ГИАБ. Горный информационно-аналитический бюллетень /
MIAB. Mining Informational and Analytical Bulletin, 2019;(7):158-173

УДК 622.271 DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-158-173

КОМПЛЕКТАЦИЯ КОМПЛЕКСОВ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ АВТОМОБИЛЬНО-КОНВЕЙЕРНО-ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ВИДЕ ТРАНСПОРТА

С.К. Молдабаев[1], Е. Абен[1], Е.А. Касымбаев[1], Н.О. Сарыбаев[1]

[1] Satbayev University, Алматы, Казахстан, e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru

Аннотация: Дальнейшее развитие получила теория и практика комплектации комплексов оборудования циклично-поточной технологии (ЦПТ) при комбинированном автомобильно-конвейерно-железнодорожном виде транспорта. Большинство ранее выполненных исследований и работ затрагивают карьерные поля вытянутой формы. Особое внимание уделено карьерным полям округлой формы. По-прежнему одной из проблем эффективного применения ЦПТ является достижение проектной мощности дорогостоящих конвейерных подъемников (освоение не превышает 50—60%) с сокращением объема разноса бортов в глубоких карьерах для размещения перегрузочных устройств с автотранспорта на конвейер и с конвейера на железнодорожный транспорт. Поэтому целью исследования является максимальная равномерная загрузка конвейерного подъемника за счет непрерывной перегрузки горной массы с автотранспорта на конвейер и с конвейера на железнодорожный транспорт на постоянной основе при минимальных размерах перегрузочных и транспортно-погрузочных площадок. Основные методы: разработка новых конструкций элементов комплексов ЦПТ; развитие теории комплектации комплексов ЦПТ через систематизацию подъемно-транспортного и перегрузочного устройств. Повышение эффективности применения ЦПТ обеспечат разработанные: сквозной пункт разгрузки автосамосвалов, исключающий их маневрирование и обеспечивающий на постоянной основе максимальную равномерную загрузку конвейерного подъемника; крутонаклонный конвейер трубчатого типа для транспортирования крупнокусковой горной массы с минимизацией первичного их дробления; устройство для перегрузки с конвейера в думпкары на два горизонта с сокращением ширины транспортно-погрузочных площадок в 1,3—1,5 раза. Для горнотранспортных систем выполнен сопоставительный анализ транспортных средств комплексов ЦПТ, составлена систематизация подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров, предложены классификации перегрузочных устройств и разгрузочных устройств со сквозным проездом автосамосвалов.

Ключевые слова: глубокие карьеры, автосамосвал, сквозной пункт разгрузки, крутонаклонный конвейер, внутрикарьерный железнодорожный транспорт, устройство для перегрузки из конвейера, систематизация и классификация подъемно-транспортного оборудования и перегрузочных устройств.

Благодарность: Статья подготовлена по проекту ГФ МОН РК 2018/ AP05133548.

Для цитирования: *Молдабаев С. К., Абен Е., Касымбаев Е. А., Сарыбаев Н. О.* Комплектация комплексов циклично-поточной технологии при комбинированном автомобильно-конвейерно-железнодорожном виде транспорта // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 7. – С. 158–173. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-158-173.

© С.К. Молдабаев, Е. Абен, Е.А. Касымбаев, Н.О. Сарыбаев. 2019.

Complete cyclical-and-continuous technology equipment for intermodal vehicle–conveyor–rail transport

S.K. Moldabayev[1], Y. Aben[1], E.A. Kasymbayev[1], N.O. Sarybayev[1]

[1] Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan, e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru

Abstract: This study evolves the theory and practice of completing equipment involved in the cyclical-and-continuous method (CCM) of mining with vehicle–conveyor–rail transport. Earlier R&D projects mostly deal with extended fields of open pit mines. This study focuses on rounded mine fields. One of the problems of CCM efficiency yet remains the project capacity of expensive lifting conveyors (which is reached not more than by 50–60% by now) and the reduction in cutback in open pit mines in order to accommodate facilities for rehandling of rocks from trucks to conveyor and from conveyor to rail transport. In this regard, the object of this study is maximum uniform loading of lifting conveyor by means of continuous rehandling of rocks from trucks to the conveyor and from the conveyor to rail transport on a regular basis, at the minimum dimensions of the rehandling and conveying–loading sites. The key methods are: novel designs of CCM equipment elements; theoretical development of CCM equipment through systematization of lifting–transport–rehandling facilities. Improved efficiency of CCM can be reached with: a through-unloading point meant to eliminate maneuvering of trucks and to ensure maximum continuous and uniform loading of the lifting conveyor; a high-angle tube-type conveyor for coarse rocks after minimized pre-crushing; a rehandling device for loading of rocks from the conveyor to dumpcars arranged on two horizons, at the reduction in the width of transport–rehandling sites by 1.3–1.5 times. For mining-and-transport systems, the transportation devices within CCM equipment are compared, the lifting transport within CCM equipment for steep slopes of deep open pits is systematized, and classifications are proposed for rehandling and unloading facilities with through passage for dump trucks.

Key words: deep open pit mine, dump truck, through unloading point, high-angle conveyor, intrapit rail transport, conveyor rehandling facility, systematization and classification of transport–lifting–rehandling facilities.

Acknowledgements: The article is based on the draft GF MON RK 2018/ AR05133548.

For citation: Moldabayev S. K., Aben Y., Kasymbayev E. A., Sarybayev N. O. Complete cyclical-and-continuous technology equipment for intermodal vehicle–conveyor–rail transport. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(7):158-173. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-158-173.

Введение

Основные причины консервативного отношения некоторых недропользователей к ЦПТ связаны с большими сроками окупаемости его комплексов из-за неполного использования проектных мощностей конвейеров и их дороговизны, а также отсутствия средств конвейерного крутонаклонного подъема горной массы для крепких абразивных пород. Стесненные условия глубоких карьеров ограничивают маневренность груженых самосвалов в пунктах перегрузки на конвейерные подъемники. Это одна из причин неполного использования их проектных мощностей. Необходимость дробления кроме руды в карьере еще и вскрышных пород до крупности 300—400 мм также ограничивает применение ЦПТ в глубоких и сверхглубоких карьерах (глубиной более 600 м).

И все же решить транспортную проблему глубоких карьеров можно в основном только при переходе на ЦПТ. Опыт эксплуатации комплексов ЦПТ свидетельствует о том, что большинство из них так и не достигли своей проектной мощности, по факту она освоена только на 50—60%, низок коэффициент использования оборудования во времени. Практика

показывает, что одной из существенных причин является не равномерное поступление на конвейер дробленной горной массы. Однако в связи с углублением карьеров и понижением горных работ значение ЦПТ все более возрастает.

