

А.С. Носенко, В.С. Исаков, А.А. Домницкий, В.В. Зубов

РАЗРАБОТКА ПОГРУЗОЧНО- ТРАНСПОРТНЫХ МОДУЛЕЙ В СОСТАВЕ ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Приведены технические решения погрузочно-транспортных модулей направленные на повышение эффективности работ при строительстве тоннелей с применением комбайновой или буровзрывной технологии. Разработанная конструкция погрузочного органа горнопроходческого комбайна позволяет регулировать высоту лучей над покрывным диском, захватывающую способность нагребующих звезд, производительность и энергоемкость процесса погрузки, снижая, при необходимости, нагрузку и этим повысить надежность работы горнопроходческой машины в целом. Процесс погрузки и транспортирования горной массы, при строительстве транспортных тоннелей, рассмотрен с учетом существенных отличий, в частности — цикличности. Обеспечить непрерывность процесса погрузки и повысить эффективность производства работ предложено применением бункер-перегрузателей которые, во время ожидания автомобиля служат накопителем горной массы, поступающей от проходческого комбайна, а в процессе загрузки автомобиля являются одновременно и накопителем, и перегружателем. Приведены новые конструктивные решения перегружателей на основе транспортирующих элементов с изменяемой геометрией и гидропривода поступательного действия.

Ключевые слова: горнопроходческое оборудование, непрерывность погрузки, перегружатель, погрузочное устройство, критерии эффективности эксплуатации.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-189-196

Научно-исследовательская работа, некоторые результаты которой приводятся в статье, направлена на повышение эффективности погрузочно-транспортных операций при строительстве тоннелей с применением комбайновой или буровзрывной технологии [1].

Проходческие комбайны КП200Т, КП21, 1ГПКС, производства ОАО «Копейский машиностроительный завод», применяемые в рассматриваемых технологиях, предназначены для механизации отбойки и погрузки горной массы при проведении горизонтальных и на-

клонных $\pm 12^\circ$ горных выработок, в шахтах, опасных по газу и пыли, при строительстве подземных сооружений и разработке рудных и не рудных месторождений полезных ископаемых. Их погрузочные органы имеют отдельные, кинематически не связанные гидроприводы и управление на каждый нагребующий элемент, и выполнены в виде звезд различной конструкции.

Все они состоят из питателя с установленными нагребующими звездами, вращающимися вокруг собственной оси. Нагребующая звезда состоит из втулки

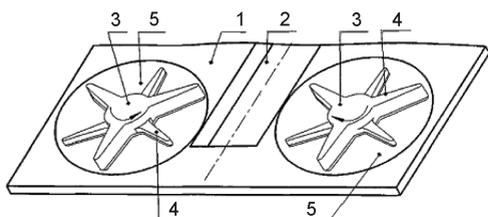


Рис. 1. Погрузочный орган

с закрепленными на ней нагребающими лучами равной высоты и различной формы. Выпускаемые в настоящее время погрузочные устройства с нагребающими звездами имеют от 3 до 7 нагребающих лучей. Нагребающая звезда с таким количеством лучей формирует непрерывный поток погружаемого материала.

К недостаткам данного погрузочного органа, согласно ряду проведенных исследований, можно отнести следующее. При работе нагребающих звезд, формируется порционный грузопоток материала, а производительность нагребающих звезд зависит от размеров, частоты их вращения и от характера заполнения рабочей зоны между лучами. Мощность, затрачиваемая на погрузку, пропорциональна количеству погружаемого материала и плотности горной массы. При погрузке горной массы большой плотности или объема, потребная мощность может значительно возрасти, что приводит к перегрузке привода погрузочного органа и комбайна в целом. Как следствие, снижается надежность работы горнопроходческой машины.

Техническим эффектом предложенного решения является устранение указанных недостатков, а именно повышение надежности комбайна за счет регулирования производительности погрузки.

Для достижения указанного технического эффекта предложено, в погрузочном органе, включающем питатель, приемный конвейер, расположенный по оси питателя, вращающиеся вокруг собственной оси нагребающие звезды с

установленными на них нагребающими лучами, обеспечить возможность перемещения звезд в осевом направлении относительно оси их вращения, а сами звезды с лучами снабдить покрывными дисками, опирающимися на питатель и защищающими от попадания погружаемого материала в механизм вращения дисков (рис. 1).

Такая конструкция погрузочного органа позволяет регулировать высоту лучей над покрывным диском, захватывающую способность нагребающих звезд, производительность и энергоемкость процесса погрузки, снижая, при необходимости, нагрузки и этим повысить надежность работы горнопроходческой машины в целом.

Позрузочный орган содержит питатель 1, приемный конвейер 2, расположенный по оси питателя и ниже плоскости питателя, нагребающие звезды 3, имеющие нагребающие лучи 4, причем нагребающие лучи могут перемещаться в питателе через отверстия диаметром больше диаметра описанной окружности по нагребающим лучам и покрывные диски 5 с проемами, опирающиеся на питатель и имеющие диаметр больше диаметра отверстия в питателе, а лучи нагребающих звезд, могут перемещаться в осевом направлении через проемы в покрывных дисках. Нагребающие звезды установлены с возможностью перемещения в осевом направлении относительно оси вращения звезды. Стрелками показаны направления движения элементов.

Позрузочный орган работает следующим образом. При вращении нагребающих звезд 3, материал захватывается лучами 4 звезды и перемещается к оси питателя 1, где падает и транспортируется приемным конвейером 2. При движении нагребающего луча 4 материал увлекается лучом к приемному конвейеру. При необходимости уменьшить погрузку

зочную способность погрузочной звезды ее утапливают относительно покрывного диска 5, для увеличения — выдвигают в противоположном направлении.

На предложенную конструкцию получено решение о выдаче патента на изобретение [2]. Использование изобретения позволит повысить эффективность погрузки материала нагрбающими звездами за счет регулирования погрузочной способности погрузочного органа.

Следует отметить, что процесс погрузки и транспортирования горной массы в этом случае, имеет существенное отличие — цикличность. Это связано с затратами времени на обмен транспортных средств периодического действия, например автосамосвалов. Обеспечить непрерывность процесса погрузки и повысить эффективность производства работ возможно, например, применением бункер-перегрузателей которые, во вре-

мя ожидания автомобиля служат накопителем горной массы, поступающей от проходческого комбайна, а в процессе загрузки автомобиля являются одновременно и накопителем, и перегружателем.

На протяжении многих лет, в Шахтинском институте ЮРГПУ(НПИ), ведутся работы, направленные на создание погрузочно-транспортных модулей, обладающих повышенными показателями ремонтпригодности, низкой энергоемкостью процесса погрузки и достаточной производительностью, на основе реализации нижнего способа захвата горной массы и обеспечения непрерывности грузопотока [3—6].

На рис. 2 представлены некоторые реализации разработок, на уровне опытно-экспериментальных образцов. К ним относятся:

- опытно-экспериментальный образец погрузочной машины с клиновыми

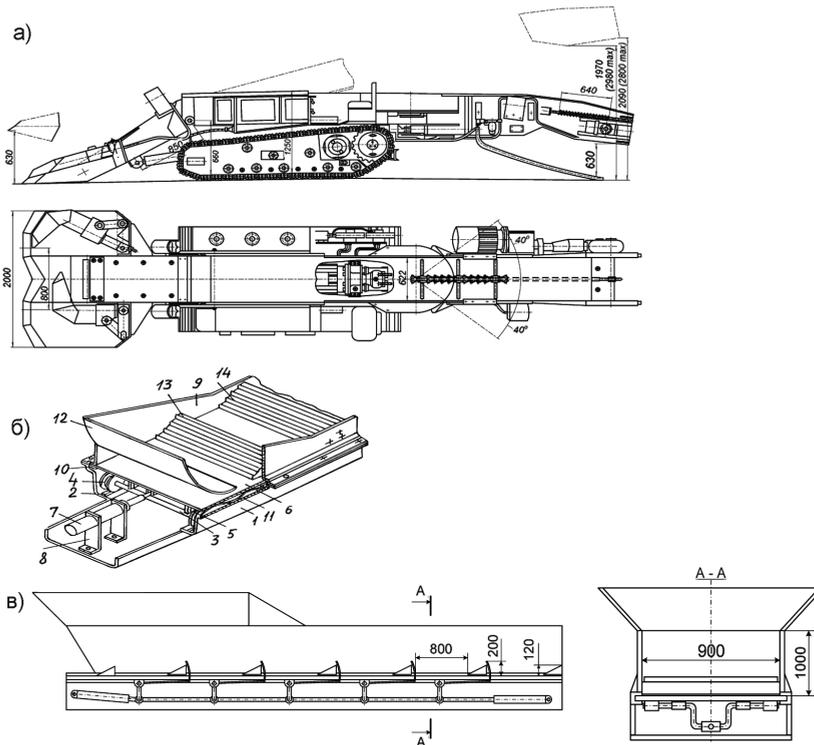


Рис. 2. Опытно-экспериментальные образцы погрузочно-транспортных модулей

нагребающими лапами и гидроприводом, созданном совместно с ОАО «Копейский машиностроительный завод» (рис. 2, а);

