УДК 622.271 https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-40-45

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ СОВМЕСТНО С МАШИНАМИ ПОСЛОЙНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Чебан А.Ю., Хрунина Н.П., Якименко Д.В.

Институт горного дела ДО РАН, Хабаровск, Россия

Аннотация

Актуальность и цель исследования. Появление новых и усовершенствованных горных машин, транспортного, бурового и погрузочного оборудования предопределяет изменение традиционных и внедрение новых технологических схем ведения открытых горных работ, в частности с использованием машин послойного фрезерования. Расширяется область применения комбинированного карьерного транспорта, при этом конвейер является магистральным транспортом, а автосамосвалы или выемочно-транспортирующие машины являются сборочным транспортом, подающим горную массу от нескольких карьерных комбайнов или фрезерных машин на перегрузочный пункт конвейера. Известны конструкции перегрузочных комплексов с приемными бункерами для перевалки горной массы из автосамосвалов на ленточные конвейеры. В случае если на карьере добычные участки, на которых задействованы фрезерные машины, расположены на различных расстояниях от перегрузочного пункта конвейерного транспорта, может быть экономически целесообразным вести выемочно-транспортировочные работы различными комплектами машин. Цель работы. Совершенствование технологии применения колесных скреперов в качестве сборочного транспорта для работы совместно с ленточными конвейерами, а также модернизация конструкции колесного скрепера для эффективной выемки и последующей перегрузки разрыхленной фрезерной машиной горной массы. Результаты. В статье анализируется возможность совершенствования комплекса горно-транспортного оборудования для работы совместно с фрезерными машинами. Предлагается на участках, расположенных вблизи перегрузочного комплекса, выемку и транспортировку горной массы вести посредством модернизированных колесных скреперов, а с удаленных участков выемку и транспортировку горной массы производить одноковшовыми погрузчиками и автосамосвалами. Модернизированный колесный скрепер оснащен активной заслонкой для интенсификации наполнения ковша горной массой на заключительном этапе загрузки и обеспечения высокого коэффициента наполнения ковша. Разгрузка скрепера осуществляется в приемные бункеры перегрузочного комплекса гравитационным способом посредством поворота ковша. Выводы. Выемка различными комплектами горного оборудования в зависимости от дальности транспортировки разрыхленной фрезерными машинами горной массы позволяет оптимизировать затраты на функционирование сборочного карьерного транспорта и повысить рентабельность горного производства.

Ключевые слова: фрезерные машины, горная масса, модернизированные колесные скреперы, автосамосвалы, перегрузочный комплекс, конвейерный транспорт.

Введение

Минерально-сырьевой комплекс является важной составляющей экономики России, выручка от продажи различных полезных ископаемых обеспечивает значительную часть валютных поступлений в страну [1–2]. Основной объем твердых полезных ископаемых добывается открытым способом, при этом глубина карьеров постепенно возрастает, в связи с чем увеличиваются затраты на транспортировку горной массы.

Появление новых и усовершенствованных горных машин, транспортного, бурового и погрузочного оборудования предопределяет изменение традиционных и внедрение новых технологических схем ведения открытых горных работ [3–6]. Перспективным направлением развития горных технологий является применение машин послойного фрезерования, позволяющих без применения буровзрывных работ вести выемку относительно прочных горных пород. Карьерными комбайнами и фрезерными машинами разрабатываются месторождения угля, бокситов, фосфоритов, известняков и многих других полезных ископаемых [7–10]. При этом прочностной диапазон горных пород, на которых могут высокопроизводительно и экономически оправдано работать машины послойного фрезерования, постепенно расширяется. В настоящее время подобное оборудование позволяет вести массовую выемку горных пород с прочностью на одноосное сжатие до 50–80 МПа, особенно эффективно применение машин послойного фрезерования на сложноструктурных месторождени-

© Чебан А.Ю., Хрунина Н.П., Якименко Д.В., 2018

ях, где буровзрывные работы нецелесообразны в связи с перемешиванием полезного ископаемого с пустыми породами.

