

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

**Аннотация:** В статье обосновывается необходимость разработки научных основ создания систем тяжелых платформ для открытых горных работ. Показаны основные производители карьерной техники, предназначенной для добычи полезных ископаемых открытым способом. Представлен комплексный проект «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжёлых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"». Для постановки цели и задач исследования обоснованы основные предпосылки к разработке и созданию тяжелых платформ. Сделаны выводы о подтверждении необходимости в разработке и создании тяжелых платформ.

**Ключевые слова:** карьерный самосвал, горнопромышленный транспорт, тяжелая платформа, горные машины, добыча полезных ископаемых.

**Информация о статье:** принята 20 августа 2020 г.  
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64

Автомобильный транспорт нашел широкое применение в сравнении с другими видами транспортировки полезных ископаемых. Достоинством такого вида транспортировки является: высокая маневренность; преодоление больших уклонов и мобильность. Автомобильная техника для горнодобывающей промышленности должна обеспечивать транспортировку тяжелых материалов в больших объемах при минимально возможных затратах. Горнодобывающие предприятия заинтересованы в приобретении мощных, надежных и выносливых карьерных самосвалов (тяжелых платформ) с особо прочной несущей системой (рамой), грузовой платформой и агрегатами шасси, способными работать безотказно 24 часа в сутки. Конкуренция в этом секторе рынка, в том числе и в России, достаточно велика. С каждым годом конструкция автомобилей совершенствуется с целью повышения технико-эксплуатационных параметров.

Применение автотранспорта в горном деле подтверждает его высокие технико-экономические показатели при использовании в сложных условиях: глубокое или сложное залегание полезных ископаемых, разработка месторождений с ограниченными запасами (при ограничении размеров в плане до 2,5 км) или малым сроком эксплуатации. Автотранспорт рационально использовать в карьерах с небольшими объемами производства (примерно 50–90 млн. т / год) при расстоянии транспортировки грузов 3–5 км [1–4]. В настоящий момент в мире насчитывается около 29000 работающих внедорожных карьерных самосвалов с грузоподъемностью более 90 т.

Крупные карьерные самосвалы, имеющие оригинальную конструкцию всех элементов и относительно невысокую серийность, обладают высокой ценой, ограниченностью зон эксплуатации как в груженом состоянии, так и в порожнем и не всегда являются оптимальными для карьерных работ, особенно при эксплуатации в малых и средних карьерах. Вопрос рентабельности использования таких карьерных самосвалов всегда остро стоит перед горнодобывающими предприятиями.

Тенденция изменения структуры парка карьерных самосвалов в России соответствует общей мировой тенденции на увеличение единичной мощности карьерной техники. В России при добыче полезных ископаемых открытым способом на транспортных и вскрышных работах применяются карьерные самосвалы ведущих фирм, таких как Komatsu (Япония) (рис. 1), Hitachi (Япония) (рис. 2), XCMG (КНР) (рис. 3), SANY (КНР) (рис. 4), Veiml (Индия) (рис. 5), БелАЗ (Беларусь) (рис. 6), Terex (UK) (рис. 7), Liebherr (Германия) (рис. 8), VOLVO (Швеция) (рис. 9), Perlini (Италия) (рис. 10), Caterpillar (США) (рис. 11) и др. [1–4].

В настоящее время в России на угольных разрезах и в карьерах эксплуатируется около 7200 единиц подвижного состава марки БелАЗ. Лидирующее место в общем объеме отгрузки ОАО «БелАЗ» (управляющая компания холдинга «БелАЗ-холдинг») в 2019 г заняли карьерные самосвалы грузоподъемностью 110–130 т – 27%, 220–240 т – 24% и 45 т – 13%. Суммарная доля данных классов грузоподъемности составила 64%, при этом самой продаваемой моделью стал БЕЛАЗ-



Рис. 1. Карьерный самосвал Komatsu HD785-7.  
Fig. 1. Dump truck Komatsu HD785-7.



Рис. 2. Карьерный самосвал Hitachi EH 1600.  
Fig. 2. Dump truck Hitachi EH 1600.



Рис. 3. Карьерный самосвал XCMG - XDM91.  
Fig. 3. Dump truck XCMG - XDM91.



Рис. 4. Карьерный самосвал SANY - SRT95C.  
Fig. 4. Dump truck SANY - SRT95C.

75131, на ее долю приходится 23% от общего объема реализации техники [5].