В глубоких карьерах перспективным направлением перехода на ЦПТ является использование крутонаклонных конвейеров с высотой подъема горной массы более 250—300 м. В этой связи обнадеживают внедренный на карьере «Мурунтау» крутонаклонный конвейер с прижимной лентой КНК-270 производства НКМЗ и заказанный одним из железорудных карьеров России более мощный КНК-315. Необходимость дробления также вскрышных пород в схемах ЦПТ также является сдерживающим фактором перехода на эту прогрессивную технологию.

В стесненных условиях глубоких карьеров возникают проблемы размещения устройств для дробления горных пород, особенно модульного поверхностного исполнения, и маневрирования груженных самосвалов в пунктах перегрузки. Существенным недостатком эксплуатируемых пунктов перегрузки с конвейера в железнодорожный транспорт является значительная ширина погрузочно-транспортных площадок, что увеличивает объемы разноса бортов карьеров. Расширение границ эффективного применения ЦПТ является стратегически важным направлением развития при решении транспортной проблемы на глубоких и сверхглубоких карьерах.

Решению проблем эффективного применения ЦПТ на железорудных глубоких карьерах посвящено достаточно много работ. Это еще раз подчеркивает стратегическое направление ЦПТ в развитии геотехнологии и геотехники. Из последних трудов по ЦПТ в разрезе задач данного проекта следует отметить работы Горного института НИТУ «МИСиС» совместно с ТУ Фрайбергской горной академией [1, 2], ИПКОН РАН [3], УроРАН [4, 5], украинской горной школы [6—8], дальнего зарубежья [9—18] и по крутонаклонным конвейерам [19—22]. В этих трудах приведены результаты исследований и оценен опыт работы горных предприятий, на которых применяется ЦПТ с использованием автомобильно-конвейерного транспорта и даны рекомендации по дальнейшему повышению эффективности эксплуатации горнотранспортной техники непрерывного действия.

Предлагаемые новые элементы комплексов ЦПТ

Сквозной пункт разгрузки автосамосвалов. По предлагаемому устройству исключение маневрирования автосамосвалов и потеря на это времени достигается за счет обеспечения сквозного проезда и разгрузки автосамосвалов в заданном режиме непрерывной технологической линии транспортировки, особенно скальных пород на глубоких горизонтах действующих карьеров.

Отличие от известной конструкции моста с несущим элементом на поворотных опорах состоит в том, что после проезда автосамосвала порода разгружается на поворотные мосты, которые соединены с балками шарнирами (опорными подшипниками скольжения), расположенными перпендикулярно балкам, по которым движется автотранспорт и обеспечивают за счет веса горной массы их раскрытие. При этом противовесы служат в качестве барьерного ограждения, расположены по обоим сторонам балок с внешней стороны проезда и обеспечивают прямолинейное движение автосамосвалов соответствующей грузоподъемности.

На рис. 1 изображено устройство для разгрузки автосамосвалов с одной стороны бункера для перегрузки на круто-

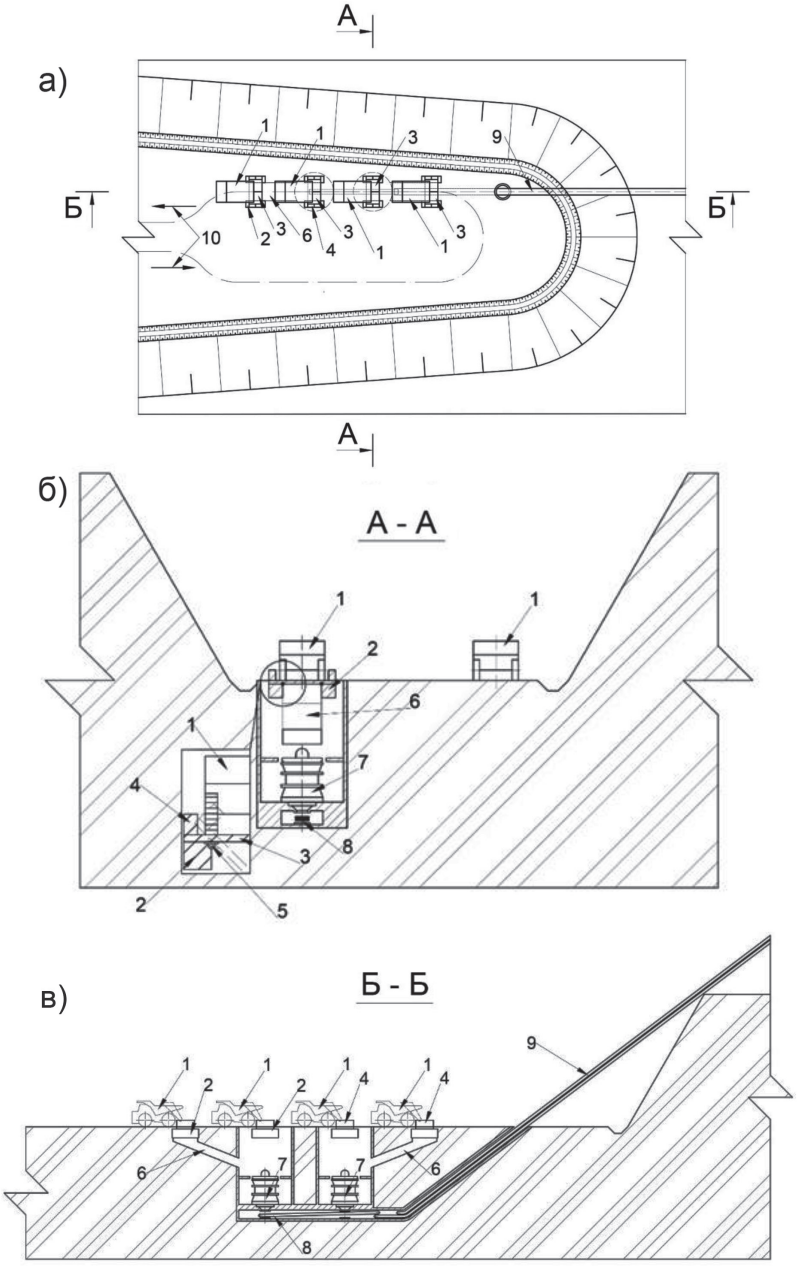

Рис. 1. Сквозной пункт разгрузки автосамосвалов в плане (а), поперечном (б) и продольном разрезах (в): 1 — автосамосвал; 2 — железобетонные опорные балки; 3 — разгрузочные мосты; 4 — ограждения-противовесы; 5 — опорные подшипники скольжения; 6 — рудоспуск; 7 — конусная дробилка ККД-1500/180; 8 — пластинчатый питатель; 9 — крутонаклонный конвейер; 10 — направление движения автосамосвалов

