УДК 621.867.003.13

К.К. Мулухов, З.Н. Беслекоева

ИЗГИБАЮЩИЙСЯ ТРУБЧАТЫЙ ЛЕНТОЧНО-КОЛЕСНЫЙ КОНВЕЙЕР ДЛЯ БЕСПЕРЕГРУЗОЧНОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГРУЗОВ ПО ПРОСТРАНСТВЕННО-КРИВОЛИНЕЙНОЙ ТРАССЕ

Аннотация. Использование предлагаемого конвейера обеспечивает бесперегрузочное транспортирование горных грузов. На участках с перегибами трассы в горизонтальной плоскости ходовые опоры снабжены двумя роликами с вертикальными осями, взаимодействующими с ходовыми путями. При этом ходовые опоры соединены тяговой цепью, допускающей изгиб в горизонтальной плоскости. Особенно важной эта проблема становится для глубоких карьеров. Угол наклона конвейера на участке подъема может соответствовать углу откоса бортов карьера, что обусловливает существенное сокращение затрат на проведение горно-капитальных работ по установке подъемника и уменьшения длины самого конвейера. Использование промежуточного цевочного реечного привода на наклонном участке конвейера взамен привода на головных концевых звездочках снимает основную нагрузку на тяговые цепи и существенно уменьшает габаритные размеры на верхних переходных участках, а также снижает нагрузку на основные катки ходовых опор. Установка нескольких промежуточных приводов обеспечивает возможность бесперегрузочного транспортирования грузов.

Ключевые слова: пространственно-криволинейная трасса, перегрузка, ленточно-колесный конвейер, глубокий карьер, крутонаклонный конвейер, крупнокусковые горные грузы, лямки.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-124-130

В последние годы все большее распространение получают изгибающиеся ленточные трубчатые конвейеры. Основным преимуществом таких конвейеров является возможность бесперегрузочного транспортирования грузов по простран-

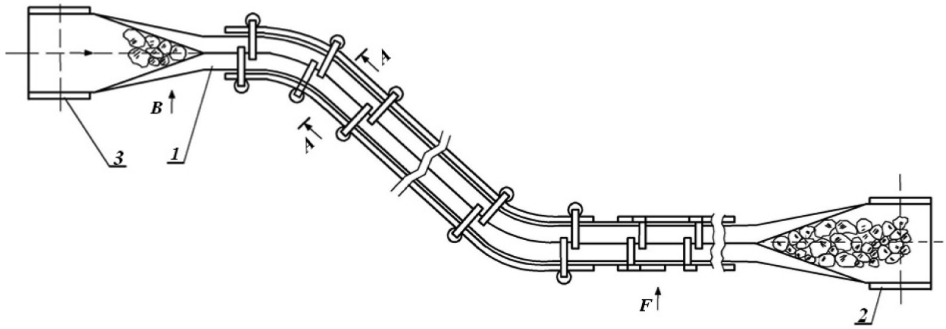

Рис. 1. Схема общего вида конвейера в плане
Fig. 1. Schematic general plan view of conveyor

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 7. С. 124–130.

ственно-криволинейной трассе с перегибами в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Кроме того, герметичность транспортируемых грузов обеспечивает отсутствие вредных воздействий на окружающую среду пылевидных и экологически вредных веществ, а также защиту самого груза от вредных веществ, от воздействия ветра и атмосферных осадков.

Трубчатая конфигурация грузонесущей ленты в таких конвейерах создается при прохождении ленты через стационарные роликопоры с замкнутым расположением роликов в поперечном сечении. Помимо того, что ленточные трубчатые конвейеры не приспособлены для перемещения крупнокусковых грузов, они характеризуются повышенным энергопотреблением, что обусловлено значительным увеличением коэффициента сопротивления движению ленты [1, 2].

Особенностью ленточно-колесных конвейеров, предложенных впервые А.О. Спиваковским, является совместное движение грузонесущей конвейерной ленты и ходовых опор, что создает условия для формирования трубчатой формы ленты на самой ходовой опоре с помощью поворотных рычагов, установленных по краям траверс ходовых опор [3, 4]. На рис. 1 представлена схема общего вида предлагаемого конвейера в плане. Трасса конвейера может включать участки перегиба как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

Такой комбинированный изгибающийся крутонаклонный ленточно-колесный конвейер обеспечивает возможность бесперегрузочного транспортирования горных грузов по пространственно изгибающейся трассе, включающей также участки крутых подъемов или спусков. Эксплуатация таких конвейеров может принести значительный экономический эффект за счет исключения перегрузочных устройств и износа конвейерной ленты при перегрузках, а также за счет сокращения объемов горно-капитальных и строительных работ.