- опытно-экспериментальный образец перегружателя с клиновыми транспортирующими элементами и гидроприводом (рис. 2, б);

- опытно-экспериментальный образец перегружателя с изменяемой геометрией транспортирующих элементов и гидроприводом (рис. 2, в).

Испытания представленных образцов в стеновых и производственных условиях, кроме преимуществ, выявили проблемы, связанные с динамическими процессами, происходящими во время работы, в частности при реверсировании приводных гидроцилиндров [7].

Была уточнена математическая модель привода исследуемых конструкций. Расчеты позволили установить допустимые скорости движения (в пределах 0,1–0,2 м/с), при заданных режимах нагружения и приведенных массах. Основным результатом проведенных исследований является вывод, о необходимости снижения скоростных характеристик, при одновременном увеличении объемов единичного захвата для обеспечения заданной производительности.

Однако, реализация данного требования к конструкциям, приводит к увеличению их габаритов, в частности ширины погрузочно-транспортных модулей. Это приводит к проблемам при сопряжении их с автосамосвалами или другими транспортными средствами. Предложения и защищены патентами конструктивные решения, направленные на устранение указанных недостатков [8].

На рис. 3, а представлен погрузочный орган, содержащий питатель с бортами, клиновой нагребающий носок, силовые гидроцилиндры и передаточный конвейер, отличающийся тем, что нагребающий носок выполнен составным из

нескольких клиновых элементов, с возможностью размещения друг в друге, и, в свою очередь, кинематически связанных с силовыми гидроцилиндрами и бортами питателя.

Такая компоновка позволяет реализовать переменную ширину погрузочно-транспортного средства. Погрузочный орган состоит из питателя 1 трапецевидной формы с бортами 2, клинового нагребающего носка 3, который, в свою очередь, выполнен из нескольких (в данном случае из двух) клиновых нагребающих элементов 4 и 5, один из которых размещен в корпусе другого, с возможностью перемещения друг относительно друга. Клиновые элементы 4 и 5 кинематически соединены с силовыми гидроцилиндрами 6 посредством ползунов 7, размещенных в пазах, выполненных в бортах 2 питателя 1. В узкой части погрузочного органа расположен передаточный конвейер 8.

Позгрузочный орган работает следующим образом. Перед началом погрузки питатель 1 находится внутри штабеля крупнокускового сыпучего материала. Под воздействием силовых гидроцилиндров 6, посредством ползунов 7, клиновой нагребающий носок 3 перемещается внутри штабеля погружаемого материала в направлении от передаточного конвейера к передней кромке питателя с одновременным пересыпанием сыпучего материала через него. При этом клиновые элементы 4 и 5 совершают сложное движение: совместное, по питателю в сторону штабеля как единый клиновой нагребающий носок, и друг относительно друга (элемент 4 выходит из элемента 5).

При полном выдвигании штоков силовых гидроцилиндров 6 и, соответственно клинового носка, его ширина в поперечном сечении питателя 1 достигает своего максимального значения. В процессе втягивания штоков силовых

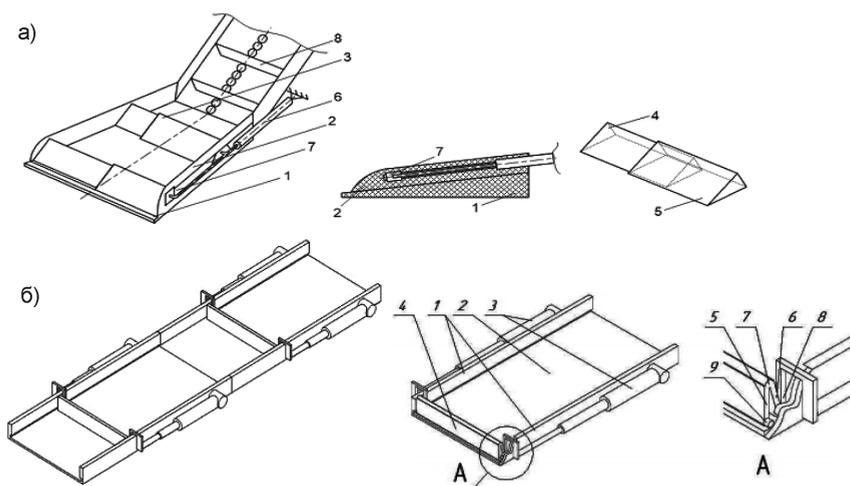


Рис. 3. Новые технические решения погрузочно-транспортных модулей

гидроцилиндров 6, клиновой нагребающей носок 3 перемещается в направлении передаточного конвейера 8, с одновременным проталкиванием порции погружаемого материала к конвейеру. Клиновые элементы совершают движение друг относительно друга (элемент 4 входит в элемент 5) и перемещаются в сторону конвейера 8 как единый клиновой нагребающий носок 3. При полностью втянутых штоках цилиндров 6 и, соответственно, в крайнем заднем положении клинового нагребающего носка, последний достигает своей минимальной ширины в поперечном сечении питателя. Таким образом, порция погружаемого материала полностью перемещается от передней кромки питателя 1 к передаточному конвейеру 8 без использования дополнительных узлов подачи материала при одновременном уменьшении длины погрузочного органа.

С целью повышения производительности и эффективности транспортирования сыпучих и кусковых материалов за счет исключения из конструкции конвейера неподвижных транспортирующих элементов и отсутствия возвратно-поступательного перемещения дна, разработан перегружатель, содержащий

продольные борты, днище, приводные силовые цилиндры, транспортирующие элементы отличающийся тем, что последние выполнены в виде двух пластин, шарнирно соединенных друг с другом. При этом, одна из пластин шарнирно соединена с приводными гидроцилиндрами, а вторая пластина кинематически связана с бортами конвейера (рис. 3, б).

Такая компоновка обеспечивает максимальную высоту транспортирующего элемента в процессе проталкивания материала, и минимальный (близкий к нулю) угол его наклона на холостом ходу.

Перегружатель состоит из продольных бортов 1, днища 2, установленного неподвижно относительно бортов, приводных силовых цилиндров 3, транспортирующих элементов 4, выполненных в виде двух пластин 5, 6, соединенных друг с другом посредством шарнира 7, при этом, пластина 5 шарнирно соединена с приводными гидроцилиндрами 3 скобами 8, а пластина 6 кинематически связана с бортами конвейера 1 роликами 9.

Работает следующим образом. Перед началом работы, приводные цилиндры 3 находятся в крайнем втянутом положении. При этом транспортирующие

элементы 4 находятся в «разложенном» состоянии, т.е. в состоянии, когда пластины 5 и 6 располагаются в плоскости днища конвейера 2. В процессе работы, под воздействием усилий, передаваемых от выдвигающихся штоков приводных цилиндров 3 пластинам 5 через скобы 8, за счет наличия шарнира 7 и взаимодействия пластин 6 с бортами конвейера 1 посредством роликов 9, пластины 5 и 6 занимают вертикальное положение после чего перемещаются по днищу конвейера 2 как единые транспортирующие элементы 4. Сыпучий кусковый материал, находящийся между транспортирующими элементами 4, под их воздействием, перемещается по желобу. Описанный процесс продолжается до полного выдвижения штоков приводных силовых цилиндров 3. При обратном движении штоков приводных силовых цилиндров 3, под воздействием усилий, передаваемых от втягивающихся штоков приводных цилиндров 3 пластинам 5 через скобы 8, и взаимодействия пластин 6 с бортами конвейера 1 посредством роликов 9, пластины 5 и 6, за счет наличия шарнира 7, занимают «разложенное» положение в плоскости днища конвейера 2.

Сыпучий кусковый материал, находящийся между транспортирующими элементами 4, не увлекается под их воздействием по желобу в сторону, обратную полезному грузопотоку, т.к. транспортирующие элементы, в данном положении имеют минимальную высоту, и достаточно свободно проходят под слоем сыпучего кускового материала. После достижения штоков приводных силовых цилиндров 3 крайнего втянутого положения, процесс повторяется.

В заключении, следует отметить, что, по мнению авторов, критерием эффективности эксплуатации объекта может выступать функция ограничения одного из параметров системы с заданной областью допустимых значений в зависимости от постановки задач и цели создания объекта [9—12]. Тогда, следуя данному утверждению, в качестве целевой функции, при дальнейшем проектировании, могут выступать как производительность, энергоёмкость процесса, так и любые другие параметры, обособленно включенные систему ограничений. В настоящее время ведутся работы по моделированию рабочих процессов в предложенных конструкциях, с целью выбора их рациональных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носенко А. С., Шемшур Е. А., Каргин Р. В., Домницкий А. А. К вопросу о выборе комплектов оборудования для строительства транспортных тоннелей комбайновым способом // Дороги и мосты. — 2014. — Т. 2. — № 32. — С. 40—54.
2. Носенко А. С., Носенко В. В., Хазанович В. Г., Домницкий А. А., Волков Д. В., Волков В. В. Погрузочное устройство. Патент RU 2584071 МПК В65G 65/02 В65G 47/16. № 2015107169/11. Заявл. 02.03.15. Оpubл. 20.05.2016, Бюл. № 14.
3. Хазанович Г. Ш., Носенко А. С., Каргин Р. В. Исследования проходческого перегружателя с изменяемой высотой транспортирующих элементов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2001. — № 11. — С. 206—209.
4. Носенко А. С., Каргин Р. В., Хазанович В. Г., Носенко В. В. Разработка гидрофицированных модулей погрузочно-транспортных систем // Горное оборудование и электромеханика. — 2009. — № 4. — С. 13—16.
5. Носенко А. С., Хазанович В. Г., Каргин Р. В., Филоненко А. А. Средства призабойного транспорта для крепких сыпучих материалов // Горное оборудование и электромеханика. — 2010. — № 1. — С. 23—28.
6. Носенко А. С., Домницкий А. А. Моделирование работы клинового бункера — перегружателя в составе проходческого оборудования при строительстве автомобильных тоннелей // Интернет-журнал «Науковедение». — 2016. — № 3 (34).

7. Носенко А. С., Исаков В. С., Домницкий А. А., Зубов В. В. Моделирование переходных процессов в гидроприводе погрузочно-транспортных модулей // Интернет-журнал «Науковедение». — 2017. — Т. 9. — № 2. — <http://naukovedenie.ru/PDF/94TVN217.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

8. Хазанович Г. Ш., Носенко А. С., Домницкий А. А., Носенко В. В. Погрузочный орган. Патент RU 2619415 МПК В65G65/02; патентообладатель Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова, № 2016114379; заявл. 13.04.16; опубл. 15.05.17, Бюл. № 14.

9. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Shemshura E. A. Evaluation of Reliability and Technical Conditions of Tunneling Machines // Procedia Engineering. 2015, no 129, pp. 624–628, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581503965X>.

10. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Shemshura E. A. Formalization of Requirements to Road Tunnels // Procedia Engineering, 2016, pp. 1914–1918. DOI: 10.1016/j.proeng. 2016.07.191.

11. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Isakov V. S., Shemshura E. A., Zubov V. V. Improvement of loading and transport bodies of tunneling machines (EES no 87, 2017).

12. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Shemshura E. A. Predictive Reliability Assessment of Loading and Transport Modules of Tunneling Equipment during Construction of Road Tunnels // Procedia Engineering, 2017, vol. 206, pp. 1661–1666. **PLAB**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Носенко Алексей Станиславович¹ — доктор технических наук, профессор, e-mail: asnosenko@mail.ru,

Исаков Владимир Семенович¹ — доктор технических наук, профессор,

Домницкий Алексей Александрович¹ — кандидат технических наук, доцент,

Зубов Виктор Владимирович¹ — старший преподаватель,

¹ Шахтинский институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 4, pp. 189–196.

A.S. Nosenko, V.S. Isakov, A.A. Domnitsky, V.V. Zubov

DESIGNING LOADING-AND-TRANSPORT SYSTEMS FOR TUNNELING ASSEMBLIES

The engineering solutions on loading-and-transport systems aimed to enhance efficiency of tunneling by tunnel boring or drilling-and-blasting technology are presented. The new design of the loading unit of TBM allows adjusting the height of arms above the cap disk, shoveling capacity of spiders, output and energy intensity of loading, as well as enables decreasing loads and, thereby, improving operating reliability of the tunnel boring machine as a whole. The process of loading and transport of rocks during traffic tunnel construction is considered with regard to some distinguishing features, in particular, cyclicity. It is suggested to ensure continuous and higher efficiency loading with the help of bunkers which, while waiting for a truck, act as storage units for rock mass from TBM and, when loading a truck, function simultaneously as storage and loading units. New design solutions are presented for reloaders based on transporting elements of variable geometry, with the linear hydraulic drive.

Key words: tunneling machines, continuous loading, reloader, loading unit, operating efficiency criteria.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-189-196

AUTHORS

Nosenko A.S.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
e-mail: asnosenko@mail.ru,

Isakov V.S.¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

Domnitskiy A.A.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Zubov V.V.¹, Senior Lecturer,
¹ Shakhty Institute (branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI),
346500, Shakhty, Russia.

REFERENCES

1. Nosenko A. S., Shemshura E. A., Kargin R. V., Domnitskiy A. A. *Dorogi i mosty*. 2014, vol. 2, no 32, pp. 40–54.
2. Nosenko A. S., Nosenko V. V., Khazanovich V. G., Domnitskiy A. A., Volkov D. V., Volkov V. V. *Patent RU 2584071 MPK B65G 65/02 B65G 47/16*, no 2015107169/11, 20.05.2016.
3. Khazanovich G. Sh., Nosenko A. S., Kargin R. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2001, no 11, pp. 206–209.
4. Nosenko A. S., Kargin R. V., Khazanovich V. G., Nosenko V. V. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2009, no 4, pp. 13–16.
5. Nosenko A. S., Khazanovich V. G., Kargin R. V., Filonenko A. A. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2010, no 1, pp. 23–28.
6. Nosenko A. S., Domnitskiy A. A. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*. 2016, no 3 (34).
7. Nosenko A. S., Isakov V. S., Domnitskiy A. A., Zubov V. V. *Internet-zhurnal «Naukovedenie»*. 2017, vol. 9, no 2. <http://naukovedenie.ru/PDF/94TVN217.pdf> (dostup svobodnyy).
8. Khazanovich G. Sh., Nosenko A. S., Domnitskiy A. A., Nosenko V. V. *Patent RU 2619415 MPK B65G65/02*, no 2016114379, 15.05.17.
9. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Shemshura E. A. Evaluation of Reliability and Technical Conditions of Tunneling Machines. *Procedia Engineering*. 2015, no 129, pp. 624–628, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581503965X>.
10. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Shemshura E. A. Formalization of Requirements to Road Tunnels. *Procedia Engineering*, 2016, pp. 1914–1918. DOI: 10.1016 / j.proeng. 2016.07.191.
11. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Isakov V. S., Shemshura E. A., Zubov V. V. *Improvement of loading and transport bodies of tunneling machines* (EES no 87, 2017).
12. Domnitskiy A. A., Nosenko A. S., Shemshura E. A. Predictive Reliability Assessment of Loading and Transport Modules of Tunneling Equipment during Construction of Road Tunnels. *Procedia Engineering*, 2017, vol. 206, pp. 1661–1666.

FIGURES

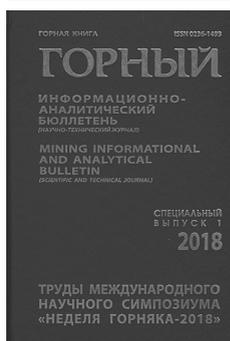
Fig. 1. Loading element.

Fig. 2. Experimental prototypes of loading-and-transport systems.

Fig. 3. New design solutions for loading-and-transport systems.



НОВИНКИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ГОРНАЯ КНИГА»



Труды международного научного симпозиума «Неделя горняка-2018»: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Специальный выпуск 1.

Автор: Коллектив авторов

Год: 2018

Страниц: 556

ISBN: 0236-1493 (в пер.)

UDK: 622

В сборник вошли статьи по 11-ти научным направлениям: инженерная геология и маркшейдерское дело; инженерная геофизика, геомеханика, геодинамика; геотехнология подземная и открытая; безопасность горного производства; охрана окружающей среды в промышленных регионах; роботизированные технологии и механизация горных предприятий; обогащение и глубокая переработка полезных ископаемых; информационные технологии в горном деле; проектирование и строительство подземных промышленных объектов, управление и экономика на горных предприятиях; энергетика и повышение энергоэффективности промышленных предприятий. Для специалистов горнодобывающих отраслей.