Fig. 1. Through unloading point for dump trucks in (a) plan view, (b) cross-sectional view and (c) side elevation: 1—dump truck; 2—reinforced concrete support beams; 3—unloading bridges; 4—counterbalance fencing; 5—journal bearings; 6—ore pass; 7—cone crusher KKD-1500/180; 8–flat feeder; 9—high-angle conveyor; 10—travel direction of dump trucks

наклонный конвейер после дробления горной массы. В приемный пункт с накопительным бункером груженый скальной породой автосамосвал *1* по железобетонным балкам *2* заезжает для разгрузки между барьерными ограждениями-противовесами *4* на поворотный мост *3* и останавливается с возможностью разгрузки на ближайший поворотный мост *3*, который расположен позади автосамосвала *1*. После разгрузки скальная порода под действием своего веса обращает поворотные мосты в горизонтальной плоскости вокруг шарниров вращения *5* (опорных подшипников скольжения) с постановлением их в раскрытое положение, а скальная порода попадает в рудоспуск *6*. Далее барьерные ограждения-противовесы *4* под действием своего веса возвращаются в исходное положение и закрывают поворотные мосты *3*, после чего цикл разгрузки автосамосвалов *1* повторяется.

После прохождения скальной породы через разгрузочные мосты *3*, она через рудоспуск *6* подается на дробление в конусную дробилку ККД-1500/180 *7*, после которого перегружается через пластинчатый питатель *8* на крутонаклонный конвейер *9*, которым транспортируется на поверхность на дальнейшую переработку.

Основным преимуществом одновременной разгрузки до 4—5-ти и более автосамосвалов является постоянная полная загрузка ленты конвейера, что в отличие от существующих пунктов разгрузки с тупиковым разворотом автосамосвалов и одновременной разгрузкой не более двух гарантирует на практике освоение проектной производительности комплекса ЦПТ. Применение устройства для разгрузки пород в бункер со сквозным проездом автосамосвалов позволяет сократить продолжительность рейса автосамосвала за счет уменьшения времени цикла разгрузки, а также предусматривает одновременную разгрузку нескольких автосамосвалов, что обеспечит увеличение их производительности. Кроме того, уменьшение параметров перегрузочного пункта позволяет снизить объем горно-капитальных работ при его сооружении на глубоких горизонтах карьера.

Внедрение в производство устройства для разгрузки скальных пород в накопительный бункер со сквозным проездом автосамосвалов в условиях железорудных карьеров Казахстана позволит получить общий экономический эффект в размере 30—100 млн долл. при использовании в работе автосамосвалов грузоподъемностью 130—136 т.

Крутонаклонный конвейер трубчатого типа для транспортирования крупнокусковой горной массы. В отличие от известного крутонаклонного ленточно-тележечного конвейера (КЛТК), включающего корпус, грузонесущую ленту, ведущий и натяжной барабаны, дугообразные траверсы на ходовых опорах, объединенные между собой цепями, по предлагаемой конструкции механизм удержания насыпного груза на ленте выполнен секционным, причем каждая секция изготовлена с наличием двух пар прижимных рычагов на соответствующей траверсе и двух боковых ленточных отрезков, которые жестко закреплены к внутренней поверхности сопредельных рычагов ближайших траверс и выполнены в виде вращающихся элементов, которые расположены симметрично вдоль оси несущей ленты с возможностью смыкания в круг над ней [23].

При этом рабочая ветвь раскрытой несущей ленты с грузом перемещается на траверсах (ходовых опорах) в середине замкнутого цепного контура, а холостая ветвь раскрытой несущей ленты движется на стационарных нижних роликопорах каждой рамы.

На рис. 2—4 показаны конструкция КЛТК в продольном и поперечном раз-

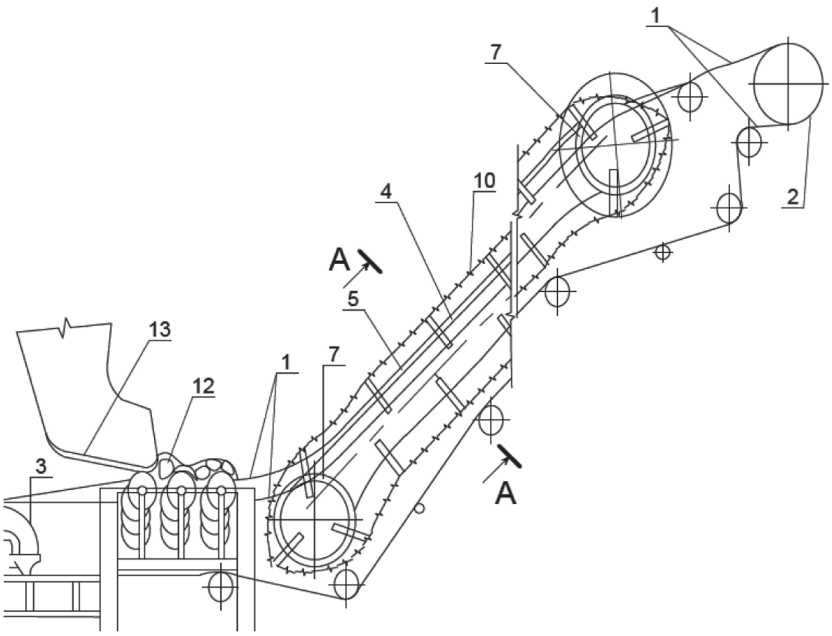

Рис. 2. Конструкция КЛТК в продольном разрезе
Fig. 2. High-angle belt trailer design (side elevation)

резах и вид в плане (приведенные цифровые обозначения расшифрованы в тексте).

Крутонаклонный ленточно-тележечный конвейер состоит из несущей ленты *1*, которая огибает приводной *2* и натяжной *3* барабаны, став с направляющими *4*, на которые установлены дугообразные траверсы *5*, соединенные между собой по всему ставу цепями *6* с приводными шестернями *7*. Траверсы *5* имеют возможность перемещаться по направляющим *4* на ходовых роликах *8*. На каждой траверсе *5* с обеих сторон от несущей ленты *1*, которая налегает на них, шарнирно смонтированы по два неравноплечих рычагов *9*. К внутренней поверхности сопредельных неравноплечих рычагов *9* ближних траверс *5* симметрично продольной оси несущей ленты и с обеих сторон жестко закреплены ленточные отрезки *10*, которые представлены в виде вращающихся элементов на шарнирах *11* с возможностью смыкания над несущей лентой *1*.