Изгибающийся трубчатый конвейер включает грузонесущую ленту *1*, огибающую концевые барабаны *2* и *3* (рис. 1). На рабочей ветви грузонесущей ленте *1* трубчатая конструкция придается за счет принудительного сведения одноплечих прижимных рычагов *4*, установленных по краям траверс *5* ходовых опор (рис. 2). Рычаги *4* соединены с гибкими лямками *6*, сворачивающими свободные от груза боковые участки ленты. При этом кромки ленты образуют нахлесточное соединение. Прижимные рычаги *4* подпружинены относительно поворота и соединены с ходовыми опорами посредством передаточных механизмов *7* (рис. 2) [5—7]. Ходовые опоры перемещаются на катках *8* на груженой ветви по верхним *9* и на холостой ветви по нижним *10* ходовым путям.

По краям траверс установлены также дополнительные катки *11* с вертикальны-

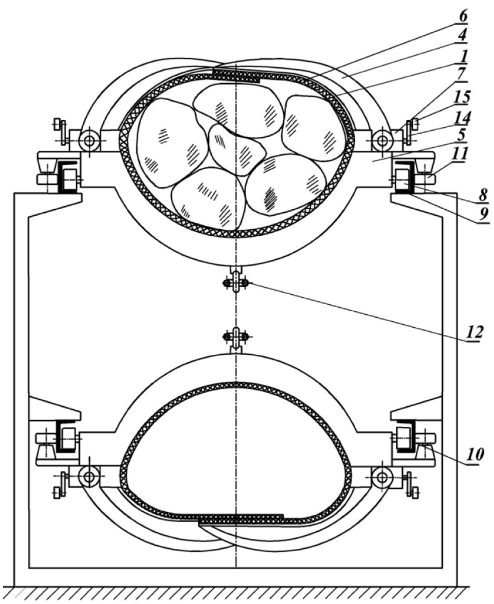

Рис. 2. Разрез А-А на рис. 1
Fig. 2. A–A section from Fig. 1

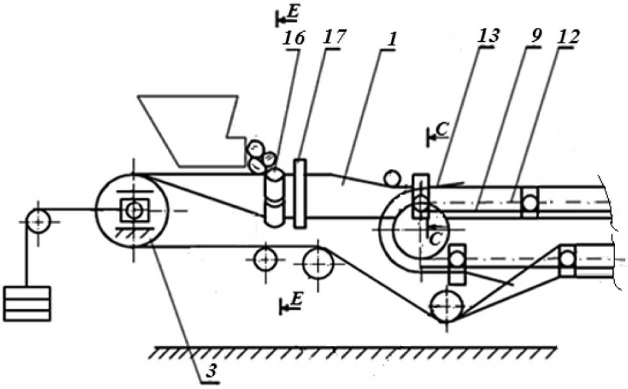

Рис. 3. Вид В на рис. 1
Fig. 3. View B from Fig. 1

ми осями, взаимодействующие с вертикальными полками ходовых путей *9* и *10* на участках поворота трассы в горизонтальной плоскости. Траверсы *7* соеди-

