

Тенденции развития беспилотных карьерных самосвалов*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-72-79>

ДУБИНКИН Д.М.

Канд. техн. наук, доцент,
ведущий научный сотрудник
научного центра
«Цифровые технологии»
Кузбасского государственного
технического университета
им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ),
650000, Кемерово, Россия,
e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru



АКСЕНОВ В.В.

Доктор техн. наук,
главный научный сотрудник
научного центра
«Цифровые технологии»
Кузбасского государственного
технического университета
им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ),
Кемерово, 650000, Россия,
e-mail: 55vva42@mail.ru



ПАШКОВ Д.А.

Канд. техн. наук,
старший научный сотрудник
научного центра
«Цифровые технологии»
Кузбасского государственного
технического университета
им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ),
Кемерово, 650000, Россия,
e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

В статье представлен мировой уровень техники в областях конструкций карьерных самосвалов, систем беспилотного движения и цифровых систем диспетчеризации, выявлены тенденции их развития, полученные при проведении патентных исследований по мероприятию на тему «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн». Анализ патентов выполнен по динамике и географии патентования. Выявлены основные правообладатели в рассматриваемой области поиска. По результатам анализа выявленных охраняемых технических решений выстроен прогноз развития конструкций карьерных самосвалов, систем беспилотного движения и цифровых систем диспетчеризации. Возрастающие потребности горнодобывающей отрасли в перевозках больших объемов сыпучих материалов привели к интенсивной разработке мировыми производителями самосвальной техники беспилотных вариантов для этих перевозок.

Ключевые слова: добыча полезных ископаемых, открытые горные работы, карьерный самосвал, патентные исследования, тенденции развития.

Для цитирования: Дубинкин Д.М., Аксенов В.В., Пашков Д.А. Тенденции развития беспилотных карьерных самосвалов // Уголь. 2023. № 6. С. 72-79. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79.

* 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.



Научно-образовательный
центр «Кузбасс»

ВВЕДЕНИЕ

В РФ с 1 марта введена в действие новая редакция ГОСТа Р 15.011-2022 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения», которая вышла взамен ГОСТа Р 15.011-96.

В обновленной редакции государственного стандарта проведено более подробное разделение патентных исследований (ПИ) по видам. Проводится соотношение их с этапами разработки и стадиями жизненного цикла объекта техники.

Нововведением стандарта является понятие «патентный ландшафт». Согласно ГОСТу Р 15.011-2022 патентный ландшафт – «результаты информационно-аналитических исследований патентной документации, отражающие в общем виде патентную ситуацию в определенном технологическом направлении либо в отношении патентной активности субъектов инновационной сферы деятельности с учетом временной динамики и территориального признака, выполненные на основе статистических данных и снабженные визуализациями» [1]. В предыдущей версии ГОСТа не было данного инструмента патентной аналитики, хотя проведение патентного ландшафта выполнялось при ПИ [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Также изменилось определение самих патентных исследований. Если в старом варианте ГОСТа ПИ – «исследования технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности, патентной чистоты, конкурентоспособности на основе патентной и другой информации» [9], то в новом ПИ – «исследовательская работа, относящаяся к сфере интеллектуальной собственности и включающая поиск, анализ и систематизацию патентной, а также иной информации с целью выявления технико-правового окружения объекта исследования и обеспечения научно-технического продвижения продукции» [1]. Из нового определения цель ПИ заключается, во-первых, в выявлении технико-правового окружения объекта исследования, во-вторых, в обеспечении научно-технического продвижения продукции.

При разработке новой техники на этапе эскизного и/или технического проекта выполняют ПИ на уровень техники [1]. Данный вид ПИ проводят для выявления технико-правового окружения объекта исследования, то есть для обеспечения выявления всех действующих на территории страны охраняемых документов исключительного права, под которые подпадает исследуемый объект техники в целом или отдельные, составляющие его технические и иные решения, и обеспечения научно-технического продвижения продукции, определяя мировой уровень техники в области, к которой относится объект техники, и выявления тенденций его развития.

В РФ Правительство активно поддерживает работы, направленные на создание новой техники. Примером может служить Комплексная научно-техническая программа полного инновационного цикла (КНТП), утвержденная распоряжением от 11.05.2022 № 1144-Р. В состав КНТП входит мероприятие на тему: «Разработка и создание беспилотного карьерного самосвала челночного типа грузоподъемностью 220 тонн» [10, 11, 12, 13]. Исполнителем в

части выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по данному мероприятию является Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева.

Таким образом, при разработке и создании беспилотного карьерного самосвала (КС) челночного типа грузоподъемностью 220 т необходимо проведение ПИ на уровень техники.

ОБЩИЕ ДАННЫЕ О ПРОВЕДЕНИИ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для создания беспилотного КС необходимы сам КС, система беспилотного движения, а также цифровая система диспетчеризации для осуществления мониторинга работы оборудования на карьере [14, 15, 16, 17], в связи с чем объектами ПИ приняты конструкции КС, систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации.