Работа узлов конструкции крутонаклонного конвейера состоит в следующем. Подвижная несущая лента *1* проходит через натяжной барабан *3* и налегает на траверсы *5*, которые через цепь *6* захватывают за собой другие траверсы. Сыпучий материал *12* питателем *13* загружается на несущую ленту *1*, которая двигается с необходимой скоростью для обеспечения заданной производительности. Секционированный механизм удержания сыпучего материала *12* на несущей ленте *1* работает таким образом. Нагруженная лента *1* под влиянием силы тяжести прогибается и давит на меньшие плечи рычагов *9*.

Сопредельные двухплечные рычаги ближних траверс *5* и жестко связанные с ними ленточные отрезки *10* под влиянием момента сил вращения переходят на шарнирах *11* из холостого положения в рабочее состояние, когда меньшие плечи рычагов *9* зафиксируются на опорной поверхности *14* траверс *5*. При этом лента *1* с сыпучим материа-

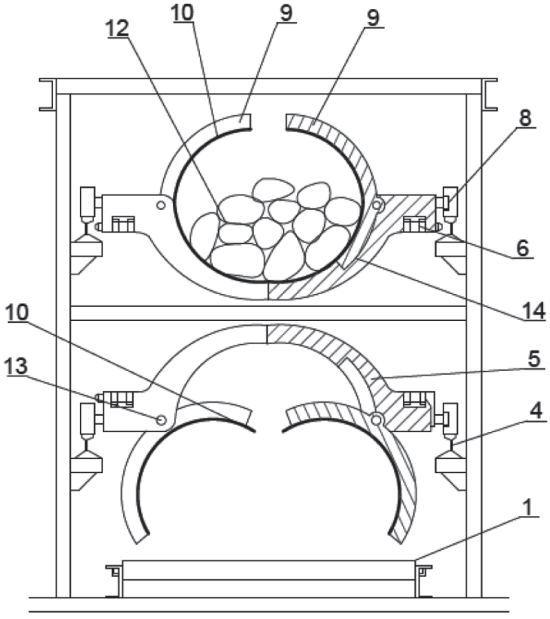

Рис. 3. Конструкция КЛТК в поперечном разрезе
Fig. 3. High-angle belt trailer design (cross-section)

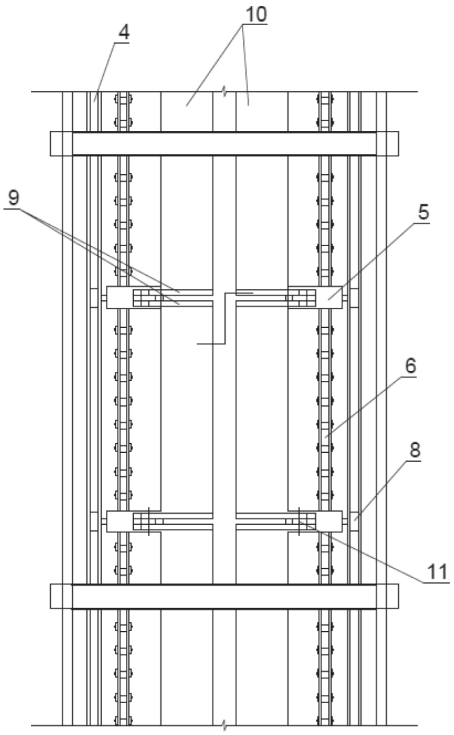

Рис. 4. Конструкция КЛТК в плане
Fig. 4. High-angle belt trailer design (plan view)

лом *12* опускается на траверсы 5, а секция механизма удержания смыкается над лентой *1*. Потом последовательно приобщаются к работе по мере движения ленты *1* с сыпучим материалом *12* следующие секции. Благодаря этому образуется труба из несущей ленты *1* и секций механизма удержания сыпучего материала *12*, который в замкнутом пространстве на ленте *1* двигается по крутонаклонной и переходит в горизонтальное разгрузочное положение. Здесь боковые секции механизма удержания груза раскрываются, несущая лента *1* с сыпучим материалом освобождается от них и разгружается в приемный бункер.

Устройство для перегрузки с крутонаклонного конвейера во внутрикарьерный железнодорожный транспорт. Отличие от известного устройства для загрузки пород в железнодорожные вагоны, включающего самоходную тележку, конвейер из шести секций, состоит в том, что в конструкцию перегрузочного устройства входит наклонная часть конвейера реверсивного перегружателя, межуступный конвейерный перегружатель, а также штабельный отвал, за счет чего при взаимодействии составных частей реверсивного перегружателя происходит загрузка железнодорожного состава, при этом до 30% дробленой скальной породы поступает на площадку верхнего уступа, складируется в штабель и отгружается перегрузочным экскаватором ЭКГ (рис. 5).

Устройство для перегрузки скальных пород из конвейера *4* в думпкары *8*, которые расположены на железнодорожном пути с возможностью дальнейшего транспортирования в штабель *11* при помощи наклонной части конвейера *9*

реверсивного перегружателя *6*, межуступного конвейерного перегружателя *3* и штабельного отвала *10*, при этом крутонаклонный конвейер *1* обустраивается стойками с подвижными роликами *14* в области приводной станции *13* и межуступного конвейерного перегружателя *3*, что позволяет по мере подвигания фронта горных работ размещать крутонаклонный конвейер под некоторым углом к откосу борта карьера, а непрерывность процесса перегрузки дробленой скальной породы обеспечивается взаимодействием составных частей устройства.

Работа устройства обеспечивается следующим образом. Дробленая скальная порода поступает на крутонаклонный конвейер *1*, который приводится в действие приводной станцией *13* и установлен на опорах *2* и стойках с подвижными роликами *14*. Подвижные ролики *14* размещаются на рельсовом ходу для обеспечения изменения угла поворота крутонаклонного конвейера. После подъе-