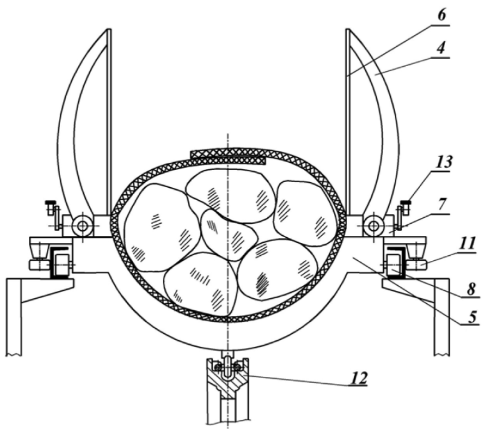

Рис. 4. Разрез С-С на рис. 3
Рис. 4. Разрез С-С на рис. 3

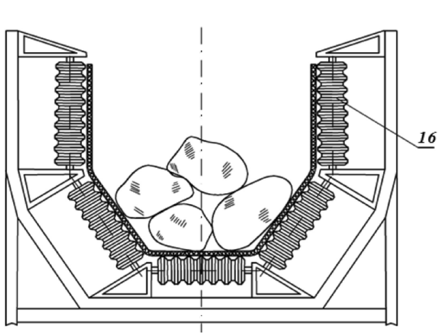

Рис. 5. Разрез Е-Е на рис. 3
Рис. 5. Разрез Е-Е на рис. 3

нены между собой замкнутым тяговым органом *12*, в качестве которого может быть использована кольцевая комбинированная тяговая цепь или цепи, применяемые на подвижных конвейерах, такие как: тяговая разборная цепь или специальные двухшарнирные цепи. На концевых участках установлены плоские копирные направляющие *13*, воздействующие на поворотные рычаги *14* через ролики *15* (рис. 2, 3). Между рычагами *4* и *14* установлены передаточные механизмы с упругими элементами, которые осуществляют обжатие грузонесущей ленты *1* лямками *6* (рис. 2, 4). Устройство и принцип действия лямок такие же, как и в ремнях безопасности, применяемых в автомобилях.

В пункте загрузки конвейера установлена амортизирующая роликоопора *16* и датчик аварийной перегрузки конвейера *17* [5] (рис. 2, 5).

Для привода трубчатого конвейера целесообразно использовать наклонный подъемный участок (рис. 1, 6). Предлагаемый ленточно-колесный конвейер по существу является сочетанием признаков эскалаторов и ленточных конвейеров и обладает высокой степенью конструктивной преемственности. При проектировании конвейера нового типа следует максимально использовать стандартные

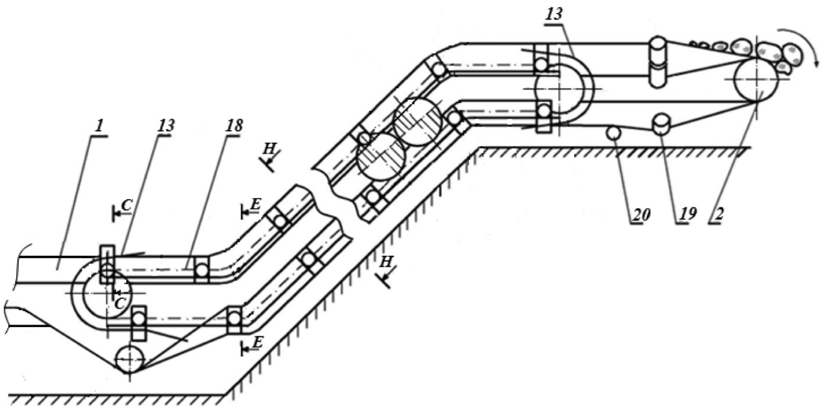

Рис. 6. Вид F на рис. 1
Fig. 6. View F from Fig. 1

и унифицированные узлы и детали современных эскалаторов и ленточных конвейеров (тяговые цепи и цевочный реечный промежуточный привод, тяговые и натяжные звездочки, натяжные устройства тяговых цепей и устройства для безопасной эксплуатации эскалаторов, а также конвейерная лента, барабаны и роликоопоры ленточных конвейеров).

В сравнении с предложенной ранее конструкцией крутонаклонного ленточноколесного конвейера [8] вместо традиционного привода на головных концевых звездочках применен промежуточный привод в виде цевочной реечной передачи (рис. 6) [8, 9]. В такой передаче рейками являются звенья тяговых цепей *18*, а функции цевок выполняют ролики цепей. Это позволяет разгрузить тяговые цепи от больших натяжений на верхнем выпуклом участке перегиба. При этом существенно снижается нагрузка на ходовые катки и обеспечивается возможность уменьшения радиуса переходного участка. Суммарная нагрузка на оба катка ходовой опоры на верхнем выпуклом участке конвейера определяется по формуле [7]

$$F_k = (S \cdot t/R) + $$
$$+ (q_г + q_л + q_ц + q_{х.о}) \cdot t \cdot \cos\beta, \text{ Н}$$

где S — суммарное натяжение тяговых цепей, Н; t — шаг расстановки ходовых опор, м; R — радиус закругления на участке перегиба, м; $q_г$, $q_л$, $q_ц$, $q_{х.о}$ — погонная нагрузка соответственно от груза, грузонесущей ленты, тяговых цепей и ходовой опоры, Н/м; β — угол между смежными ходовыми опорами.

Нагрузка на катки от натяжения тяговых цепей (первое слагаемое) может многократно превосходить нагрузку, определяемую силами тяжести от погонных нагрузок (второе слагаемое).

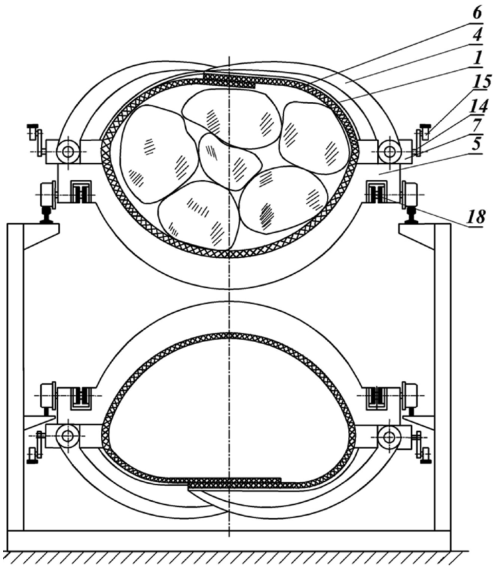

Рис.7. Разрез Н-Н на рис. 6
Fig. 7. H–H section from Fig. 6

Целесообразность такого решения по переносу привода подтверждается опытом проектирования и эксплуатации современных зарубежных и отечественных эскалаторов. Кроме того, при использовании такого промежуточного привода, делительный диаметр приводной звездочки эскалатора удалось уменьшить с 2,2 м до 564 мм, что позволяет существенно сократить габаритные размеры. Дополнительным преимуществом варианта с промежуточным приводом является постоянство величины и направления вектора скорости рейки, что обеспечивает более плавную работу передачи. На верхнем концевом участке после огибания головного барабана *2* лента *1* последовательно проходит через роликоопору обратной желобчатости *19* и ролики *20*, после чего захватывается лямками *6* при сведении прижимных рычагов *4* в процессе прохождения роликами *15* копирных направляющих *13* [10]. Для обеспечения безударной загрузки конвейера крупнокусковыми горными породами и рудами и со скоростью, близкой к скорости движения конвейера следует использовать специальный лопастный питатель [11, 12].

Предложенный изгибающийся трубчатый ленточно-колесный конвейер обладает следующими преимуществами в сравнении с трубчатыми ленточными конвейерами со стационарными роликоопорами:

- Обеспечивает возможность транспортирования горных грузов без дорогостоящего вторичного дробления пород и руд в дробильных агрегатах.
- Позволяет увеличить угол наклона подъемного участка конвейера до 40—45°, что в большинстве случаев соответствуют углу откоса бортов карьеров. При этом существенно сокращаются или полностью исключаются затраты на горно-капитальные работы по сооружению транспортных траншей.
- Обеспечивает возможность беспрегрузочного транспортирования за счет включения подъемного крутонаклонного участка в общую схему конвейера.
- Сокращение энергоемкости транспортирования за счет уменьшения сопротивления движению, связанного с прохождением грузонесущей ленты с грузом через стационарные трубчатые многороликовые опоры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галкин В. И.* Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров // Горное оборудование и электромеханика. — 2008. — № 1.

2. *Дмитриев В. Г., Ефимов В. С.* Особенности движения ленты трубчатого конвейера по изогнутому в горизонтальной плоскости участку трассы // Известия вузов. Горный журнал. — 2008. — № 3.

3. *Mulukhov K. K.* Steep-angle conveyor for bulky run-of-mine ore. Transactions 2002, Vol. 312, SME, USA.

4. *Mulukhov K. K.* High efficiency Soviet belt conveyor handles bulky run-of-mine ores. Engineering and Mining Journal, October, 1977, USA.

5. *Мулухов К. К., Беслекоева З. Н.* Крутонаклонный ленточный конвейер. Патент на полезную модель РФ № 157034 от 24.03.2015.

6. *Мулухов К. К., Беслекоева З. Н.* Синтез механизма управления прижимными элементами крутонаклонного ленточно-колесного конвейера для крупнокусковых грузов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 1. — С. 188—197.

7. *Мулухов К. К., Беслекоева З. Н.* Ленточно-колесные конвейеры для крупнокусковых горных грузов. Монография. — Владикавказ: СКГМИ, 2016.

8. *Мулухов К. К., Беслекоева З. Н.* Крутонаклонный ленточный конвейер. Патент на изобретение РФ № 2455216 от 10.07.2012.

9. *Litvin F. I., Fuentes A.* Gear Geometry and Applied Theory. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 376 p.

10. *Мулухов К.К.*, *Беслекоева З.Н.* Повышение надежности конструкции крутонаклонного ленточно-колесного конвейера для крупнокусковых горных грузов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 11. — С. 116—122.
11. *Мулухов К.К.*, *Беслекоева З.Н.* Лопастный питатель конвейера. Патент на изобретение РФ № 2383742 Б.И № 7, 2010.
12. *Мулухов К.К.*, *Беслекоева З.Н.* Совершенствование конструкции лопастного питателя для безударной загрузки ленточных конвейеров крупнокусковыми грузами // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — № 8. — С. 154—158. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Мулухов Казбек Казгериевич[1] — профессор, доктор технических наук,
Беслекоева Залина Николаевна[1] — доцент, кандидат технических наук,
e-mail: bezalina60@yandex.ru,
[1] Северо-Кавказский горно-металлургический институт
(государственный технологический университет).

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2018. No. 7, pp. 124–130.

Serpentine tubular wheel-and-belt conveyor for no-reloading haulage along spatially curved route

Mulukhov K.K.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor,
Beslekoeva Z.N.[1], Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor, e-mail: bezalina60@yandex.ru,
[1] North Caucasus Mining-and-Metallurgy Institute (State Technological University),
362021, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russia.

Abstract. The proposed serpentine tubular wheel-and-belt conveyor will solve one of the most urgent problems in development of the cyclical-and-continuous method of hard mineral mining: it will enable no-reloading haulage. In the curved sections of the haulage route in the horizontal plane, the conveyor supports are equipped with two rollers with vertical shafts communicating with the conveyor belt. The belt supports are connected by a pull chain allowing bending in the horizontal plane. This approach is particularly important for deep open pit mines. The conveyor incline in the hoist section can agree with the pit wall slope, which conditions essential cut-down in the hoist installation activities cost and reduction in the conveyor length. The wheel-and-belt conveyor is a combination of moving staircase and belts and is highly structurally compatible. The new type conveyor design should include maximum number of standard and unified parts and assemblies of modern escalators and belts (pull chains and intermediate rack-and-pinion drives), pullers and tighteners, tensioners and facilities for safe operation of escalators, as well as conveyor belt, drums and belt carrying rollers). The use of the intermediate rack-and-pinion drive in the inclined section of the belt conveyor instead of the drives at the head and tail chain gears removes major load from the pull chains, allows considerable reduction in size of the upper transition sections and decreases load on the primary rollers of belt supports. Furthermore, the installation of a number of intermediate drives enables no-reloading haulage.
Key words: spatially curved route, reloading, wheel-and-belt conveyor, deep open pit mine, high-angle conveyor, coarse mining loads, straps.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-7-0-124-130

REFERENCES

1. Galkin V.I. Osobennosti ekspluatatsii trubchatykh lentochnykh konveyerov [Features of operation of tubular belt conveyors]. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2008, no 1. [In Russ].
2. Dmitriev V.G., Efimov V.S. Osobennosti dvizheniya lenty trubchatogo konveyera po izognutomu v gorizontal'noy ploskosti uchastku trassy [Features of tubular belt conveyor movement along a horizontally bended route section]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2008, no 3. [In Russ].
3. Mulukhov K.K. Steep-angle conveyor for bulky run-of-mine ore. *Transactions* 2002, Vol. 312, SME, USA.
4. Mulukhov K.K. High efficiency Soviet belt conveyor handles bulky run-of-mine ores. *Engineering and Mining Journal*, October, 1977, USA.
5. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. *Patent RU 157034*, 24.03.2015.
6. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. Sintez mekhanizma upravleniya prizhimnymi elementami krutonaklonnogo lentochno-kolesnogo konveyera dlya krupnokuskovykh gruzov [Synthesis of control mechanism for

hold-down elements of high-angle wheel-and-belt conveyor for coarse loads]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 1, pp. 188—197. [In Russ].

7. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. *Lentochno-kolesnye konveyery dlya krupnokuskovykh gornykh gruzov*. Monografiya [Wheel-and-belt conveyor for coarse mining loads. Monograph], Vladikavkaz, SKGMI, 2016.

8. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. *Patent RU 2455216*, 10.07.2012.

9. Litvin F.I., Fuentes A. *Gear Geometry and Applied Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 376 p.

10. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. Povyshenie nadezhnosti konstruktsii krutonaklonnogo lentochno-kolesnogo konveyera dlya krupnokuskovykh gornykh gruzov [Improvement of reliability of high-angle wheel-and-belt conveyor for coarse mining loads]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 11, pp. 116—122. [In Russ].

11. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. *Patent RU 2383742*, 2010.

12. Mulukhov K.K., Beslekoeva Z.N. Sovershenstvovanie konstruktsii lopastnogo pitatelya dlya bezudarnoy zagruzki lentochnykh konveyerov krupnokuskovymi gruzami [Blade feeder design development for soft loading of belt conveyors with coarse elements]. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014, no 8, pp. 154—158. [In Russ].

ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК)

О НЕКОТОРЫХ АЛГОРИТМАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ МЕТАНООБИЛЬНОЙ ШАХТЫ

(2018, № 5, СВ 16, 16 с.)

Темкин Игорь Олегович[1] — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой,
e-mail: igortemkin@yandex.ru,
До Чи Тхань[1] — аспирант, e-mail: cthanhtdh@gmail.com,
Агабубаев Аслан[1] — магистрант, инженер, e-mail: agabubaev@yandex.ru,
[1] НИТУ «МИСиС».

Рассмотрены важные для системы управления вентиляцией шахты функциональные задачи, решение которых осуществляется средствами прогнозной аналитики. Представлена общая схема включения аналитической платформы в систему мониторинга аэрогазодинамики шахты и управления вентиляцией. Перечислены важнейшие задачи, которые решаются в рамках аналитической платформы; рассмотрены две из них: распознавание газодинамических явлений и связанных с ними технологических ситуаций с использованием специального набора информативных признаков; а также расчет перераспределения воздуха между выработками шахты с использованием нейронной сети. Рассмотрен пример решения задачи распознавания явлений с использованием ИНС, обучение которых осуществляется на базе специально сконструированных наборов информативных признаков. Описан механизм построения нейросетевой модели взаимосвязности расходов воздуха в ключевых ветвях ШВС, которая используется в качестве основного элемента перераспределения потоков воздуха. Приведены некоторые результаты решения задачи на примере реальной топологической схемы.

Ключевые слова: вентиляционная система, интеллектуальная платформа, прогнозная аналитика, расход воздуха, управление перераспределением воздушных потоков, нейросетевая модель.

ON SOME ALGORITHMS FOR THE FUNCTIONING OF THE ANALYTICAL PLATFORM IN THE VENTILATION MANAGEMENT SYSTEM OF THE METHANE-MINING MINE

Temkin I.O.[1], Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Chair, e-mail: igortemkin@yandex.ru,
Do Chi Thanh[1], Postgraduate student, e-mail: cthanhtdh@gmail.com,
Agabubaev A.[1], Magistrant, Engineer, e-mail: agabubaev@yandex.ru,
[1] National University of Science and Technology «MISiS», 119049, Moscow, Russia.

We consider several functional tasks important for the mine ventilation control system, the solution of which is carried out by means of forecast analytics. A general scheme is presented for including an analytical platform in the system for monitoring the aerogasdynamics of the mine and for controlling ventilation. The most important tasks that are solved within the framework of the analytical platform are listed. Two problems are considered in detail: recognition of gas-dynamic phenomena and associated technological situations using a special set of informative features; as well as the calculation of air redistribution between mine workings using a neural network. An example of solving the problem of recognition of phenomena using ANN is considered, which are trained on the basis of specially constructed sets of informative features. A mechanism is described for constructing a neural network model for the interconnection of airflows in key branches of the ballistic missile system, which is used as the main element of the redistribution of air flows. Some results of solving the problem are given on the example of a real topological scheme.

Key words: ventilation system, intelligent platform, predictive analytics, air flow, air flow redistribution control, neural network model.