Проведение патентного поиска при выполнении ПИ выполнялось по патентным документам (патентам, патентным заявкам), опубликованным различными патентными ведомствами мира:

- база данных (БД) международных заявок PATENTSCOPE;
- мультинациональная патентная БД Global Patent Index;
- БД ФИПС – RUPAT;
- БД Eapatis.

Классификационные рубрики международной патентной классификации (МПК) определялись по следующим отобранным ключевым общим, специальным и синонимичным терминам:

- самосвал, карьерный самосвал (dumper, dump truck, mining dump truck);
- транспортное средство (vehicle);
- грузовой автомобиль (truck);
- система управления (control system);
- автономное управление (autonomous control);
- автопилот (autopilot);
- электромеханическая трансмиссия (electro-mechanical powertrain);
- подвесная система, подвеска (suspension system, suspension);
- рулевое управление (steering system);
- кузов карьерного самосвала (dump truck body);
- диспетчерский пункт (control room).

В соответствии с алфавитно-предметным указателем к МПК были выбраны следующие рубрики МПК, которые в совокупности определяют требуемую область патентного поиска: B01, B60, B62, E21C, F01, F02, F15, F16, G01, G05, G06, G07, G08G, H01, H02, H04W, H05.

Глубина патентного поиска составила 25 лет.

АНАЛИЗ ПАТЕНТНОГО ПОИСКА

По результатам патентного поиска выявлено 738 патентных документов. В части конструкции КС – 614 патентов, систем беспилотного движения – 53 и цифровых систем диспетчеризации – 71.

Для определения прогноза развития конструкций КС, систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации рассмотрена динамика патентования по годам, представленная на рис. 1.



Рис. 1. Динамика патентования по годам

Fig. 1. Patenting dynamics by year

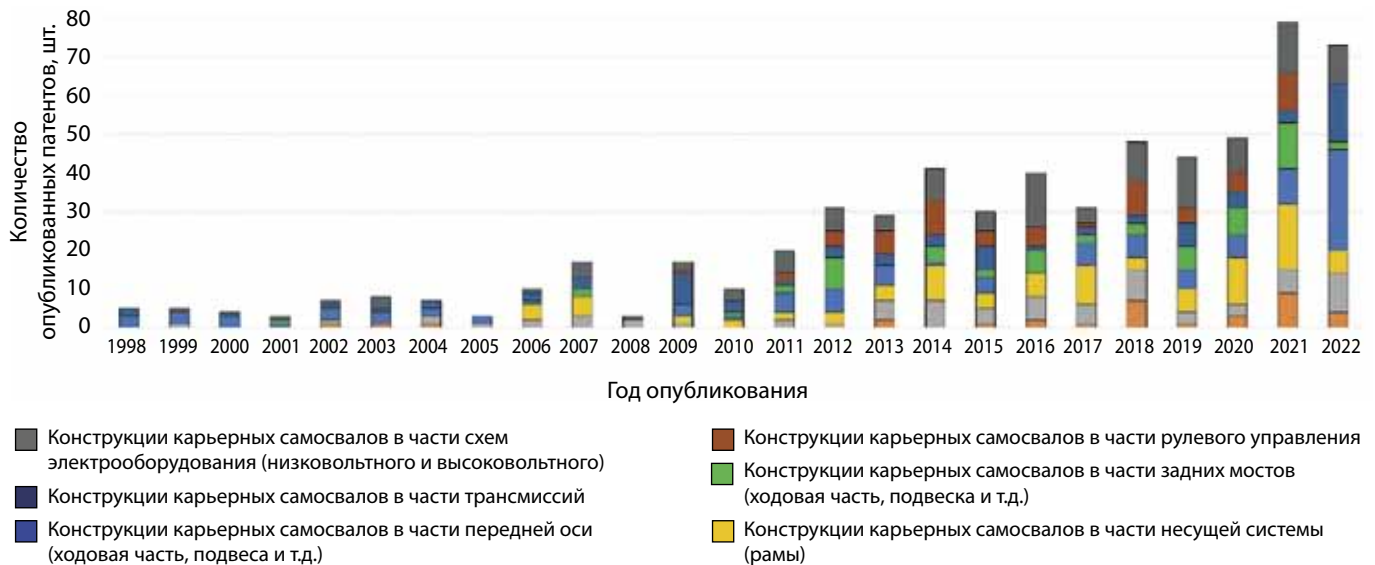


Рис. 2. Динамика патентования в части конструкций карьерного самосвала по годам

Fig. 2. The dynamics of patenting in terms of dump truck designs by year

Из рис. 1 стоит отметить стабильное повышение патентования конструкций КС, систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации. В 2008 г. наблюдается падение публикации патентных документов, связано это с мировым кризисом. С 2011 г. количество опубликованных патентов в год возросло в четыре раза в 2021 г. и в 3,6 раза в 2022 г.

Преобладающим патентованием являются конструкции КС. Повышенный интерес к конструкциям КС связан с эксплуатацией на карьерах и выявлением недо-

статков, которые совершенствуются. Основное направление развития конструкций КС связано с отказом от применения гибридных схем трансмиссий, использованием только электрической энергии, что позволит улучшить экологическую обстановку в карьерах, а также снизить эксплуатационные затраты при добыче полезных ископаемых.

