignee. Distress Removal Vehicle for Mining. Japan JP2017199401A. 2017.11.2.
23. Qu Tianzuo, inventor; Komatsu Works, Shinseijin Co., assignee. Dump Trucks. China CN106029478A. 2018.04.17.
24. Naito Shin Naito Shinichi Ishizaka Takeya, inventor; Komatsu Works, Shinseijin Co., assignee. Working truck. China CN107949716A. 2018.04.20.
25. Zao Sixth, inventor; Shengqing People Inner Mongolia Xingjiang Prefectural Heavy Industry Co., assignee. 110t four-wheel drive maintenance-free tun young tipping cloth. China CN108569183A. 2018.09.25.
26. Johansson, Peter, Unneback, Joakim, inventor; Volvo Group Intellectual Property, assignee. A working machine comprising at least one propulsion axle. European EP3372426A1. 2018.12.09.



27. Solenlid, Lena, Johansson, Peter, inventor; Volvo Group Intellectual Property, assignee. A working machine. European EP3372427A1. 2018.12.09.
28. Unneback, Joakim, Ankarloo, Johan, inventor; Volvo Group Intellectual Property, assignee. A working machine. European EP3372429A1. 2018.12.09.
29. Yang Hui, Ye Yongwang, inventor; Henan yuexin intelligent machinery CO., LTD., assignee. Mining truck based on driverless two-way driving. China CN209426639U. 2019.09.24.
30. Bao Jiusheng, Zou Xueyao, Ge Shirong, Yin Yan, Wang Maosen, Hu Gege, inventor; China university of mining and technology., assignee. 360-degree self-adaptive loading and unloading unmanned mining dump truck and control method thereof. China CN113022408A. 2021.06.25.
31. Li Hui, inventor; Jiangsu XCMG engineering machinery res institute CO LTD., assignee. Dump Trucks. China CN113281783A. 2021.08.20.
32. Chen You, Fan Wei, Ren Prefectural Station, Zhu Zhanmiao, inventor; Baotou tiansheng heavy IND CO LTD, assignee. All-electric unmanned quarry dump truck with side discharge. China CN213262099U. 2021.05.25.
33. Shevalier, Philippe Arthur Jean Ghislain, inventor; Ejzenberg Geoffrey, assignee. A cyber-physical hybrid electric autonomous or semi-autonomous off-highway dump truck for surf ace mining industry. WIPO WO2021069069A1. 2021.04.15.
34. Chen You, Fan Wei, inventor; Beijing ruomu yunxin tech CO LTD, assignee. An unmanned hydrogen-powered dump truck fuel cell. China CN215042363U. 2021.12.07.
35. Zao Sixth, inventor; Maxsense shanghai tech CO LTD, assignee. Unmanned wide-body dump truck. China CN215117267U. 2021.12.10.
36. Zhang Liancai, inventor; Changshu Jiuzhi Technology, assignee. Unmanned mining vehicle China. CN114483040A. 2022.05.13.
37. Huang Xu, Luo Zhongzhong, Wang Zhonghui, Xu Liping, Chen Song, Liu Duo, Wang Yiliang, Sun Zhengyu, inventor; Wuhu Anhang Times Automobile Technology Co ltd, assignee. Hybrid bidirectional-driving unmanned mining dump truck chassis. China CN114523838A. 2022.05.24.
38. Wang Zhonghui, Xu Liping, Chen Song, Huang Xu, Liu Du, Wang Yiliang, Luo Zhongliang, Sun Zhengyu, inventor; Wuhu Anhang Times Automobile Technology Co ltd, assignee. 4X4 bidirectional-running hybrid power unmanned mining dump truck. China CN114523837A. 2022.05.24.

### **Conflicts of Interest**

The authors declare no conflict of interest.

© 2023 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**

**Dmitry A. Pashkov**, PhD (Tech.), senior researcher of the Research Center «Digital Technologies»  
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

**Dmitry I. Zakrasovsky**, Master student, junior researcher of the Research Center «Digital Technologies»  
e-mail: zakrasovskydi@kuzstu.ru

**Semyon D. Dubinkin**, Student  
e-mail: dubinkinsd@kuzstu.ru

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