В 2011 г. в России начато производство карьерного самосвала Caterpillar 773E



Рис. 5. Карьерный самосвал Beil BH100.  
Fig. 5. Dump truck Beil BH100.



Рис. 6. Карьерный самосвал БелАЗ 7557.  
Fig. 6. Dump truck BelAZ 7557.



Рис. 7. Карьерный самосвал Terex.  
Fig. 7. Dump truck Terex.



Рис. 8. Карьерный самосвал Liebherr T264.  
Fig. 8. Dump truck Liebherr T264.

грузоподъемностью 54 т на заводе Caterpillar в г. Тосно. Практически одновременно в Ярославле на заводе японской Komatsu начат выпуск карьерного самосвала HD785-7 грузоподъемностью



Рис. 9. Карьерный самосвал VOLVO R100E.  
Fig. 9. Dump truck VOLVO R100E.



Рис. 10. Карьерный самосвал Perlini DP905WD.  
Fig. 10. Dump truck Perlini DP905WD.



Рис. 11. Карьерный самосвал Caterpillar 777D.  
Fig. 10. Dump truck Caterpillar 777D.

91 т. В 2012-2013 гг. с конвейера сошли первые машины. Российский холдинг «Русские Машины» совместно с американской компанией Terex Corporation в 2012 г. учредил совместное предприятие «RM-Terex». На базе завода ЗАО «ЧСДМ», входящего в «Русские Машины», организовано сборочное производство модели карьерного самосвала Terex TR100-RM грузоподъемностью 91 т. Первые машины были поставлены на рынок в 2012 г. Таким образом начиная с 2011 г. объем рынка формируется не только импортными поставками самосвалов в Россию, но и внутренним производством. К наиболее емким сегментам рынка по грузоподъемности следует отнести 30–60 т, 90–100 т, 120–150 т и 218–240 т [1-5].

В 2019 г. сформирована заявка для участия конкурсе по отбору организаций на право получения субсидий на реализацию комплексных проектов по созданию высокотехнологичного

производства, проводимого в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 апреля 2010 г. № 218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства», на тему «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"». В комплексном проекте головной исполнитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», индустриальный партнер Публичное акционерное общество «КАМАЗ» и соисполнитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)». 1 ноября 2019 г. в Минобрнауки подвели итоги конкурса по кооперации вузов, науки и реального сектора, и объявил результаты одиннадцатой очереди, где было отмечено, что проект на тему «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"» вошел в число победителей.

Данный комплексный проект является пилотным в России, связанный с автомобилестроением (горными машинами) и направлен на разработку и создание автономных тяжелых платформ.

Результаты исследований и разработок, полученные в рамках комплексного проекта «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"», соответствуют приоритетам (важнейшим направлениям) научно-технологического развития, обозначенным в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, в том числе решают задачи: перехода к цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, созданию систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. Разрабатываемая в рамках комплексного проекта продукция соответствует Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, а также Федеральной научно-технической программы развития угольной промышленности России на период до 2035 года.

В результате проведенных НИОКТР будут созданы:

- опытный образец автономной тяжелой платформы для использования в системе «Умный

Таблица 1. Состав тяжелой платформы.

Table 1. Heavy platform composition.

Изделия, узлы и агрегаты Российского производства	Изделия, узлы и агрегаты зарубежного производства
<ul style="list-style-type: none"> <li>– несущая система;</li> <li>– грузовая платформа;</li> <li>– ведомый и ведущий мост;</li> <li>– установка трансмиссии электромеханической;</li> <li>– редуктор электромотор-колеса;</li> <li>– подвеска;</li> <li>– установка кабины;</li> <li>– система смазки;</li> <li>– система гидравлическая;</li> <li>– система пневматическая;</li> <li>– система пожаротушения;</li> <li>– низковольтное электрооборудование</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– двигатель и его системы;</li> <li>– тормозная система;</li> <li>– элементы несущей системы;</li> <li>– шины;</li> <li>– колесный диск, ободья</li> </ul>

карьер» при добыче полезных ископаемых открытым способом без присутствия людей;

– система «Умный карьер» с возможностью использования в условиях горнодобывающих предприятий, использующих открытый способ добычи полезных ископаемых без присутствия людей;

– высокотехнологичное производство тяжелой платформы с системой автономного управления движением.

Создание автономной тяжелой платформы является актуальным проектом, при реализации которого необходимо решить следующие задачи:

– разработать и создать автономную тяжелую платформу, преимуществами которой являются: низкие затраты на топливо; экологичность, за счет снижения токсичности отработавших газов; увеличенный ресурс транспортного средства; повышение уровня безопасности при возникновении аварии; повышение производительность труда, путем применения безлюдных технологий;

– разработать программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий автономность работы тяжелой платформы;

Научная новизна проекта заключается в разработке и создании автономной тяжелой платформы, применяемой в условиях горнодобывающих предприятий при открытом способе добычи полезных ископаемых без присутствия людей.

На сегодняшний день в мире отсутствуют бескабинные автономные тяжелые платформы (беспилотные карьерные самосвалы), применяемые добывающими компаниями, в серийных исполнениях. Имеются лишь прототипы-аналоги и многие компании в России и мире занимаются НИОКР по созданию подобной автотехники [6].

Анализ географического расположения изготовления тяжёлых платформ (карьерных самосвалов) [1-6], показывает, что в России отсутствуют отечественные производители тяжёлой карьерной техники – все применяемые в карьерах автосамосвалы либо белорусского производства (БЕЛАЗ), либо производителей дальнего зарубежья, таких как Komatsu, Hitachi, XCMG, SANY, Bvml, Terex, Liebherr, VOLVO, Perlini, Caterpillar

и др. Следовательно, реализация данного комплексного проекта направлено на импортозамещение с одной стороны, а с другой – на создание актуальной для предстоящего технологического уклада продукции в России. Поэтому для России стратегически важной задачей является создание отечественных тяжёлых платформ.

Автономная тяжелая платформа будет иметь ключевые отличия [7-15], от существующих карьерных самосвалов, в том числе по конструктивному исполнению:

- рамы (несущей системы);
- грузовой платформы (угольной и породной);
- ходовой части: ведомого моста и ведущего моста.

При выполнении работ проекта понадобятся новые идеи по компоновке конструкции, расчеты (как прочностные, так и тягово-динамические), математическое моделирование движения и имитационное моделирование тяжелой платформы. Рама автономной тяжелой платформы будет рассчитана на большие нагрузки, а элементы несущей системы, будут иметь отличительные от других карьерных самосвалов, способы крепления к раме. Кроме того, будет применена другая схема расположения колес [9, 11], что также будет являться значительным отличием конструкции автомобиля. В конструкции тяжелой платформы будут применяться как унифицированные, так оригинальные изделия, узлы и агрегаты Российского и зарубежного производства (табл. 1).

Аналитический обзор и анализ современной научной-технической, нормативной, методической литературы, относящейся к исследованиям конструкции, разработки и эксплуатации карьерных самосвалов грузоподъемностью свыше 30 т отечественных производителей показал, что в настоящее время отсутствуют научные основы создания систем тяжёлых платформ для открытых горных работ, поэтому разработка научно-методического обеспечения и научно-практических работ является актуальной задачей.

Таким образом, учитывая все выше сказанное, видно, что существует необходимость:

– создания отечественных тяжелых платформ для карьеров;

– в разработке научных основ создания систем тяжелых платформ для открытых горных работ.

Принимая во внимание, что тяжелые платформы будут разрабатываться с чистого листа, то это наукоемкая работа, результатом которой должен стать новая пилотная и беспилотная тяжелая платформа (карьерный автосамосвал), с учетом стратегии импортозамещения. Кроме того, такой карьерный самосвал должен стать отправной точкой в Российской Федерации для создания ниши семейства тяжелых платформ!

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения № 075-11-20 19-034 от 22.11.2019г. с ПАО "КАМАЗ" по комплексному проекту «Разработка и создание высокотехнологичного производства автономных тяжелых платформ для безлюдной добычи полезных ископаемых в системе "Умный карьер"», при участии ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» в части выполнения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Логвинов М. И. Состояние, проблемы развития и перспективы освоения угольной сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2017, №. 3, С. 52-61.

2. Открытые горные работы – XXI век. Справочник. Том 1 / Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. и другие. Под ред. Анистратова К.Ю.: М., ООО «Система максимум», 2019. 640 с.: ил.

3. Открытые горные работы – XXI век. Справочник. Том 2 / Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю. и другие. Под ред. Анистратова К.Ю.: М., ООО «Система максимум», 2019. 872 с.: ил.

4. Карьерный автотранспорт стран СНГ в XXI веке / П.Л. Мариев, А.А. Кулешов, А.Н. Егоров, И.В. Зырянов - СПб.: Наука, 2006. - 387 с.

5. Самой продаваемой моделью БЕЛАЗа за 2019 год стал карьерный самосвал БелАЗ-75131 – [www.https://news.ati.su/news/2020/01/30/samoy-prodavayemoy-modelyu-belaza-za-2019-god-stal-karernyy-samosval-belaz-75131-052300/vali\\_v\\_dekabre\\_2019.html](https://news.ati.su/news/2020/01/30/samoy-prodavayemoy-modelyu-belaza-za-2019-god-stal-karernyy-samosval-belaz-75131-052300/vali_v_dekabre_2019.html)

6. Дубинкин Д.М. Современное состояние техники и технологий в области автономного управления движением транспортных средств

угольных карьеров // Горное оборудование и электромеханика – 2019. – № 6 (146). – С. 8-15.

7. Дубинкин Д.М., Садовец В.Ю., Котиев Г.О., Карташов А.Б. Исследование процесса транспортирования вскрышных пород и угля на разрезах // Техника и технология горного дела. – 2019. – № 4 (7). – С. 50-66.

8. Хорешок А.А., Кульпин А.Г., Кульпина Е.Е. Управление ресурсом шин как фактор повышения эффективности работы карьерных самосвалов / Горное оборудование и электромеханика, 2009. №5. С. 45-47.

9. Дубинкин Д.М., Карташов А.Б., Арутюнян Г.А. Обоснование количества и типа размера шин для беспилотных карьерных самосвалов // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 3 (148). – С. 25-33.

10. Карташов А.Б., Косицын Б.Б., Котиев Г.О., Дубинкин Д.М., Назаренко С.В. Метод определения энергоэффективного закона движения карьерного автосамосвала // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 3 (148). – С. 11-24.

11. Dmitry Dubinkin, Alexander Kulpin, and Dmitry Stenin. Justification of the Number and Type of Tire Size for a Dump Truck with a Lifting Capacity from 90 to 130 Tons // Vth International Innovative Mining Symposium: E3S Web of Conferences. 174, 03015 (2020).

12. Alexander Kartashov, Boris Kositsyn, George Kotiev, Sergey Nazarenko, and Dmitry Dubinkin. Ensuring Energy Efficiency and Safety of the Cyclic Operation of the Mining Dump Truck // Vth International Innovative Mining Symposium: E3S Web of Conferences. 174, 03009 (2020).

13. Журавлев А. Г. Выбор рациональной грузоподъемности карьерных автосамосвалов для конкретных условий транспортирования // Транспорт Урала, 2014, №4, С. 96-101.

14. Кулешов А.А., Пурэвтогтох Б., Мангал С. Математическая модель расчёта скорости движения карьерных автосамосвалов // Известия вузов. Горный журнал. – 1992. – №2. – С. 86-90.

15. Dmitry Dubinkin, Vladimir Sadovets, Ilya Syrkin, and Ivan Chicherin. Assessment of the Need to Create Control System of Unmanned Dump Truck // XVIII Scientific Forum “Ural Mining Decade” (UMD 2020): E3S Web of Conferences. 177, 03022 (2020).

16. Аксенов В.В., Бегляков В.Ю., Казанцев А.А., Вальтер А.В., Ефременков А.Б. Опыт участия в проекте по организации высокотехнологичного производства // Горное оборудование и электромеханика / М. – 2016. – № 8. – С. 8 – 15.

**Dmitriy M. Dubinkin**, C. Sc. in Engineering, Associate Professor

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

## JUSTIFICATION OF THE NEED TO CREATE HEAVY PLATFORMS FOR OPEN-PIT MINING

**Abstract:** The article substantiates the need to develop the scientific basis for creating systems of heavy platforms for open-pit mining. The main manufacturers of quarry equipment intended for open-pit mining are shown. The complex project "Development and creation of high-tech production of autonomous heavy platforms for unattended mining in the Smart Quarry system" is presented. To set the goal and task of the study, the main prerequisites for the development and creation of heavy platforms are justified. Conclusions are made about the confirmation of the need to develop and create heavy platforms.

**Keywords:** mining dump truck, mining transport, heavy platform, mining machine, mining.

**Article info:** received August 20, 2020  
DOI: 10.26730/1816-4528-2020-4-59-64

### REFERENCES

1. Logvinov M. I. (2017) State, problems of development and prospects of development of coal raw material base. Mineral resources of Russia. Economics and management. 3:52.
2. Open-pit mining – XXI century. Guide. Volume 1 / Anistratov Yu. I., Anistratov K. Yu. and others. Ed. Anistratova K. Yu.: M., OOO "System maximum", 2019. 640 p.: ill.
3. 5. Open-pit mining – XXI century. Guide. Volume 2 / Anistratov Yu. I., Anistratov K. Yu. and others. Ed. Anistratova K. Yu.: M., OOO "System maximum", 2019. 872 p.: ill.
4. Kar'ernyj avtotransport stran SNG v XXI veke / P.L. Mariev, A.A. Kuleshov, A.N. Egorov, I.V. Zyryanov - SPb.: Nauka, 2006. - 387 s.
5. The best-selling BelAZ model for 2019 was the BelAZ-75131 quarry dump truck – [www.https://news.ati.su/news/2020/01/30/samoy-prodavaemoy-modelyu-belaza-za-2019-god-stal-karernyy-samosval-belaz-75131-052300/vali\\_v\\_dekambre\\_2019.html](https://news.ati.su/news/2020/01/30/samoy-prodavaemoy-modelyu-belaza-za-2019-god-stal-karernyy-samosval-belaz-75131-052300/vali_v_dekambre_2019.html)
6. Dubinkin D.M. Current state of technics and technologies in the field of autonomous control movement vehicles of coal mine caree. Mining Equipment and Electromechanics, 2019, no. 6 (146), pp. 8-15.
7. Dubinkin D.M., Sadovets V.Yu., Kotiev G.O., Kartashov A.V. (2019) Overburden and coal transportation research at open pit mines, Journal of mining and geotechnical engineering, 4(7):50
8. Khoreshok A. A., Kulpin A. G., Kulpina E. E. Tire resource Management as a factor for improving the efficiency of quarry dump trucks / Mining Equipment and Electromechanics, 2009. no. 5. Pp. 45-47.
9. Dubinkin D.M., Kartashov A.B., Arutyunyan G.A. Justification of the number and type of tire size for unmanned dump truck. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.3 (148), pp. 25-33.
10. Kartashov A.B., Kositsyn B.B., Kotiev G.O., Dubinkin D.M., Nazarenko S.V. Method for determining the energy-efficient law of mining dump truck motion. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.3 (148), pp. 11-24.
11. Dmitry Dubinkin, Alexander Kulpin, and Dmitry Stenin. Justification of the Number and Type of Tire Size for a Dump Truck with a Lifting Capacity from 90 to 130 Tons // Vth International Innovative Mining Symposium: E3S Web of Conferences. 174, 03015 (2020).
12. Alexander Kartashov, Boris Kositsyn, George Kotiev, Sergey Nazarenko, and Dmitry Dubinkin. Ensuring Energy Efficiency and Safety of the Cyclic Operation of the Mining Dump Truck // Vth International Innovative Mining Symposium: E3S Web of Conferences. 174, 03009 (2020).
13. Zhuravlev, A. G. (2014) Selection of rational load capacity of quarry dump trucks for specific transportation conditions. Transport Of The Urals, (4):96.
14. Kuleshov A. A., Purevtogtokh B., Mangal S. Mathematical model for calculating the speed of movement of quarry dump trucks // University news. Gorny Zhurnal, 1992, no. 2, Pp. 86-90.
15. Dmitry Dubinkin, Vladimir Sadovets, Ilya Syrkin, and Ivan Chicherin. Assessment of the Need to Create Control System of Unmanned Dump Truck // XVIII Scientific Forum "Ural Mining Decade" (UMD 2020): E3S Web of Conferences. 177, 03022 (2020).
16. Aksenov V.V., Beglyakov V.Yu., Kazantsev A.A., Walter A.V., Efremkov A.B. Experience in participating in a project for organizing high-tech production / Mining Equipment and Electromechanics, 2016. no. 8. Pp. 8–15.

### Библиографическое описание статьи

Дубинкин Д.М. Обоснование необходимости создания тяжелых платформ для открытых горных работ // Горное оборудование и электромеханика – 2020. – № 4 (150). – С. 59-64.

### Reference to article

Dubinkin D.M. Justification of the need to create heavy platforms for open-pit mining. Mining Equipment and Electromechanics, 2020, no.4 (150), pp. 59-64.