Для уточнения, по каким системам КС патентуются конструкции, на рис. 2 представлена динамика патентования в части конструкций карьерного самосвала по годам.

По результатам, представленным на рис. 2, стоит отметить в 2022 г. повышенный интерес к патентованию конструкций КС в части передней подвески, трансмиссий и схем электрооборудования. С 2006 г. активно ведутся работы по совершенствованию несущих систем (рам) КС, из-за чего ежегодно публикуются патентные документы. В рассматриваемом периоде первоочередным стало патентование конструкций КС в части трансмиссий и передней подвески. С 1999 г. стали патентовать конструкции остальных систем КС. Таким образом, отмечается повышение интереса к совершенствованию конструкции всех систем КС.

Системы беспилотного движения КС и цифровые системы диспетчеризации начали патентоваться только с 2008 г., что в свою очередь говорит о начале работ в данных направлениях. А увеличение количества патентных документов к 2022 г. подтверждает интерес к рассматриваемым объектам ПИ.

Анализ выявленных охраняемых технических решений дает основание выстроить краткосрочный (на пять лет) прогноз развития конструкций КС, систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации:

– количество опубликованных патентов в части конструкций КС будет на уровне 2021 г.;

– патентование конструкций систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации будет активно увеличиваться.

Из анализа отечественных и зарубежных источников патентной информации следует, что в настоящее время активно патентуются технические решения для использования в системах беспилотного движения карьерного самосвала, направленные на реализацию принципов взаимодействия беспилотного ТС с другим ТС, объектом инфраструктуры или людьми, находящимися в непосредственной близости, для взаимного обмена информацией посредством беспроводной связи.

Технические решения, заявленные к этому моменту, демонстрировали явное стремление к реализации 5 уровня автоматизации (по SAE J3016-2018) – полной автоматизации движения, «steering wheel optional».

Наряду с беспилотными пассажирскими и магистральными грузоперевозками возрастающие потребности горнодобывающей, химической, строительной и смежных отраслей в перевозках больших объемов сыпучих материалов привели к интенсивной разработке мировыми производителями самосвальной техники беспилотных вариантов для этих перевозок.