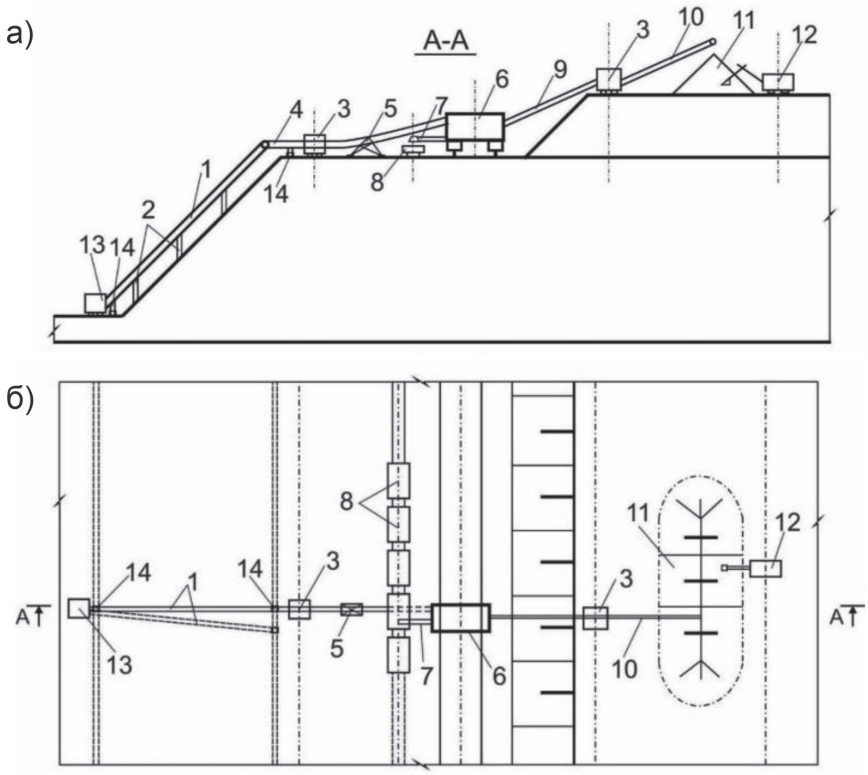

Рис. 5. Устройство для непрерывной перегрузки скальных пород с конвейера и штабеля в железнодорожный транспорт в разрезе (а) и плане (б): 1 — конвейерный подъемник; 2 — опоры; 3 — межуступный конвейерный перегружатель (МКП); 4 — горизонтальная часть конвейерного подъемника; 5 — автостелла компенсации высоты; 6 — реверсивный перегружатель; 7 — разгрузочная консоль реверсивного перегружателя; 8 — думпкар; 9 — наклонная часть конвейера реверсивного перегружателя; 10 — разгрузочная консоль МКП; 11 — штабель; 12 — экскаватор; 13 — приводная станция; 14 — стойки с подвижными роликами

Fig. 5. Continuous rehandling facility for conveyors and rail transport (a) in elevation and (b) plan view: 1—lifting conveyor; 2—supports; 3—bench-to-bench conveyor reloader (BCR); 4—horizontal branch of lifting conveyor; 5—height compensation bogie; 6—reverse reloader; 7—reverse reloader beam; 8—dumpcar; 9—inclined branch of reverse reloader conveyor; 10—BCR beam; 11—stock pile; 12—excavator; 13—power-drive station; 14—legs with movable rolls

ма на горизонтальную часть крутонаклонного конвейера *4* порода через конвейерный перегружатель *3* и автостеллу компенсации высоты *5* подается на перегружатель реверсивный *6*, установленный на железнодорожном ходу. Под действием отвала реверсивного перегружателя *7* происходит загрузка думпкаров *8*. В промежуток между подачей очередного состава железнодорожного транспорта через наклонную часть конвейера реверсивного перегружателя *9* порода поступает на конвейерный перегружатель *3* и при помощи отвала штабельного *10* складируется в штабель *11*.

Применение устройства для перегрузки скальных пород в железнодорожный транспорт позволяет сократить транспорт-

Таблица 1

Классификация транспортных средств комплексов ЦПТ
Classification of transportation devices included in CCM equipment

Классификационный признак	Автомобильный транспорт	Железнодорожный транспорт	Конвейерный транспорт	Скиповой транспорт
Характер работы во времени	цикличного действия	цикличного действия	непрерывного действия	цикличного действия
Способ перемещения грузов	в транспортных посудинах	в транспортных посудинах	на грузонесущих органах	в транспортных посудинах
Радиус поворота, м	8,7—19,8	120—150	300—1000	—
Годовой объем перевозок, млн т	70—100	150	20—40	18
Рациональное расстояние транспортирования, км	3—4	более 3	4—6	0,5
Рациональная глубина подъема груза из карьера, м	200—300	150—180	более 250—300	150—500
Максимальный размер транспортируемого куска породы	ограничен геометрическими параметрами кузова автосамосвала	ограничен геометрическими параметрами думпкара	25—35% ширины грузонесущей ленты	ограничен геометрическими параметрами приемного отверстия скипа
Основные требуемые характеристики и параметры	грузоподъемность, мощность двигателя, емкость кузова, колесная формула, минимальный радиус поворота, длина, ширина, скорость движения	мощность двигателя, грузоподъемность думпкара, емкость думпкара, общая масса локомотива и думпкаров, колесная формула, минимальный радиус поворота, скорость движения, ширина колеи, руководящий уклон и коэффициент тары	ширина ленты, расстояние между роликами, мощность привода, скорость движения ленты, диаметр приводного барабана, пропускная способность, высота подъема, угол наклона става	грузоподъемность, скорость движения скипов, угол уклона трассы, коэффициент тары, пропускная способность установки, высота подъема

Примечание: 1. Автосамосвал гусеничный 300 ‰.
2. Желобчатый конвейерный транспорт — до 14—18°, с перегородками — до 22°, трубчатый — до 35°, с прижимной лентой — до 30—45°, типа «snake sandwich» — 45—90°.

Таблица 2

Систематизация подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров
Systematization of CCM lifting transportation devices for steep slopes in deep open pit mines

Наименование	Показатель		
Тип и вид оборудования	**крутонаклонные конвейеры**	**скиповые подъемники**	**канатные (подвесные) дороги**
Главные параметры:			
тип несущего органа	резинотканевая, резинотросовая лента; резиновая лента с привулканизированными перегородками и гофрированными бортами	скип	вагонетка
высота подъема груза, м;	до 270—315, в перспективе и более	по факту 250	100
ширина ленты, мм;	800—3000	—	—
длина става (секции), м;	6—8[1]	500	100—500[2]
угол наклона трассы, град.;	22—45	75—90	до 45
расстояние транспортирования, км;	4—6	0,5	>3
размер куска, мм	200—1000	1200—1700	700—2000
Потребляемая мощность, кВт	до 5000	до 2600	н.д.
Производительность, $м^3/ч$	630—5000	200 — прогноз 2860	100—200
Условия применения	сооружается в наклонном стволе, либо на нерабочем борту карьера	устанавливается на нерабочем борту карьера, либо в вертикальном стволе	в специфических горнотехнических и климатических условиях, в горной местности
Завод-изготовитель	ЧАО «НКМЗ»; Paakkola Conveyors Oy; Dos Santos International; Beumergrop	Thyssenkrupp Fördertechnik	н.д.
Сочетание с оборудованием смежных процессов	используется в схемах ЦПТ в комбинации с автотранспортом; как правило, оборудован дробильной установкой первичного дробления	используется в схемах ЦПТ в комбинации с автотранспортом	используется в схемах ЦПТ в комбинации с автотранспортом при необходимости транспортирования по пересеченной местности

Примечание: [1] длина секции; [2] расстояние между опорами.