Постановка проблемы

Карьерные комбайны обеспечивают фрезерование горных пород и погрузку горной массы в транспортное средство. Фрезерные машины в отличие от карьерных комбайнов не имеют погрузочных транспортеров и оставляют разрыхленную горную массу в отрытой траншее. Разработка массива горных пород рабочими органами карьерных комбайнов и фрезерных машин позволяет получить горную массу, которую без предварительной подготовки (первичного дробления) можно перемещать с использованием конвейерного транспорта. Поскольку машина послойного фрезерования перемещается по карьеру с относительно большой скоростью (до 15–20 м/мин) и при рыхлении полускальных и легко разрабатываемых скальных пород не обеспечивает производительность, достаточную для полной загрузки конвейера, то непосредственная погрузка отфрезерованной горной массы на конвейер в большинстве случаев не применяется. Обычно используется комбинированная схема, когда конвейер является магистральным транспортом, а автосамосвалы или выемочно-транспортирующие машины – сборочным транспортом, подающим горную массу от нескольких машин послойного фрезерования на перегрузочный пункт конвейера.

Карьерные комбайны в большинстве случаев работают совместно с автосамосвалами, недостатками данной технологической схемы являются простои комбайна при замене автосамосвалов под погрузку, а также простои комбайна в ожидании автосамосвалов. Фрезерные машины работают совместно с выемочно-транспортирующими машинами (колесными скреперами) или погрузочными машинами и автосамосвалами [11]. Для перевалки горной массы из автосамосвалов и скреперов на конвейерный транспорт применяются перегрузочные пункты, представляющие собой крупногабаритные конструкции, в виде мощных подпорных стенок или эстакад [12], однако строительство данных сооружений для удержания нагрузок от веса груженых автосамосвалов и колесных скреперов требует значительных капитальных затрат.

Известны перегрузочные комплексы, включающие поворотные приемные бункеры, расположенные с двух сторон от рамы, гидроцилиндры управления, просеивающую поверхность, питатель [13–14]. Приемные бункеры перегрузочных комплексов поочередно загружаются автосамосвалами и затем при подъеме гидроцилиндрами разгружают горную массу через просеивающую поверхность на питатель. Отдельные крупнокаменистые включения, оставшиеся на просеивающей поверхности, периодически удаляются в отвал.

В случае если на карьере добычные участки, на которых задействованы фрезерные машины, расположены на различных расстояниях от перегрузочного пункта конвейерного транспорта, может быть экономически целесообразным вести выемочно-транспортировочные работы различными комплектами машин. На ближних участках посредством колесных скреперов, а на удаленных участках одноковшовыми погрузчиками и автосамосвалами. Однако разгрузка колесных скреперов с принудительной выгрузкой горной массы посредством задней стенки при открытой передней заслонке в приемные бункеры перегрузочных комплексов невозможна, поскольку данные комплексы предназначены для работы с автосамосвалами, осуществляющими заднюю разгрузку. Расчеты показывают, что в зависимости от типоразмера транспортных средств и горнотехнических условий ведения работ рациональная область применения колесных скреперов в сравнении с комплектом машин экскаватор-автосамосвал может достигать до 0,9–1,4 км.

Целью работы является совершенствование технологии применения колесных скреперов в качестве сборочного транспорта для работы совместно с перегрузочными комплексами ленточных конвейеров, а также модернизация конструкции колесного скрепера для эффективной выемки и последующей перегрузки, разрыхленной фрезерной машиной горной массы.

Результаты исследований и их обсуждение

Институтом горного дела ДВО РАН предлагается усовершенствованная схема ведения выемки и транспортировки горной массы с применением фрезерных машин 1, модернизированных колесных скреперов 2, одноковшовых погрузчиков 3, автосамосвалов 4, перегрузочного комплекса 5 и ленточного конвейера 6 **(рис. 1)**.

Данная схема может быть использована при разработке месторождений известняков, мергелей, апатитов и некоторых других полезных ископаемых на выемке и транспортировке, как полезного ископаемого, так и пустых пород. Рыхление горных пород месторождения, для обеспечения необходимой производительности карьера и загрузки конвейера, одновременно ведется несколькими

фрезерными машинами 1. Для обеспечения минимальной себестоимости погрузочно-транспортных работ на участках 7, расположенных вблизи с перегрузочным комплексом, выемка из траншей разрыхленной горной массы ведется модернизированными колесными скреперами 2. С удаленных участков 8 горная масса транспортируется автосамосвалами 4, которые загружаются одноковшовыми погрузчиками 3. Вместимость кузовов автосамосвалов 4 и ковшей модернизированных колесных скреперов 2 одинакова. Модернизированные колесные скреперы 2 и автосамосвалы 4 поочередно могут разгружаться в любом из двух приемных бункеров 9, 10 перегрузочного комплекса 5.