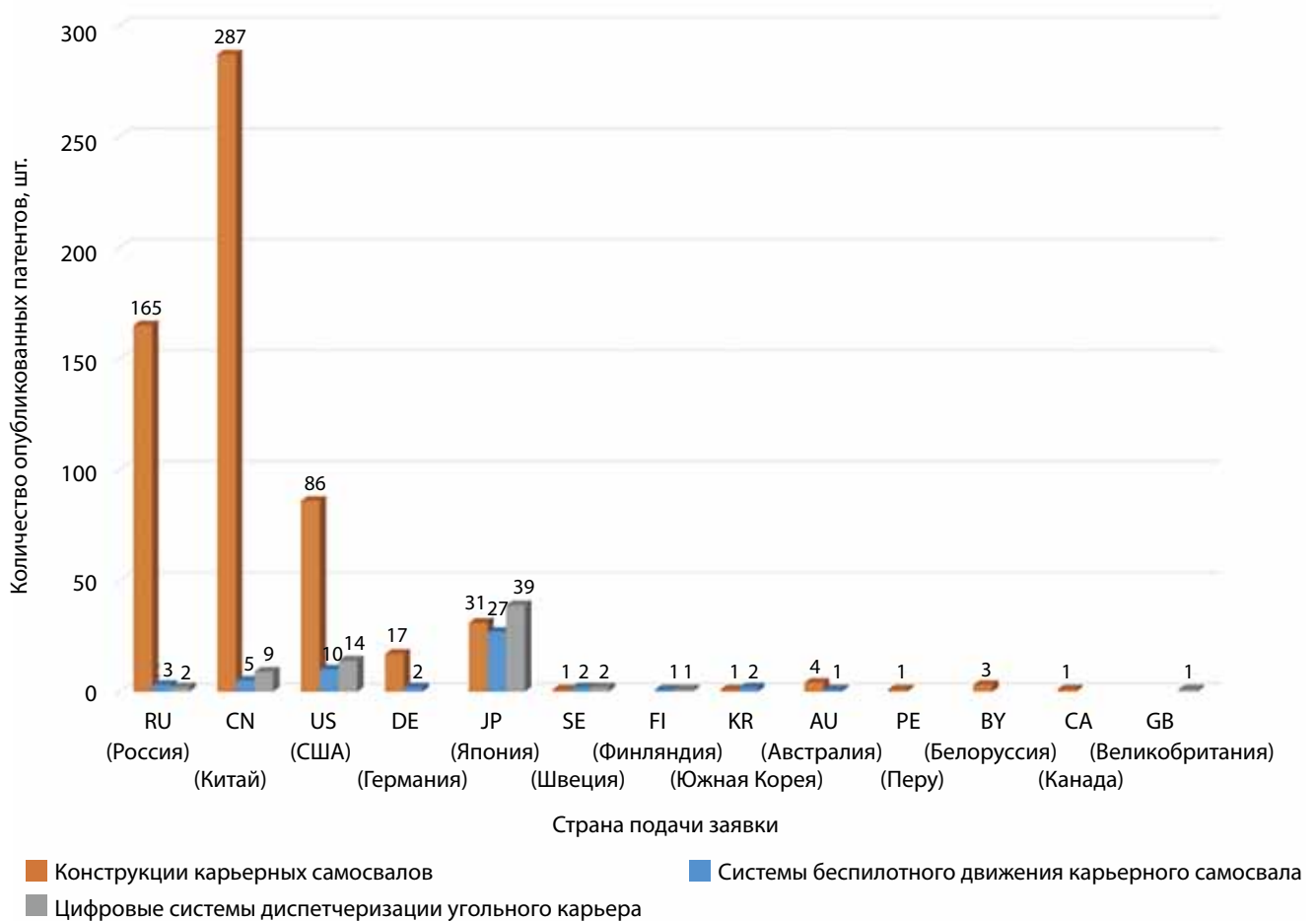


Рис. 3. География патентования в рассматриваемой области поиска

Fig. 3. Geography of patenting in the search area under consideration

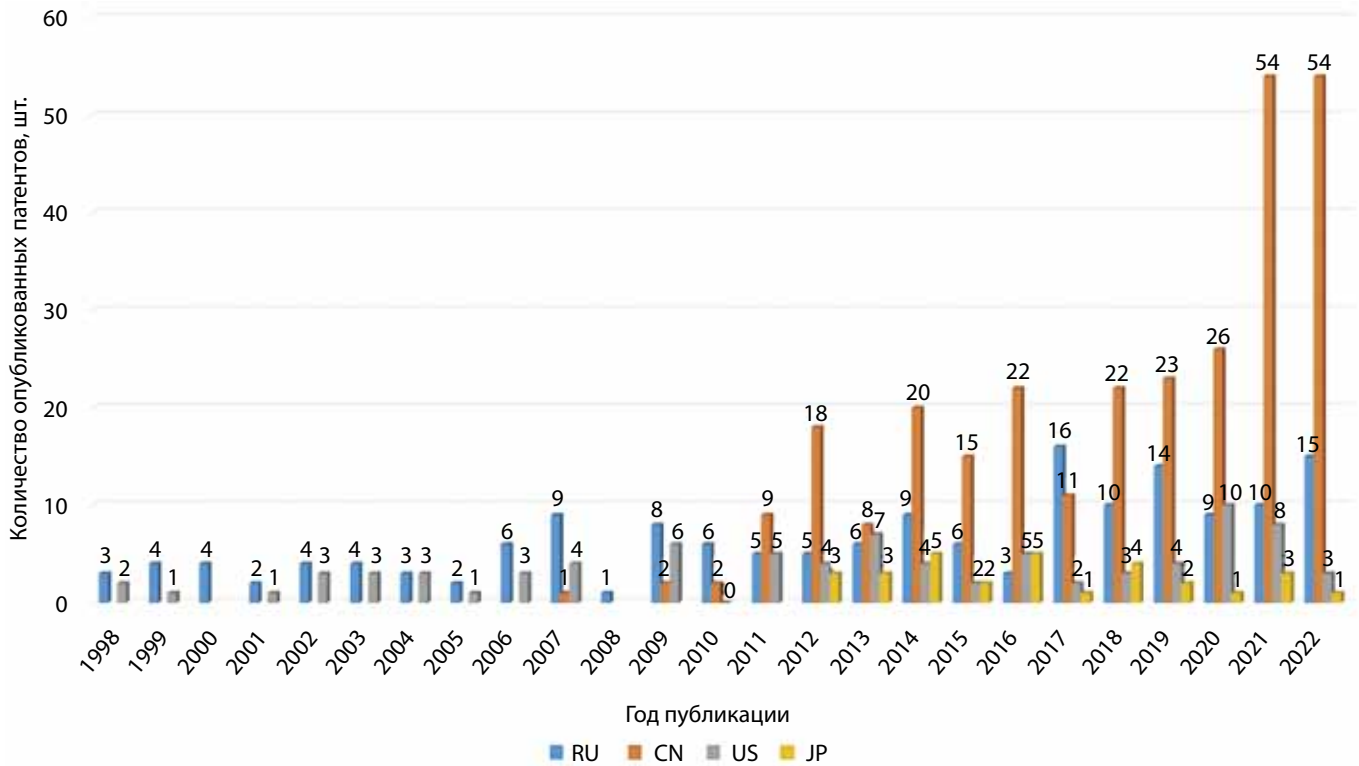


Рис. 4. География патентования в динамике в части конструкций карьерных самосвалов по годам

Fig. 4. Geography of patenting in dynamics in terms of designs of quarry dump trucks by year

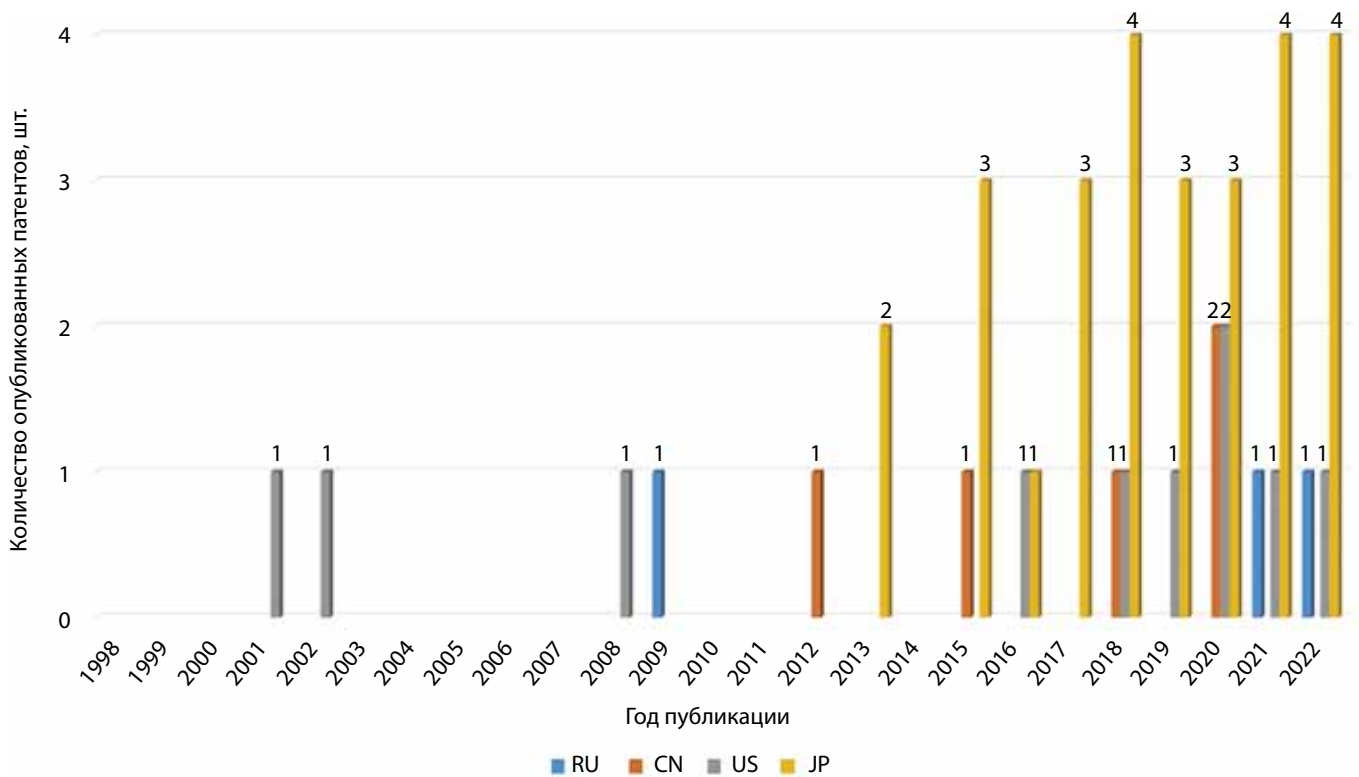


Рис. 5. География патентования в динамике в части конструкций систем беспилотного движения карьерных самосвалов по годам

Fig. 5. Geography of patenting in dynamics in terms of designs of systems for unmanned movement of dump trucks by year

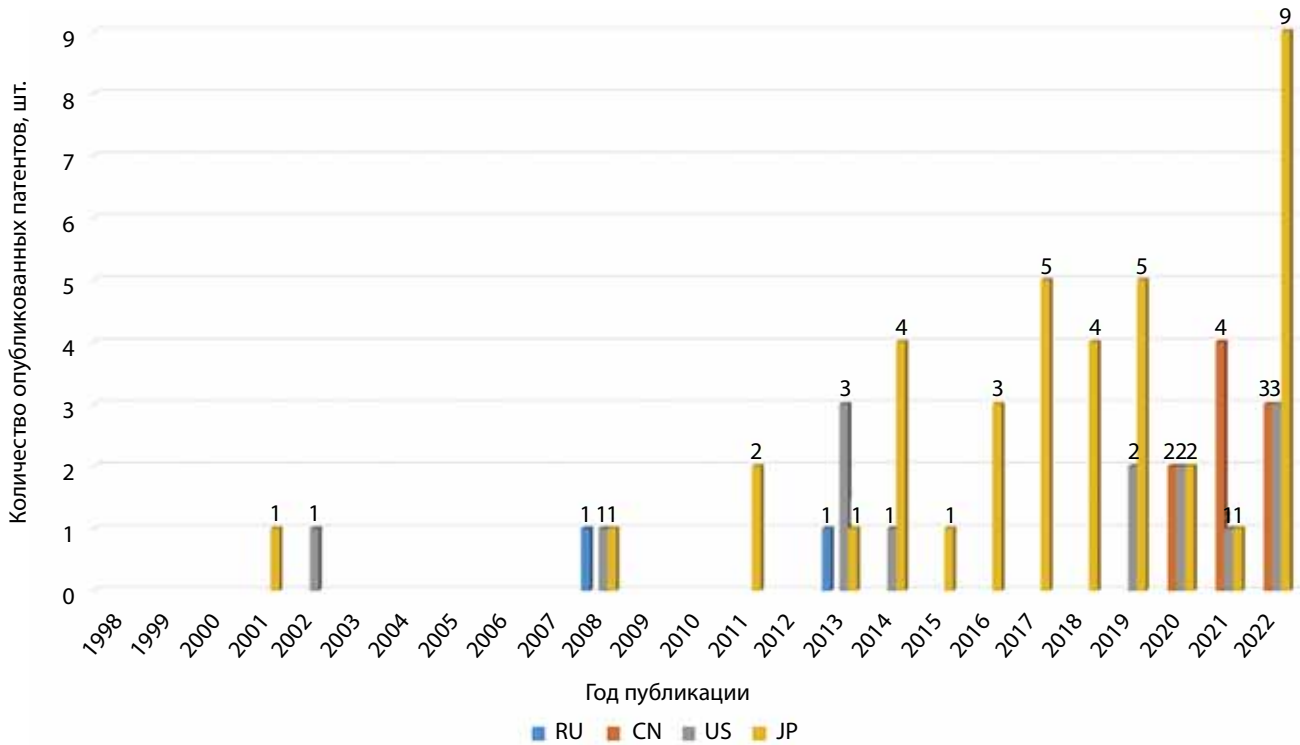


Рис. 6. География патентования в динамике в части конструкций цифровых систем диспетчеризации по годам
 Fig. 6. Geography of patenting in dynamics in terms of designs of digital dispatch systems by year

Из выявленных патентных документов 568 – зарубежные патенты, 170 – российские. Подробное распределение по странам представлено на рис. 3.

Из рис. 3 стоит отметить, что в части патентования конструкций КС лидирует Китай. На втором месте – Россия, в 1,7 раза уступая Китаю по количеству патентов. США по количеству патентных документов уступает Китаю в 3,3 раза и в 1,9 раза России.

В части конструкций систем беспилотного движения и цифровых систем диспетчеризации лидирует Япония. В 2,7 раза меньше было запатентовано в США.

Для определения более точного развития патентования объектов ПИ рассмотрено количество опубликованных патентных документов в России, Китае, США и Японии по годам (рис. 4, рис. 5, рис. 6).

Китай начал стремительно патентовать конструкции КС с 2011 г. (см. рис. 4), и с каждым годом количество патентов увеличивается. Так, по сравнению с 2011 г. в 2021 и 2022 годах было опубликовано в шесть раз больше патентных документов. В Японии стали патентовать конструкции КС только с 2012 г. На протяжении рассматриваемых последних 25 лет только в России ежегодно публиковался как минимум один патент.

В части конструкций систем беспилотного движения КС Япония стала патентовать с 2013 г. (см. рис. 5), и за 10 лет опубликовано 27 патентных документов. За рассматриваемый период первые конструкции систем беспилотного движения КС были опубликованы в США в 2001 г.

С патентованием конструкций цифровых систем диспетчеризации (см. рис. 6) ситуация схожа с системами беспилотного движения КС. Лидирует Япония, где опубликован

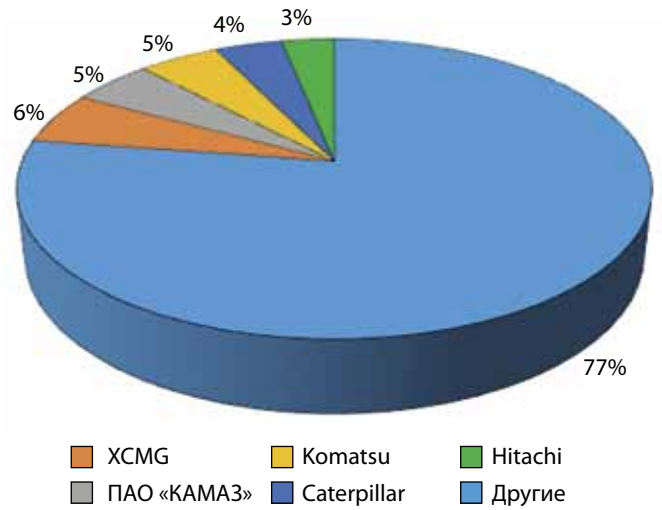


Рис. 7. Патентообладатели в рассматриваемой области поиска
 Fig. 7. Patent holders in the search area under consideration

в 2001 г. первый патент за рассматриваемый период. Китай с 2020 г. начал активные работы в части конструкций цифровых систем диспетчеризации.

Анализ патентообладателей выявленных патентных документов показал, что 23% (рис. 7) из всей полученной базы патентов принадлежат пяти крупным мировым компаниям по производству карьерных самосвалов.

Наиболее значимые в данной области поиска патентообладатели по количеству: Xuzhou XCMG Mining

Machinery Co Ltd (Китай) – 44 патента, Komatsu MFG CO LTD (Япония) – 38 патентов, Hitachi Construction Machinery (Япония) – 38 патентов, ПАО «КАМАЗ» (Россия) – 32 патента, Caterpillar Inc (США) – 25 патентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Прослеживая тенденции патентования в области конструкций карьерных самосвалов, систем беспилотного движения карьерного самосвала и цифровых систем диспетчеризации угольного карьера, можно выделить следующее:

- стабильное повышение патентования конструкций КС, систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации;
- преобладающим патентованием являются конструкции КС;
- с 1999 г. повышение интереса к совершенствованию конструкции всех систем КС;
- основное направление развития конструкций КС вызвано необходимостью увеличения надежности конструкции, а также повышения эффективности эксплуатации.
- системы беспилотного движения КС и цифровые системы диспетчеризации начали патентоваться только с 2008 г., что в свою очередь говорит о начале работ в данных направлениях;
- в ближайшие пять лет прогнозируется повышение числа опубликованных патентов в части конструкций КС до уровня 2021 г. и активное увеличение патентования конструкций систем беспилотного движения КС и цифровых систем диспетчеризации;
- возрастающие потребности горнодобывающей отрасли в перевозках больших объемов сыпучих материалов привели к интенсивной разработке мировыми производителями самосвальной техники беспилотных вариантов для этих перевозок;
- в части патентования конструкций КС лидирует Китай;
- в части конструкций систем беспилотного движения и цифровых систем диспетчеризации лидирует Япония;
- 23% от всей полученной базы патентов принадлежат пяти крупным мировым компаниям по производству КС.

Список литературы

1. ГОСТ Р 15.011-96 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200264> (дата обращения: 15.05.2023).
2. Zattoni M., Legname G. Tackling prion diseases: a review of the patent landscape // *Expert Opin Ther Pat.* 2021. 31 (12):1097-1115. DOI: 10.1080/13543776.2021.1945033.
3. Greenberg A., Grewal M., Cohen A. Patent landscape of brain-machine interface technology // *Nat Biotechnol.* 2021. Vol. 39. No. 10. P. 1194-1199. DOI: 10.1038/s41587-021-01071-7.
4. A review of the publication and patent landscape of anode materials for lithium ion batteries / N. Sick, O. Krätzig, E. Figgemeier et al. //

- The Journal of Energy Storage. 2021. Vol. 43. P. 103231. DOI: 10.1016/j.est.2021.103231.
5. Santos-Gandelman J., Machado Silva A., Rodrigues M.L. Future perspectives for cryptococcosis treatment // *Expert Opin Ther Pat.* 2018. Vol. 28. No. 8. P. 625-634. DOI: 10.1080/13543776.2018.1503252.
6. Barsh R. How do you patent a landscape? The perils of dichotomizing cultural and intellectual property // *International Journal of Cultural Property.* 1999. Vol. 8. No. 1. P. 14-47. DOI: 10.1017/S0940739199770608.
7. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine / D. Kouziyev, A. Krivenko, D. Chezganova et al. // *E3S Web of Conferences.* 2019. No 105. 03014. DOI: 10.1051/e3sconf/201910503014.
8. Klement'eva I.N., Kuziev D.A. Actual status and prospects for future development of surface miners, designed for blastless lit-by-lit excavation of solid rock // *Mining Informational and Analytical Bulletin.* 2019. No 2. P. 123-128.
9. ГОСТ Р 15.011-22 Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Патентные исследования. Содержание и порядок проведения. [Электронный ресурс]. URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/78165/> (дата обращения: 15.05.2023).
10. 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.
11. Дубинкин Д.М., Голофастова Н.Н. Возможности повышения конкурентоспособности России в обеспечении экологичности работы карьерных самосвалов // *Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии.* 2022. № 10. С. 95-99.
12. 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.
13. 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.
14. Соболев А.А., Андрющенко А.С. Анализ технологической схемы транспортировки горных пород с использованием беспилотных карьерных самосвалов // *Механика XXI века.* 2020. № 19. С. 33-37.
15. Соболев А.А. Анализ опыта применения беспилотных карьерных самосвалов // *Горный журнал.* 2020. № 4. С. 51-55. DOI: 10.17580/gzh.2020.04.10.
16. Стенин Д.В. Перспективы развития производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых // *Горное оборудование и электромеханика.* 2019. № 6. С. 3-8. DOI: 10.26730/1816-4528-2019-6-3-8.
17. Воронов А.Ю., Дубинкин Д.М., Воронов Ю.Е. Обзор моделей диспетчеризации карьерного автотранспорта // *Горная промышленность.* 2022. № 6. С. 111-121. DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121.

Original Paper

UDC 622.271 © D.M. Dubinkin, V.V. Aksenov, D.A. Pashkov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 6, pp. 72-79
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-72-79>

Title TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF UNMANNED MINING DUMP TRUCKS

Authors

Dubinkin D.M.¹, Aksenov V.V.¹, Pashkov D.A.¹

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Dubinkin D.M., PhD (Engineering), Leading Researcher Associate, Digital Technologies Research Center, e-mail: ddm.tm@kuzstu.ru
Aksenov V.V., Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher, Digital Technologies Research Center, e-mail: 55vva42@mail.ru
Pashkov D.A., PhD (Engineering), Senior Researcher, Digital Technologies Research Center, e-mail: pashkovda@kuzstu.ru

Abstract

The article presents the world level of technology in the fields of mining dump trucks, unmanned traffic systems and digital dispatching systems, identifies trends in their development obtained during patent research on the event on the topic: "Development and creation of an unmanned shuttle-type dump truck with a lifting capacity of 220 tons." The analysis of patents is carried out according to the dynamics and geography of patenting. The main copyright holders in the search area under consideration have been identified. Based on the results of the analysis of the identified protected technical solutions, a forecast of the development of dump truck designs, unmanned traffic systems and digital dispatch systems has been built. The increasing needs of the mining industry in the transportation of large volumes of bulk materials have led to the intensive development of unmanned options for these shipments by world manufacturers of dump trucks.

Keywords

Mining, Open-pit mining, Dump truck, Patent research, Development trends.

References

- GOST R 15.011-96 System of product development and production (SRPP). Patent research. The content and procedure of the event. [Electronic resource]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/5200264> (accessed 15.05.2023).
- Zattoni M. & Legname G. Tackling prion diseases: a review of the patent landscape. *Expert Opin Ther Pat*, 2021, 31 (12):1097-1115.2021. DOI: 10.1080/13543776.2021.1945033.
- Greenberg A., Grewal M. & Cohen A. Patent landscape of brain-machine interface technology. *Nat Biotechnol*, 2021, Vol. 39, (10), pp. 1194-1199. DOI: 10.1038/s41587-021-01071-7.
- Sick N., Krätzig O., Figgemeier E. & Eshetu G.G. A review of the publication and patent landscape of anode materials for lithium ion batteries. *The Journal of Energy Storage*, 2021, (43), pp. 103231. DOI: 10.1016/j.est.2021.103231.
- Santos-Gandelman J., Machado Silva A. & Rodrigues M. L. Future perspectives for cryptococcosis treatment. *Expert Opin Ther Pat*, 2018, Vol. 28, (8), pp. 625-634. DOI: 10.1080/13543776.2018.1503252.
- Barsh R. How do you patent a landscape? The perils of dichotomizing cultural and intellectual property. *International Journal of Cultural Property*, 1999, Vol. 8, (1), pp. 14-47. DOI: 10.1017/S0940739199770608.
- Kouziyev D., Krivenko A., Chezganova D. & Blumensteiu V. Sensing of dynamic loads in the open-cast mine combine. E3S Web of Conferences, 2019, (105), 03014. DOI: 10.1051/e3sconf/201910503014.
- Klement'eva I.N. & Kuziev D.A. Actual status and prospects for future development of surface miners, designed for blastless lit-by-lit excavation of solid rock. *Mining Informational and Analytical Bulletin*, 2019, (2), pp. 123-128.
- GOST R 15.011-22 System of product development and production (SRPP). Patent research. The content and procedure of the event. [Electronic resource]. Available at: <https://internet-law.ru/gosts/gost/78165> (accessed 15.05.2023).

- Ismailova Sh.Ya. & Zakrasovsky D.I. Application of 3D-scanning technology in the creation of quarry dump trucks. *Technika 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. Opportunities to increase the competitiveness of Russia in ensuring the environmental friendliness of the work of dump trucks. *Konkurentosposobnost v globalnom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii*, 2022, (10), pp. 95-99. (In Russ.).
- Voronov A.Yu., Horeshok A.A., Voronov Yu.E. et al. Optimization of parameters of excavator-automobile complexes of sections. *Gornaya promyshlennost*, 2022, (5), pp. 92-98. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2022-5-92-98.
- 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 up to 240 tons. *Technika i tekhnologiya gornogo dela*, 2022, (3), pp. 25-40. (In Russ.). DOI: 10.26730/2618-7434-2022-3-25-40.
- Sobolev A.A. & Andryushchenko A.S. Analysis of the technological scheme of rock transportation using unmanned mining dump trucks. *Mechanika XXI veku*, 2020, (19), pp. 33-37. (In Russ.).
- Sobolev A.A. Analysis of the experience of using unmanned mining dump trucks. *Gornyj zhurnal*, 2020, (4), pp. 51-55. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2020.04.10.
- Stenin D.V. Prospects for the development of production of autonomous heavy platforms for unpopulated mining. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*, 2019, (6), pp. 3-8. (In Russ.). DOI: 10.26730/1816-4528-2019-6-3-8.
- Voronov A.Yu., Dubinkin D.M. & Voronov Yu.E. Overview of models of dispatching of quarry vehicles. *Gornaya promyshlennost*, 2022, (6), pp. 111-121. (In Russ.). DOI: 10.30686/1609-9192-2022-6-111-121.

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., Aksenov V.V. & Pashkov D.A. Trends in the development of unmanned mining dump trucks. *Ugol'*, 2023, (6), pp. 72-79. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-6-72-79.

Paper info

Received April 18, 2023

Reviewed May 10, 2023

Accepted May 26, 2023