Таблица 3

Классификация перегрузочных устройств
Classification of rehandling facilities

Тип устройства	Характерный признак	Пример использования	Производитель
Капитальное	фундамент в теле уступа	перегрузочное устройство через дробилку или бункер в теле уступа; устройство для разгрузки автосамосвалов в бункер со сквозным проездом	ЧАО «НКМЗ»; Paakkola Conveyors Oy; Dos Santos International; Thyssenkrupp Fördertechnik; Beumergrop
Стационарное	опоры устройства представляют из себя бетонные блоки	перегрузочное устройство через дробилку или бункер на бетонном основании	
Полустационарное	опоры устройства на ходу, устройство периодически перемещается	передвижные дробилки, транспортная установка для доработки приконтурных запасов; устройство для перегрузки из конвейера в думпкары в стесненных условиях; межуступные перегружатели	
Мобильное	устройство регулярно перемещается	передвижные пластинчатые питатели, передвижные забойные дробилки и грохота	

но-погрузочную площадку на 25—30 м, тем самым, снизить объем выемки пород вскрыши до 250—280 тыс м^3, рационально использовать выемочно-погрузочное и транспортное оборудование в одной линии с сокращением времени загрузки думпкаров и формирования штабеля.

Развитие теории комплектации комплексов ЦПТ

В разрезе развития теории комплектации внутрикарьерных средств транспорта при ЦПТ с участием к.т.н. А.А. Шустова предложены: классификация транспортных средств комплексов ЦПТ (табл. 1), систематизация перегрузочного и подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров (табл. 2), классификация перегрузочных устройств (табл. 3), классификация устройств со сквозным проездом автосамосвалов (табл. 4).

В классификации транспортных средств комплексов ЦПТ (см. табл. 1) заложены следующие отличительные признаки: характер работы во времени, способ перемещения грузов, радиус поворота, годовой объем перевозок, рациональное расстояние транспортирования, рациональная глубина подъема груза из карьера, максимальный размер транспортируемого куска породы и основные требуемые характеристики и параметры.

В систематизации подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров (см. табл. 2) приведены виды и типы оборудования, конструктивные параметры, потребляемая мощность, производительность, условия применения, заводы-изготовители, сочетание с оборудованием смежных процессов.

Классификация перегрузочных устройств (см. табл. 3) разработана по их типу, характерному признаку, примерам использования и производителю, классификация разгрузочных устройств со сквозным проездом автосамосвалов (см. табл. 4) — по их типу, достоинствам и недостаткам.

Составленная классификация транспортных средств позволяет сделать вывод, что для условий железорудных карьеров с производственной мощностью 10—30 млн т руды в год до достижения глубины 180—200 м целесообразно применять железнодорожный транспорт. После чего следует переходить на комбинацию его с автомобильным транспортом до глубины 200—300 м в зависимости от условий залегания месторождения. На глубине 250—300 м следует соорудить перегрузочный пункт автомобильно-конвейерного транспорта, который будет переноситься через каждые 40—90 м.

При этом железнодорожные целики следует ликвидировать, начиная с нижнего горизонта к верхнему, чтобы иметь возможность эксплуатации железнодо-

Таблица 4

Классификация достоинств и недостатков разгрузочных устройств со сквозным проездом автосамосвалов
Classification of advantages and disadvantages intrinsic of unloading facilities with through pass of dump trucks

Тип устройства	Достоинства	Недостатки
С подъемным мостом	простота конструкции и эксплуатации	разгрузка только одного транспортного средства; дополнительный расход энергии на подъем моста
С движимым мостом	простота конструкции и эксплуатации	разгрузка только одного транспортного средства; дополнительный расход энергии на движение моста
С приводными балками	наименьшая ширина площадки перегрузочного пункта; минимальное время цикла разгрузки	разгрузка только одного транспортного средства; сложность конструкции и эксплуатации; дополнительный расход энергии на вращение балок
С поворотной платформой	возможность тупикового разворота с наименьшим радиусом поворота	разгрузка только одного транспортного средства; сложность конструкции и эксплуатации; наибольшее время цикла разгрузки; дополнительный расход энергии на поворот платформы
С разгрузочными плитами	возможность одновременной разгрузки нескольких автосамосвалов; минимальное время цикла разгрузки; простота конструкции и эксплуатации; наименьшая ширина площадки перегрузочного пункта; поворот разгрузочных плит осуществляется под действием веса перегружаемого груза	

рожного транспорта на верхних горизонтах и при этом не разносить борта карьера, а повышать их углы откосов.

Выводы

• Сооружение перегрузочного пункта со сквозным проездом автосамосвалов над бункером на глубоких горизонтах карьера позволит при годовой производительности транспортного комплекса по горной массе в 10 млн т сократить время на маневровые операции на 1040—3045 ч, в зависимости от их грузоподъемности, что обеспечит снижение расхода дизельного топлива на 94—204 тыс. л и экономию до 76—171 тыс. долл. США.

• По утверждению ряда исследователей, наиболее перспективными являются крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой типа «snake sandwich», эксплуатируемые в США и на медном руднике Майданпек (Сербия). В 2011 г. на карьере «Мурунтау» осуществлен пуск в эксплуатацию крутонаклонного конвейера КНК-270 с прижимной лентой, изготовленный НКМЗ. По высоте подъема, производительности, условиям эксплуатации ему нет аналогов в мире. Однако не полное освоение проектной мощности комплекса еще раз подтверждает необходимость увеличения одновременно разгружаемых в приемный бункер автосамосвалов с 2-х до 3—5 и более через реализацию сквозного пункта их разгрузки.

Крутонаклонный двухленточный конвейер производства фирмы «Paakkola Conveyors Oy» транспортирует дробленую руду крупностью 0—80 мм на высоту подъема 124 м.

В Российской Федерации разработан крутонаклонный ленточный конвейер FLEXOCON (ФЛЕКСОКОН) производства ЗАО «КМЗКО». В ряде проектов техперевооружения карьеров высота подъема руды с использованием этих конвейеров принимается равной 205 м. Основным отличием предлагаемой конструкции крутонаклонного ленточно-тележечного конвейера является возможность значительного уменьшения и даже исключения первичного внутрикарьерного дробления скальных вскрышных пород.