Для улучшения заполнения ковша 1 разрыхленной фрезерной машиной 2 горной массой модернизированный колесный скрепер 3 оборудован активной заслонкой 4, перемещающейся на каретках 5 в криволинейных направляющих 6, расположенных на боковых стенках 7 ковша **(рис. 2)**.

Ковш 1 посредством кронштейнов 8 шарнирно закреплен на задней оси 9 скрепера, подъем-опускание ковша 1 осуществляется с помощью гидроцилиндров 10, установленных на тяговой раме 11, в транспортном положении ковш дополнительно удерживается посредством гидравлических фиксаторов 12. При заполнении ковша 1 скрепера гидроцилиндры 13 привода активной заслонки 4 выдвигаются и каретки 5 перемещаются в переднюю часть криволинейных направляющих 6, при этом активная заслонка 4 открывается. Одновременно гидроцилиндры 10 подъема-опускания ковша 1 втягиваются и переводят ковш 1 в положение для набора горной массы. Ковш 1 заполняется за счет силы тяги скрепера, на конечном этапе заполнения активная заслонка 4 посредством гидроцилиндров 13 закрывается, одновременно перемещая в ковш горную массу, находящуюся в призме волочения 14, образовавшейся перед ковшом 1, за счет чего обеспечивается высокий коэффициент наполнения ковша 1 горной массой.

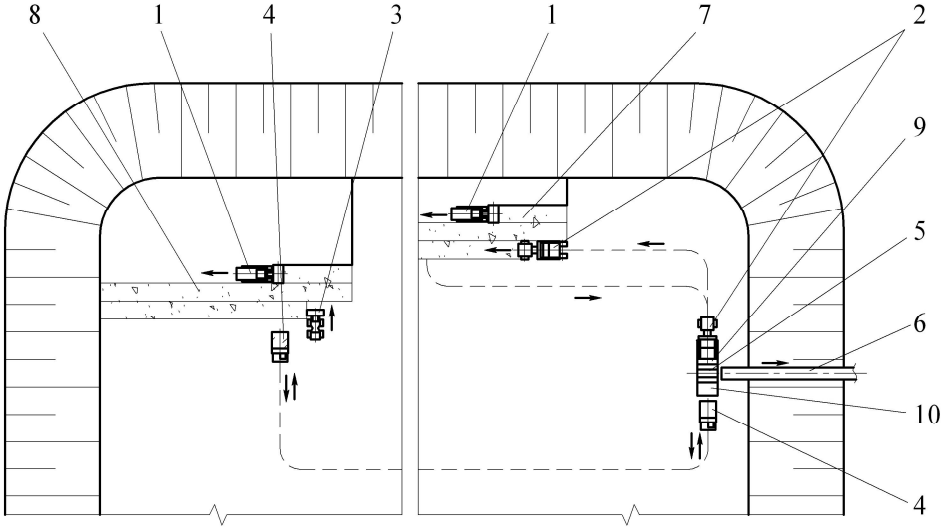

Рис. 1. Усовершенствованная схема ведения выемки и транспортировки горной массы

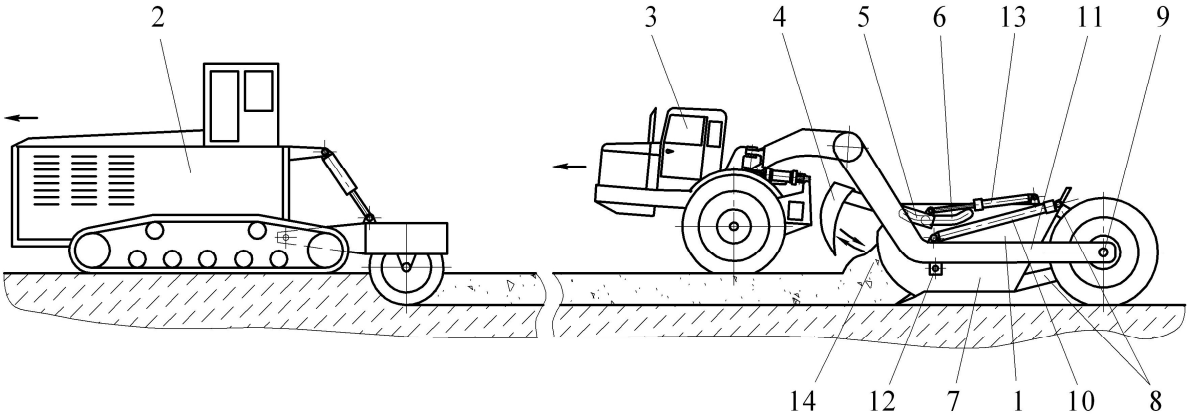

Рис. 2. Схема заполнения модернизированного колесного скрепера разрыхленной горной массой

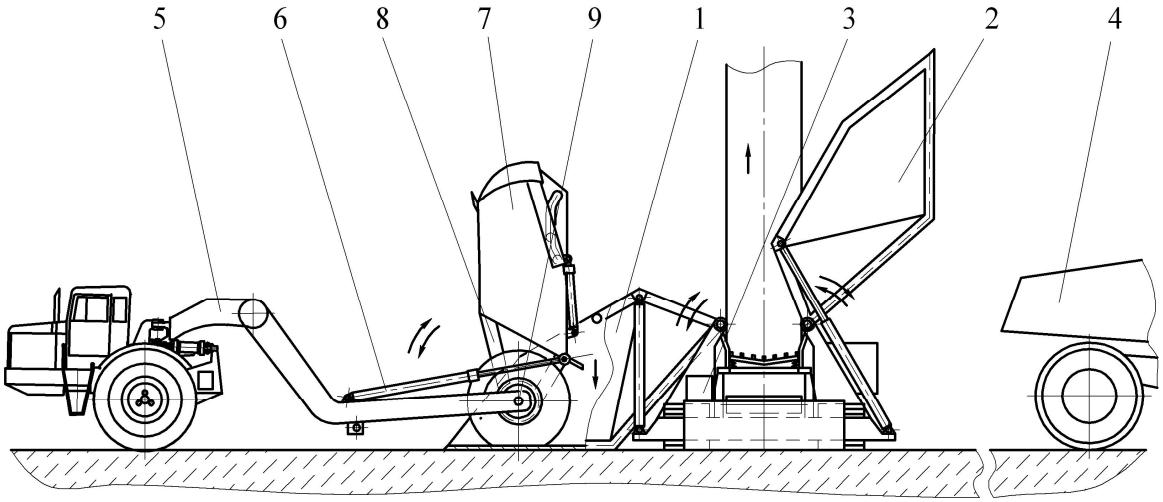

Рис. 3. Схема последовательной разгрузки транспортных средств в приемные бункеры перегрузочного комплекса

При разгрузке горной массы в приемные бункеры 1, 2 перегрузочного комплекса 3 автосамосвал 4 или модернизированный колесный скрепер 5 задним ходом частично въезжают в один из приемных бункеров **(рис. 3)**.

Для разгрузки ковша колесного скрепера гидроцилиндры 6 подъема-опускания ковша полностью выдвигаются, при этом ковш 7 скрепера на кронштейнах 8 поворачивается относительно задней оси 9, в результате чего происходит гравитационная разгрузка горной массы из ковша скрепера. После выгрузки горной массы транспортные средства выезжают из приемных бункеров перегрузочного комплекса 3.

Часовая производительность комплекса может быть определена по формуле

$$П = \frac{60Gn}{t},$$

где G – количество горной массы, перевозимой транспортным средством (автосамосвалом, колесным скрепером), т, предполагается, что вместимости ковша скрепера и кузова автосамосвала одинаковы; $n = 2$ – количество приемных бункеров перегрузочного комплекса (для увеличения производительности возможно использование комплекса с четырьмя приемными бункерами, расположенными по два с каждой из сторон перегрузочного комплекса); $t = 3 - 4$ мин – время одного цикла работы приемного бункера (складывается из времени маневрирования и разгрузки транспортного средства при заезде в бункер, подъема, разгрузки и опускания приемного бункера).

Как показывает анализ производственной деятельности отечественных предприятий, разрабатывающих месторождения известняков, основу парка автосамосвалов составляют машины номинальной грузоподъемностью 30–45 т. Для перемещения 35–40 т горной массы может быть использован после модернизации колесный скрепер ДЗ-13 с геометрической вместимостью ковша 21 м^3. Таким образом, при объеме горной массы в 40 т в кузове транспортного средства производительность перегрузочного комплекса с двумя приемными бункерами может составлять 1200–1500 т/ч.

Заключение

Совершенствование конструкций горного оборудования и технологических схем его применения позволяет снизить себестоимость ведения добычных и транспортных работ. Опыт развития горно-транспортных систем при разработке месторождений показывает эффективность комбинированного карьерного транспорта. Развитие схем перегрузочного процесса с использованием комплексов с приемными бункерами повышает технико-экономические показатели горного производства. Выемка различными комплектами горного оборудования в зависимости от дальности транспортировки разрыхленной фрезерными машинами горной массы позволяет оптимизировать эксплуатационные затраты на функционирование сборочного карьерного транспорта. Предлагаемая конструкция модернизированного колесного скрепера позволяет вести выемку горной массы из траншеи с высоким коэффициентом наполнения ковша и наравне с автосамосвалами осуществлять разгрузку в приемные бункеры перегрузочного комплекса.

Список литературы

1. Яковлев В.Л. Состояние, проблемы и пути совершенствования открытых горных разработок // Горный журнал. 2009. № 11. С. 11–14.
2. Мельников Н.Н., Бусырев В.М. Концепция ресурсосбалансированного освоения минерально-сырьевой базы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. 2005. № 2. С. 58–64.
3. Трубецкой К.Н., Корнилков С.В., Яковлев В.Л. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства // Горный журнал. 2012. № 1. С. 15–19.
4. Special equipment for quarry operations. Zement-Kalk-Gips Int. 2014, vol. 67, no. 10, p. 12.
5. Чебан А.Ю. Способ и оборудование для открытой разработки маломасштабных крутопадающих месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. № 3. С. 18–23.
6. Mobil Anlagen von Sandvik in Kasachstan. AT Miner. Process. Eur. 2015, vol. 56, no. 1–2, pp. 40–41.
7. Чебан А.Ю. Классификация технологических схем применения карьерных комбайнов // Системы. Методы. Технологии. 2015. № 2. С. 159–163.
8. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus / Russia. Zement-Kalk-Gips Int. 2014, vol. 67, no. 10, p. 18.
9. Швабенланд Е.Е. Применение послойно-порционной технологии добычи руды с использованием фрезерных комбайнов для рационального и комплексного освоения недр // Разведка и охрана недр. 2017. № 2. С. 38–42.
10. Drebenshtedt K., Pessler C. Calculation methods for mining machines. Materials of the international conference "Forum of miners – 2006". – D: National mining University, 2006, pp. 26–32.
11. Чебан А.Ю. Совершенствование безвзрывных циклично-поточных технологий добычи полезных ископаемых // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т.14. № 2. С. 5–9.
12. Санакулов К.С., Шелепов В.И. Глубокие вводы поточного звена ЦПТ в каптере «Мурунтау» // Рациональное освоение недр. 2011. № 4. С. 52–57.
13. Пат. 2084628 Российская Федерация, МПК E21C41/00. Погрузочное устройство / В.И. Слепян, А.Н. Пинчук, В.А. Дьяков, Е.Е. Гольдбухт, В.Е. Френкель; заявитель и патентообладатель В.И. Слепян №96 96101646; заявл. 30.01.1996, опубл. 20.08.1999.
14. Чебан А.Ю., Хрунина Н.П. Модернизация транспортно-перегрузочного оборудования при ведении открытых горных работ // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2017. Т.15. № 1. С. 10–14.

Поступила 22.05.18
Принята в печать 02.07.18

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-40-45

ENHANCED MINING AND HAULING EQUIPMENT COMPLEX TO BE USED TOGETHER WITH SURFACE MINERS

Anton Yu. Cheban – Senior researcher, Associate Professor
Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia.
E-mail: chebanay@mail.ru

Natalya P. Khrunina – Senior researcher
Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia.
E-mail: npetx@mail.ru

Dmitry V. Yakimenko – Postgraduate Student
Institute of Mining, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia.
E-mail: omts@intour.khv.ru.

Abstract

Relevance and Objectives. The emergence of new advanced mining machines, as well as conveying, drilling and loading equipment, predetermines changes in conventional opencast mining systems and introduction of new systems, in particular those relying on surface miners. Multi-purpose open pit transport finds an ever growing range of applications. At the same time, conveyors fall under the category of long-haul transport, while mine dump trucks or mining-and-hauling machines perform a gathering function as they collect rock from several surface miners and transport it to the transfer point of the conveyor. There are transfer systems that are equipped with receivers used to transfer rock from mine dump trucks onto belt conveyors. If production units that use surface miners are located at different distances from the conveyor transfer point, the use of various machinery sets may be feasible to support mining and hauling operations. Objective. The objective of this research is to optimise the use of wheel scrapers for collecting rock and unloading it on the belt conveyors and to optimise the design of such wheel scrapers to ensure efficient excavation and further transfer of rock loosened by a surface miner. Findings. This article examines the

possibility of enhancing the mining-and-hauling complex by adding surface mining machinery. It is proposed to use retrofitted wheel scrapers for rock excavation and transportation in the areas that are not far from the transfer point while using bucket loaders and dump trucks to excavate and move rock from remote areas. A wheel scraper of the newer design is equipped with an active blade designed to intensify the final stage of the filling process and ensure a high hopper fill factor. The scraper turns its hopper and the material tumbles out into the receiving hoppers of the transfer point due to gravitation effect. Conclusions. One can optimize the costs of running collecting machinery and enhance the profitability of mining operations due to the application of different sets of mining equipment depending on the haulage range when hauling rock loosened by surface miners.

Keywords: Surface miners, rock mass, retrofitted wheel scrapers, dump trucks, transfer point, conveyor transport.

References

1. Yakovlev V.L. Status, problems and optimization paths in opencast mining. *Gornyj zhurnal* [Mining Journal], 2009, no. 11, pp. 11–14. (In Russ.)
2. Melnikov N.N., Busyrev V.M. Resource-balanced development of the mineral resources base. *Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie* [Mineral resources of Russia. Economics and management], 2005, no. 2, pp. 58–64. (In Russ.)
3. Trubetskoy K.N., Kornilkov S.V., Yakovlev V.L. On new approaches to ensuring sustainable development in mining. *Gornyj zhurnal* [Mining Journal], 2012, no. 1, pp. 15–19. (In Russ.)
4. Special equipment for quarry operations. Zement-Kalk-Gips Int. 2014, vol. 67, no. 10, p. 12.
5. Cheban A.Yu. Method and equipment for opencast mining of small steeply dipping deposits *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2017, vol. 15, no. 3, pp. 18–23. (In Russ.)
6. Mobil Anlagen von Sandvik in Kasachstan. AT Miner. Process. Eur. 2015. vol. 56, no. 1–2, pp. 40–41.
7. Cheban A.Yu. Classification of surface miner operating procedures. *Sistemy. Metody. Tekhnologii* [Systems. Methods. Technologies], 2015, no. 2, pp. 159–163. (In Russ.)
8. Wirtgen surface mining for selective limestone mining in the North Caucasus / Russia. Zement-Kalk-Gips Int. 2014, vol. 67, no. 10, p. 18.
9. Schwabendland E.E. Use of surface miners for rational and integrated development of ore deposits. *Razvedka i okhrana nedr* [Exploration and conservation of mineral resources], 2017, no. 2, pp. 38–42. (In Russ.)
10. Drebenshtedt K., Pessler C. Calculation methods for mining machines. Materials of the international conference "Forum of miners – 2006". D: National mining University, 2006, pp. 26–32.
11. Cheban A.Yu. Enhancing the conveying technology in explosive-free mining. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2016, vol. 14, no. 2, pp. 5–9. (In Russ.)
12. Sanakulov K.S., Shelepov V.I. Implementation of continuous mining line at the Muruntau open pit. *Ratsionalnoe osvoenie nedr* [Mineral mining and conservation], 2011, no. 4, pp. 52–57. (In Russ.)
13. Slepyan V.I., Pinchuk A.N., Dyakov V.A., Goldbukht E.E., Frenkel V.E. *Pogruzochnoe ustroystvo* [Loader]. Patent RF, no. 2084628, 1999.
14. Cheban A.Yu., Khrunina N.P. Modernization of transportation and handling equipment in opencast mining. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2017, vol. 15, no. 1, pp. 10–14. (In Russ.)

Received 22/05/18
Accepted 02/07/18

Образец для цитирования

Чебан А.Ю., Хрунина Н.П., Якименко Д.В. Совершенствование комплекса горнотранспортного оборудования для работы совместно с машинами послойного фрезерования // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2018. Т.16. №3. С. 40–45. https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-40-45

For citation

Cheban A.Yu., Khrunina N.P., Yakimenko D.V. Enhanced mining and hauling equipment complex to be used together with surface miners. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2018, vol. 16, no. 3, pp. 40–45. https://doi.org/10.18503/1995-2732-2018-16-3-40-45