Предварительно установлено, что в этом случае большие затраты на ее создание будут компенсированы снижением затрат на подготовку вскрышных пород к транспортированию крутонаклонными конвейерами, уменьшению объема горно-подготовительных и горно-капитальных работ и сроков сдачи их в эксплуатацию.

• Разработана классификация транспортных средств комплексов ЦПТ, в основу которой заложены такие классификационные признаки, как характер работы во времени, способ перемещения грузов, радиус поворота, годовой объем перевозок, рациональное расстояние транспортирования, рациональная глубина подъема груза из карьера, максимальный размер транспортируемого куска породы и основные требуемые характеристики и параметры.

• Предложена систематизация подъемно-транспортного оборудования комплексов ЦПТ для использования на крутых бортах глубоких карьеров, которая основана на видах и типах оборудования, конструктивных параметрах, потребляемой ими мощности, производительности, условиях применения и в которой приведены основные заводы-изготовители и сочетание с оборудованием смежных процессов.

• Составлена классификации перегрузочных устройств по их типу, характерному признаку, примерам использования и производителю, а также разгрузочных устройств со сквозным проездом автосамосвалов по их типу, достоинствам и недостаткам с включением вновь разработанных новых элементов комплексов ЦПТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дребенштедт К., Риттер Р., *Супрун В.И.*, *Агафонов Ю.Г.* Мировой опыт эксплуатации комплексов циклично-поточной технологии с внутрикарьерным дроблением // Горный журнал. — 2015. — № 11. — С. 81—87. DOI: 10.17580/gzh.2015.11.17.

2. Галкин В. И., Шешко Е. Е. Обоснование областей эффективного применения специальных видов конвейеров на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2014. — СВ 1. — С. 400—410.

3. *Трубецкой К.Н., Жариков И.Ф., Шендеров А.И.* Совершенствование конструкции карьерных комплексов ЦПТ // Горный журнал. — 2015. — № 1. — С. 21—24. DOI: 10.17580/gzh.2015.01.04.

4. *Яковлев В.Л.*, *Кармаев Г.Д.*, *Берсенев В.А.*, *Глебов А.В.*, *Семенкин А.В.*, *Сумина И.Г.* Об эффективности применения циклично-поточной технологии горных работ на карьерах // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 2016. — № 1. — С. 100—109.

5. *Кармаев Г.Д.*, *Берсенев В.А.*, *Семенкин А.В.*, *Сумина И.Г.* Технические и технологические аспекты применения крутонаклонных конвейеров на карьерах // Проблемы недропользования. — 2014. — № 4. — С. 154—163.

6. *Четверик М.С.*, *Перегудов В.В.*, *Романенко А.В.* и др. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах. Перспективы развития: Монография. — Кривой Рог: Дионис (ФЛ-П Д.А. Чернявский), 2012. — 356 с.

7. *Дриженко А.Ю.*, *Козенко Г.В.*, *Рыкус А.А.* Открытая разработка железорудных руд Украины: состояние и пути совершенствования: Монография. — Днепропетровск: НГУ, 2009. — 452 с.

8. *Шапарь А.Г.*, *Лашко В.Т.*, *Новожилов С.М. и др.* Перегрузочные пункты при автомобильно-конвейерном транспорте на рудных карьерах: Монография. — Днепропетровск: Поліграфіст, 2001. — 139 с.

9. *Yu Jiang, Zhixiong Li, Guang Yang, Yuelei Zhang, Xiaogang Zhang*. Recent progress on smart mining in China // Unmanned electric locomotive. Advances in Mechanical Engineering 2017, Vol. 9(3) 1—10. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814017695045.

10. *Londoño J.G., Knights P.F., Kizil M.S.* Modelling of In-Pit Crusher Conveyor alternatives // Mining Technology. Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy: Section A. Vol. 122, 2013. Issue 4, pp. 193—199.

11. *Piotr Kruczek, Marta Polak, Agnieszka Wyłomańska, Witold Kawalec, Radoslaw Zimroz*. Application of compound Poisson process for modelling of ore flow in a belt conveyor system with cyclic loading // International Journal of Mining, Reclamation and Environment, 2018. Vol. 32, Issue 6, pp. 376—391.

12. *Bakhtavar E., Mahmoudi H.* Development of a scenario-based robust model for the optimal truck-shovel allocation in open-pit mining // Elsevier: Computers & Operations Research, 2018.

13. *Chung H. Ta, Armann Ingolfsson, John Doucette.* A linear model for surface mining haul truck allocation incorporating shovel idle probabilities // European Journal of Operational Research, 2013, Vol. 231, Issue 3, pp. 770—778.

14. *Molnar V., Buchala V.* Desing of a feeding station in ecological transportation system of raw materials // Proceeding of International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017, 2017, Vol. 17. pp. 519—528.

15. *CBC News*. URL: http://www.cbc.ca/news/canada/sudbury/mining-labour-shortage-coming-in-next-10-years-1.1864383 (дата обращения: 12.10.2015). Mining labour shortage coming in next 10 year.

16. *Londono J.G., Knights P., Kizil M.* Review of in-pit crusher conveyor application // Austrailian Mining Technology Conference, 2012, pp. 63—82.

17. *Duvall J.L., McCarthy R., Cooper A., Tutnbull D., Morriss P.* In-pit crushing and conveying — not a new idea, but a new reality // Phoenix, AZ U.S.A., 2009, pp. 21.

18. *Luchinger P., Maier U.*, *Errath R.A.* Active front end technology in the application of a down hill conveyor / Cement Industry Technical Conference, 2006, pp. 20.

19. *Картавый А.Н.* Сравнительная оценка крутонаклонных ленточных конвейеров // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2009. — № 12. — С. 98—113.

20. *Семенюк А.А.*, *Решетняк С.П.*, *Байчурина Н.И.*, *Султанова Н.Р.* Инновационная технология транспорта руды Оленегорского месторождения с применением крутонаклонного

конвейера // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — СВ 56. — С. 413—420.

21. *Санакулов К. С., Шеметов П. А.* Развитие циклично-поточной технологии на основе крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах // Горный журнал. — 2011. — № 8. — С. 34—37.

22. *Решетняк С. П.* Современные тенденции в проектировании циклично-поточной технологии на карьерах // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2015. — № 8. — С. 126—133.

23. *Дудченко А. Х., Молдабаев С. К., Никоненко В. П., Дриженко А. Ю., Юсупов Х. А.* Патент РК № 32586, 08.07.2016. Крутонаклонный конвейер трубчатого типа для транспортирования крупнокусковой горной массы, 2017. Бюл. № 26 (II). ГИАБ

REFERENCES

1. Drebenshtedt K., Ritter R., Suprun V. I., Agafonov Y. G. Wordl experience of cyclic and flow technology complexes usage with in-pit crushing. *Gornyy zhurnal*. 2015, no 11, pp. 81—87. DOI: 10.17580/gzh.2015.11.17. [In Russ].

2. Galkin V. I., Sheshko E. E. Justification of areas of effective use of special types of conveyors on open pit mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2014. CB 1, pp. 400—410. [In Russ].

3. Trubetskoy K. N., Zharikov I. F., Shenderov A. I. Improving design on CFT open pit mine complexes. *Gornyy zhurnal*. 2015, no 1, pp. 21—24. DOI: 10.17580/gzh.2015.01.04. [In Russ].

4. Yakovlev V. L., Karmayev G. D., Bersenev V. A., Glebov A. V., Semenkin A. V., Sumina I. G. About efficiency of implementing cyclic and continuous technology of mining on pen pit mines. *Fiziko-tekhnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*. 2016, no 1, pp. 100—109. [In Russ].

5. Karmayev G. D., Bersenev V. A., Semenkin A. V., Sumina I. G. Technical and technological aspects of using steeply iniclined conveyors on open pit mines. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2014, no 4, pp. 154—163. [In Russ].

6. Chetverik M. S., Peregudov V. V., Romanenko A. V. *Tsiklichno-potochnaya tekhnologiya na glubokikh kar'erakh. Perspektivy razvitiya*. Monografiya [Cyclic and continuous technology on deep open pit mines. Development perspectives: Monograph], Krivoy Rog: Dionis (FL-P D. A. Chernyavskiy), 2012, 356 p.

7. Drizhenko A. Yu., Kozenko G. V., Rykus A. A. *Otkrytaya razrabotka zhelezorudnykh rud Ukrainy: sostoyanie i puti sovershenstvovaniya*. Monografiya [Open pit mining iron ores of Ukraine: state and improvement ways: Monograph], Dnepropetrovsk, NGU, 2009, 452 p.

8. Shapar' A. G., Lashko V. T., Novozhilov S. M. *Peregruzochnye punkty pri avtomobil'no-konveyernom transporte na rudnykh kar'erakh*. Monografiya [Loading points during truck-conveyor transport use on ore open pit mines: Monograph], Dnepropetrovsk, Poligrafist, 2001, 139 p.

9. Yu Jiang, Zhixiong Li, Guang Yang, Yuelei Zhang, Xiaogang Zhang. Recent progress on smart mining in China. Unmanned electric locomotive. *Advances in Mechanical Engineering* 2017, Vol. 9(3) 1—10. https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/1687814017695045.

10. Londoño J. G., Knights P. F., Kizil M. S. Modelling of In-Pit Crusher Conveyor alternatives. Mining Technology. *Transactions of the Institutions of Mining and Metallurgy*: Section A. Vol. 122, 2013. Issue 4, pp. 193—199.

11. Piotr Kruczek, Marta Polak, Agnieszka Wyłomańska, Witold Kawalec, Radoslaw Zimroz. Application of compound Poisson process for modelling of ore flow in a belt conveyor system with cyclic loading. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 2018. Vol. 32, Issue 6, pp. 376—391.

12. Bakhtavar E., Mahmoudi H. *Development of a scenario-based robust model for the optimal truck-shovel allocation in open-pit mining*. Elsevier: Computers & Operations Research, 2018.

13. Chung H. Ta, Armann Ingolfsson, John Doucette. A linear model for surface mining haul truck allocation incorporating shovel idle probabilities. *European Journal of Operational Research*, 2013, Vol. 231, Issue 3, pp. 770—778.

14. Molnar V., Buchala V. Desing of a feeding station in ecological transportation system of raw materials. *Proceeding of International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2017*, 2017, Vol. 17. pp. 519—528.

15. CBC News. URL: http://www.cbc.ca/news/canada/sudbury/mining-labour-shortage-coming-in-next-10-years-1.1864383 (accessed: 12.10.2015). Mining labour shortage coming in next 10 year.
16. Londono J. G., Knights P., Kizil M. Review of in-pit crusher conveyor application. *Austrailian Mining Technology Conference*, 2012, pp. 63—82.
17. Duvall J. L., McCarthy R., Cooper A., Tutnbull D., Morriss P. *In-pit crushing and conveying — not a new idea, but a new reality*. Phoenix, AZ U.S.A., 2009, pp. 21.
18. Luchinger P., Maier U., Errath R. A. Active front end technology in the application of a down hill conveyor. *Cement Industry Technical Conference*, 2006, pp. 20.
19. Kartavyy A. N. Comparative assessment of steeply dipping belt conveyors. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2009, no 12, pp. 98—113. [In Russ].
20. Semenyuk A. A., Reshetnyak S. P., Baichurina N. I., Sultanova N. R. Innovative technology of ore transport of Olenegorsk deposit using steeply inclined conveyor. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015. CB 56, pp. 413—420. [In Russ].
21. Sanakulov K. S., Shemetov P. A. Development of cyclic and flow technology based on steeply inclined conveyors on deep open pit mines. *Gornyy zhurnal*. 2011, no 8, pp. 34—37. [In Russ].
22. Reshetnyak S. P. Modern tendencies in designing cyclic and flow technology on open pit mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 8, pp. 126—133. [In Russ].
23. Dudchenko A. K., Moldabayev S. K., Nikonenko V. P., Dryzhenko A. Yu., Yusupov K. A. *Patent RK 32586*, 08.07.2016.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Молдабаев Серик Курашович[1] — д-р техн. наук, профессор,
e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru,
Абен Елдос[1] — магистр горного дела, ведущий научный сотрудник,
e-mail: yeldos.aben@gmail.com,
Касымбаев Ершат Аманжолович[1] — докторант,
e-mail: mirkau@mail.ru,
Сарыбаев Нуржигит Омарович[1] — докторант,
e-mail: nurzhigit@inbox.ru,
[1] Satbayev University.
Для контактов: Молдабаев С.К., e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

S.K. Moldabayev[1], Dr. Sci. (Eng.), Professor,
e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru,
Aben Yeldos[1], Master Of Mining, Leading Researcher,
e-mail: yeldos.aben@gmail.com,
E.A. Kasymbaev[1], Doctoral Candidate,
e-mail: mirkau@mail.ru,
N.O. Sarybayev[1], Doctoral Candidate,
e-mail: nurzhigit@inbox.ru,
[1] Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan.
Corresponding author: S.K. Moldabayev, e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru.