

УДК [622.647:621.867]:622.271.012.3

Бабий Е.В., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Шевченко А.И., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Икол А.А., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

**КРУТОНАКЛОННЫЕ КОНВЕЙЕРЫ В ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ
НА ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ КРИВБАСА**

Бабій К.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Шевченко О.І., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Ікол О.О., магістр
(ІГТМ НАН України)

**КРУТОПОХИЛІ КОНВЕЄРИ В ГІРНИЧОВИДОБУВНІЙ
ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ
НА ГЛИБОКИХ КАР'ЄРАХ КРИВБАСУ**

Babiy K.V., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Shevchenko A.I., Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Ikol A.A., M. S. (Tech.)
(IGTM NAS of Ukraine)

**HIGH-ANGLE CONVEYORS IN THE MINING INDUSTRY AND THEIR
POSSIBLE USE IN DEEP QUARRIES OF KRIVBAS**

Аннотация. Целью работы является исследование возможности применения крутонаклонных конвейеров в составе циклично-поточной технологии в глубоких карьерах Кривбасса.

Изложены основные проблемы открытой добычи железорудных месторождений Кривого Рога связанные с транспортированием горной массы. Установлено, что рациональным решением этих проблем является применение циклично-поточной технологии с крутонаклонными конвейерами. Приведена область применения циклично-поточной технологии с крутонаклонными конвейерами. Проанализированы основные конструкции крутонаклонных конвейеров для абразивных горных пород. Выполнен обзор по опыту применения конвейеров для горной промышленности. Рассмотрены конструкторские и проектные разработки крутонаклонных конвейеров для транспортирования крупнокусковых высоко абразивных железных руд.

Анализ существующих и разрабатываемых крутонаклонных конвейеров показал, что для горнодобывающей промышленности Кривбасса могут применяться только конвейера с прижимной лентой, лентой глубокой желобчатости, с подпорными элементами, элеваторного типа с ковшами. Согласно выполненным изысканиям установлено, что наиболее изученным является крутонаклонный конвейер с прижимной лентой, а перспективным – с лентой глубокой желобчатости.

Ключевые слова: крутонаклонный конвейер, глубокая желобчатость, циклично-поточная технология, абразивная горная порода, ролик, лента.

Введение. Одной из главных проблем открытой добычи руд в Кривбассе, определяющей ее перспективность и экономичность, является разработка эффективных технологий выемки, транспортирования и отвалообразования горных пород. Это относится прежде всего к тем объемам скальной вскрыши, которые сосредоточены ниже зоны работы железнодорожного транспорта. Высота этой части вскрышной рабочей зоны колеблется от 150 до 300 м, причем углы откоса бортов на отдельных участках карьеров составляют 27-35° (уступы сдвоены и строены, созданы временно нерабочие борта карьеров). Из-за этого возникают сложности опускания железнодорожного транспорта на более глубокие горизонты: требуется разнос бортов, большие капитальные затраты на укладку путей и сооружение перегрузочного пункта длиной около 0,6 км. Поэтому расстояния автоперевозок скальной вскрыши постоянно увеличиваются, что в конечном итоге приводит к увеличению себестоимости руды.

Вторая проблема, которая весьма существенно влияет на эффективность добычи руд на глубоких горизонтах, состоит в том, что на карьерах при применении комбинированных видов транспорта, прежде всего автомобильно-железнодорожного, применяют экскаваторные перегрузочные пункты. На некоторых карьерах их количество составляет от двух до шести. Они, в результате своих больших параметров, консервируют значительные запасы руды. Консервируют запасы руды и перегрузочные пункты при циклично-поточной технологии, но значительно меньшие.

Третья проблема заключается в том, что существующими транспортными коммуникациями карьеров также консервируются запасы руды. При доработке карьеров эти запасы можно вынуть без вскрышных работ. Однако при этом нарушится транспортная взаимосвязь глубоких горизонтов с поверхностью.

Из всех известных технологий открытой разработки железорудных месторождений наиболее рациональной для решения указанных выше проблем является циклично-поточная (ЦПТ) с крутонаклонными конвейерами (КНК). Использование крутонаклонных конвейеров упрощает схему транспортирования и уменьшает длину конвейерных линий, поэтому ведутся интенсивные работы по созданию новых и совершенствованию известных конструкций, способов их загрузки и эксплуатации.

Анализ исследований и публикаций. Применение крутонаклонных конвейеров позволяет осуществить принципиально новые, наиболее прогрессивные транспортно-технологические решения, сократить площади и объем производственных помещений, уменьшить длину транспортных галерей, сократить объемы капитального строительства. КНК небольшой протяженности в карьере могут быть использованы при поуступном подъеме горной массы в технологических схемах или для переподъема при оснащении дробильного оборудования, для транспортирования горной массы через сдвоенные или строенные уступы на перегрузочные пункты. Крупные крутонаклонные конвейерные установки для больших высот подъема являются сложными при монтаже и эксплуатации сооружениями и могут применяться только в составе циклично-поточной технологии.

Изучению проблемы транспортирования ленточными конвейерами крупнокузовых грузов внесли ученые А.О. Спиваковский, Н.С. Поляков, В.И. Галкин, В.Г. Дмитриев, Е.Е. Новиков, В.К. Смирнов, В.Ф. Монастырский, Я.Б. Кальницкий, В.С. Волотковский, И.В. Шуткин и др. Вопросами перераспределения грузопотока на ленточном конвейере и решению проблемы снижения динамических нагрузок занимались Е.Е. Шешко, Э.Г. Комар, Е.С. Кузнецов и др., на вибрационном конвейере – И.Ф. Гончаревич, И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе, А.И. Афанасьев и др.

Постановка задания. Исследование возможности применения крутонаклонных конвейеров в составе циклично-поточной технологии на карьерах Кривбасса.

Изложение материала и результатов. Опыт эксплуатации ЦПТ на железорудных карьерах показал, что вскрытие горизонтов наклонными стволами и квершлагами не экономично и не эффективно. Так как при развитии горных работ, особенно при переходе к последующей очереди отработки месторождения, горные выработки попадают в выработанное пространство или приводят к консервации запасов полезного ископаемого. Кроме того применение таких схем вскрытия привело к удорожанию циклично-поточной технологии, так как необходимы большие затраты на сооружение подземных стволов, камер и др., что снизило конкурентоспособность данной технологии.

Современные технические разработки в области крутонаклонных конвейеров дают возможность совершенствовать технологические параметры циклично-поточной технологии. В первую очередь это касается схем вскрытия горизонтов и области применения КНК в глубоких карьерах.

Расположение перегрузочного пункта ЦПТ на базе КНК возможно в двух направлениях: вскрытие осуществляется крутой траншеей и расположение оборудования на железобетонных опорах по борту карьера. Последнее технологическое решение существенно уменьшает капитальные затраты на схему вскрытия горизонтов, сокращает сроки строительства и расширяет область применения крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах.

Анализ вышеизложенных проблем разработки железорудных месторождений Кривбасса позволяет ограничить область применения крутонаклонных конвейеров в глубоких карьерах следующими условиями.

1. При добыче руд и выемке вскрышных пород для их выдачи на поверхность на глубоких карьерах.
2. Выемка и затем транспортирование крутонаклонным конвейером вскрышных пород на поверхность из вскрышных горизонтов, расположенных ниже зоны работы железнодорожного транспорта.
3. Выемка и транспортирование на поверхность руд, которые сосредоточены в целиках под автомобильно-железнодорожными перегрузочными пунктами или перегрузочными пунктами циклично-поточной технологии.
4. Обеспечение грузотранспортной связи глубоких горизонтов карьеров при их доработке при ликвидации существующих транспортных коммуникаций.
5. При интенсивном разносе нерабочих бортов или временно нерабочих

бортов карьеров.

б. При доработке месторождения и переходе на открыто-подземную выемку для обеспечения грузотранспортной связи с поверхностью.

Работа современных промышленных предприятий характеризуется необходимостью перемещения больших масс насыпных грузов. Это обуславливает высокую долю расходов на транспорт в себестоимости продукции и заметно влияет на уровень производительности труда. Поэтому вопросы совершенствования и создания новых способов и машин для механизации погрузочно-разгрузочных работ приобретают в настоящее время все большее значение.

Наиболее простым, производительным и эффективным является ленточный конвейерный транспорт. Однако возможность его применения во многих случаях ограничивается малым углом наклона (в традиционном исполнении углы подъема не более 16-18°). Поэтому с ростом глубины карьера традиционные ленточные конвейеры приходится располагать по сложной схеме, со значительным количеством перегрузочных узлов, иногда включающей и соединительные конвейеры-перегрузатели [1].

Известно большое число конструкций и конструктивных схем крутонаклонных конвейеров, основное отличие которых состоит в способе удержания груза на грузонесущей ленте от самопроизвольного движения вниз под действием силы тяжести. Рассмотрим основные конструктивные особенности наиболее распространенных типов крутонаклонных конвейеров.

Крутонаклонный конвейер с прижимной лентой. Наиболее распространенными на стадии промышленного применения находятся крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой. Искусственное увеличение нормального давления груза на рабочее полотно достигается применением прижимных элементов. В качестве прижимных элементов может быть использована либо специальная лента, собранная из кольцевых цепей, либо обычная прорезиненная, прижимаемая батареями подвижно укрепленных пневматических роликов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга, а также с помощью пневматических и магнитных устройств. Первый тип прижимных лент более приемлем для грузов, включающих крупные куски, а второй - для однородных мелкокусковых грузов, лежащих на ленту относительно ровным слоем [2, 3].

Известны конструкции тяжелых прижимных лент, состоящих из прорезиненных конвейерных лент с укрепленными на их внутренней стороне цепями или утяжеляющими рейками, расположенными в поперечном направлении. В конвейерах, выпускаемых фирмами «Крупп» (Германия) и «Биртлей» (США) вместо цепной сетки применяется прижимная прорезиненная лента. Масса 1 п. м. прижимной цепной ленты определяется в зависимости от физико-механических свойств транспортируемого материала и угла наклона конвейера.

Как показала практика [3], и цепные, и утяжеленные ленты имеют серьезные недостатки. Цепные прижимные ленты в процессе работы сжимаются в поперечном направлении, что нарушает нормальную работу конвейера и, кроме того, для пропуска обратной ветви цепной ленты требуется самостоятельный ленточный конвейер. Существенным недостатком наклонных конвейеров с тя-

желыми прижимными лентами является возможность бокового схода прижимной ленты с роликкоопор холостой ветви. Это объясняется тем, что тяжелая прижимная лента не имеет предварительного натяжения, так как она должна иметь на рабочей ветви слабины для лучшего облегания транспортируемого материала.

Для продления срока службы лент выполняют облицовку, ее покрывают защитным слоем упругого материала — оболочкой. Одним из вариантов облицовки ленты может быть пенный полиуретан с горбовидными выступами.

Применяются несколько разновидностей конструкций конвейеров с прижимными лентами, имеющими на рабочей поверхности укрепленный (привулканизированный) слой легко сжимаемого материала (губки, пенопласта и т. п.). Этот слой для большей эластичности и лучшего фиксирования транспортируемого груза может иметь выступы и впадины в виде «вафли». Дальнейшим развитием конструктивной схемы конвейера со специальными прижимными лентами является применение слоя пенного материала, имеющего в центральной части пустоты, которые при транспортировании насыпного или штучного груза при больших углах наклона или вертикально, легче поддаются сжатию, чем крайние зоны ленты. Благодаря этому повышается поперечная емкость и производительность конвейера, а также создается герметичность транспортирования [2, 3].

Кроме классического понимания конструкции крутонаклонного конвейера с прижимной лентой рассматриваются конструкции двух- и трехленточных конвейеров в двух поточном направлении. Возможные сферы применения разрабатываемых конструкций:

а) открытая разработка месторождений полезных ископаемых, при доработке карьера или после завершения добычных работ при рекультивации;

б) открыто-подземная разработка с прокладкой к подземным забоям стволов со дна карьера или земной поверхности и штреков из уступов бортов.

Применение конвейеров с прижимной лентой позволяет передать часть нагрузки на прижимной контур. Достоинством этих конвейеров является возможность создания дополнительного тягового усилия. Однако имеются и существенные недостатки:

- при транспортировании крупнокускового материала (до 300 – 400 мм) неравномерно будет прижиматься конвейерная лента, особенно по краям;

- происходит «проскальзывание» ленты, что при абразивных горных породах приводит к её повышенному износу;

- не установлена оптимальная длина става крутонаклонного конвейера, что может уменьшить затраты на ленту и др.

Кроме того, следует учесть громоздкость оборудования и сложность его обслуживания.

Крутонаклонные конвейера со специальными подпорными элементами на ленте для удержания насыпного груза. Подавляющее большинство известных и применяемых конвейеров с подпорными элементами оборудовано специальными лентами, имеющими на рабочей обкладке разного рода подпорные элементы

или продольные борта, либо в комплексе. К этому классу относятся конвейеры, выпускаемые компанией “Metso Minerals” это «Flexowell®» и «Pocketlift®» [4]. Самые распространенные ленты – типа «Flexowell®», к которым крепятся поперечные перегородки. Эти перегородки делят поверхность ленты на отдельные ячейки, вместимость которых зависит от высоты бортов и перегородок, шага перегородок и ширины ленты.

Несмотря на то, что высота перегородок в некоторых случаях достигает 400 мм, и имеются данные о транспортировке кусков размером 300-400 мм, следует предположить, что речь идет о грузах незначительной плотности, из-за трудности обеспечения устойчивости перегородок в пунктах загрузки. Кроме того конвейеры с бортами и перегородками имеют ограничение по высоте подъема одним ставом и могут иметь только однобарабанный привод.

Специалисты СибГИУ предложили [2] КНК нового поколения, установки на базе полотна ленточно-цепного типа с удерживающими перегородками без днищ. Тяговый цепной орган установок имеет возможностью установки ряда блочных промежуточных приводов для обеспечения бесперегрузочного транспортирования на требуемую высоту подъема.

В качестве высокопрочного и в тоже время легкого элемента для выполнения тяговой функции начато использование канатов из кевларового волокна, которое обладает уникальными свойствами. Уже сделаны первые шаги в направлении разработки и создания конструкции нового поколения КНК «Rope-Pocketlift®» с использованием кевларовых канатов. По прогнозу производителей, в ближайшем будущем высота непрерывного подъема горной массы будет до 1000 м с помощью одного КНК [3].

Все конструкции конвейеров с перегородками отличает порционное расположение груза на полотне [6], что вызывает снижение степени его заполнения при значительных углах подъема. Поэтому производительность таких конвейеров под углами подъема 35-45° составляет не более 2000-3000 м³/ч.

Крутонаклонный конвейер с лентой глубокой вогнутости (желобчатости) [5]. Принцип этой конструкции заключается в том, что ленту конвейера сжимают роликоопорами, что является способом удержания горной массы от самопроизвольного движения вниз под действием силы тяжести (рис. 1).

Следует отметить главный недостаток: крутонаклонные конвейеры с лентой глубокой вогнутости можно применять при небольшой высоте подъема в связи с большими энергозатратами на подъем.

Для применения крутонаклонных конвейеров с лентой глубокой вогнутости на карьерах в схемах ЦПТ необходимы теоретические, экспериментальные и проектные работы направленные на разработку технологических схем, определение производительности, длины става и др.; теоретическое обоснование параметров этих конвейеров как с позиций технологии, так и конструкций; экспериментальную и опытно-промышленную проверку.

Каплевидный крутонаклонный конвейер (подвесные). Приводная лента повышенной эластичности посредством утолщения краев ленты подвешена и замкнута в роликовых направляющих и в поперечном сечении под действием

собственной силы тяжести с перемещаемым грузом принимает каплевидную форму.

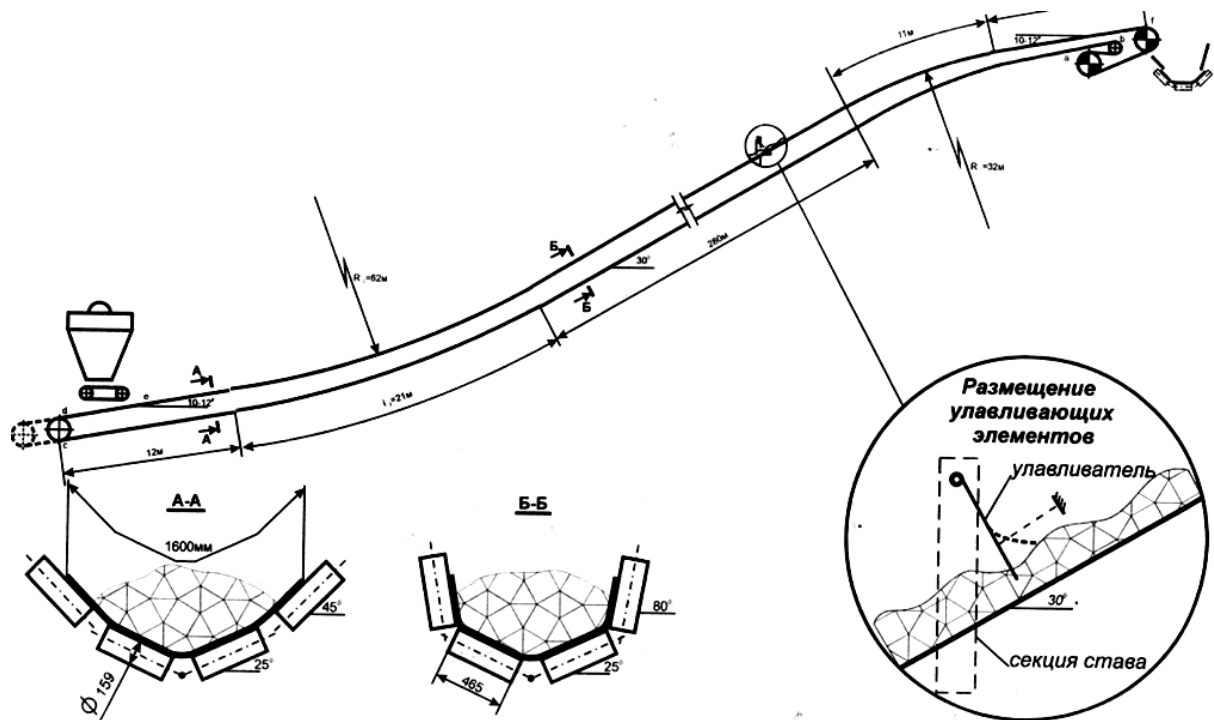


Рисунок 1 - Схема крутонаклонного конвейера с лентой глубокой вогнутости

Интересен принцип подвеса ленты, используемый в конвейерах фирмы Scantainventor Conveyor Sicon, который позволяет отказаться от использования дорогостоящих роликоопор, и существенно снизить металлоемкость конструкции [2]. В этом направлении предложены подвесные конвейеры с лентой повышенной желобчатости, подвесные конвейеры с застежкой «молния», шланговые конвейеры и др. Однако данный конвейер обладает небольшой производительностью до 500 т/ч, при угле подъема до 35°, скорости движения ленты до 5 м/с, крупности транспортируемого материала до 100 мм, дальности транспортирования до 800 м.

Крутонаклонные конвейеры элеваторного типа получили большое распространение фирм FLEXOWELL и FLEXOLIFT [4].

Ленты FLEXOWELL оснащены гофрированными боковыми стенками (бортами) высотой от 40 до 600 мм. Боковые стенки FLEXOWELL типа S и ES, рассчитанные на тяжелые условия эксплуатации, дополнительно усилены диагональным каркасом из ткани. Между бортами располагаются жесткие поперечные перегородки, как правило, с наклоном в направлении транспортирования, которые крепятся посредством вулканизации к базовой ленте и с помощью метизов к бортам. Таким образом, создается ячейковая конструкция, позволяющая равномерно транспортировать сыпучий материал, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении.

Производительность ленточных подъёмных систем FLEXOWELL S-образной конфигурации достигает 5000 м³/ч при любой крупности кусков, вплоть до 400 мм. При этом согласно данным авторов разработчиков даже при большой крупности кусков (более 150 мм) кривая зависимости скорости транспортирования от крупности материалов для вертикальных ленточных конвейеров FLEXOLIFT имеет довольно пологий вид. При крупности кусков 400 мм лента может идти со скоростью, по меньшей мере, 3 м/с.

Согласно данным источника [4] в 2007 году в мире работало более 60 тыс. установок типа FLEXOWELL.

Крутонаклонный ленточно-колесный конвейер для крупнокусковых горных грузов предложен проф. А.О. Спиваковским. Сущность этой конструкции заключается в использовании прижимных устройств, установленных непосредственно на перемещающихся ходовых опорах совместно с грузонесущей лентой. Это направление детально рассмотрено в трудах К.К. Мулухова и З.Н. Беслековой [7].

Конвейер содержит грузонесущую ленту, огибающую концевые барабаны, опирающуюся на ходовые опоры. Прижимные рычаги шарнирно установлены по краям ходовых опор, подпружинены относительно поворота и соединены с опорами посредством передаточных механизмов. Передаточный механизм выполнен в виде конической передачи или пространственного шарнирностержневого механизма.

Важным преимуществом подъемного ленточно-колесного конвейера является возможность обеспечения бесперегрузочного транспортирования одним конвейером за счет использования нескольких контуров с ходовыми опорами в качестве промежуточных приводов. Либо роль дополнительных прижимных лент выполняют свободные от груза боковые участки самой грузонесущей ленты, а прижимные рычаги взаимодействуют с ними без креплений, образуя свободное нахлесточное соединение кромок над слоем груза.

Крутонаклонный конвейер с промежуточными приводными контурами [8] является подвидом ленточно-колесного конвейера. Применяется для затяжных подъемов. Включает грузонесущую ленту, поддерживаемую ходовыми опорами на грузенной ветви и роlikоопорами на порожняковой ветви. Лента огибает концевые барабаны. Ходовые опоры снабжены катками, перемещающимися по направляющим, и соединены между собой замкнутыми тяговыми органами (цепи), огибающими концевые звездочки. По краям ходовых опор шарнирно смонтированы прижимные элементы в виде рычагов, соединенные по отдельности с копирами роликами механизма управления. Преимуществом использования промежуточных приводных контуров является также то, что они могут выполнять роль своеобразного ловителя грузонесущей ленты при ее обрыве.

Таким образом, известно большое число конструкций и конструктивных схем крутонаклонных конвейеров, основное отличие которых состоит в способе удержания груза на грузонесущей ленте от самопроизвольного движения вниз под действием силы тяжести. Различают конвейеры с повышенным коэффициентом трения горной массы о поверхность ленты; со специальными подпорны-

ми элементами на ленте для горной массы; с повышенным нормальным давлением горной массы на ленту или комбинацию нескольких из этих способов. Однако опыт применения для горной промышленности довольно скудный, что рассмотрено в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры крутонаклонных конвейеров, используемых в горной промышленности

Место эксплуатации или организация разра- ботчик	Ввод в эксплуатацию, год	Транспорти- руемый матери- ал	Плотность, γ , т/м ³	Производи- тельность, т/ч угол транспор- тирования, гра- дусов	Высота подь- ема, м	Длина, м	Ширина ленты, мм	Крупность ма- териала, мм	Тип конвейера	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Майданпек Mine (Югославия)	1992 - 1996	Медная ру- да	2,0 8	400 0	35, 5	93, 5	173, 7	200 0		С прижим- ной лентой
Мурунтау КНК-30 межуступ- ный пере- груза- тель (Узбекистан)	2006	Золотонос- ная руда	2,0	400 0	40	30	85	200 0		-/-
Мурунтау КНК-270 (Узбекистан)	2011	Золотонос- ная руда	2,6	350 0	37	270	960	200 0	30 0	-/-
Perini (Юж- ная Африка)	1993	Вскрыша	1,1 - 1,3	126 6	90	70, 1	83,8	137 2		-/-
Qualitech Steel (США)	1998	Железная руда	2,2	180	68	67, 6	91	914		-/-
Terra Nova (Мексика)	2000	Медная ру- да		250 0	35	34	79	152 4		-/-
Colver Pwr Plant/PA (США)	1994	Каменный уголь	0,8 8	260	До 60	48, 5	75	762		-/-
Лебединский ГОК, ИПЦ «Конвейер» (г. Брянск)	1996	Железная руда			до 30			120 0	До 45 0	С подвесной лентой
Flexolift (> 60 тыс. установок)				до 500 0 м ³ /ч	0- 90	до 300			60- 45 0	С бортами и перегород- ками
Pocketlift, Pocketrope (Mesto Min- erals)				до 818 м ³ /ч	до 90	до 500				Элеваторного типа

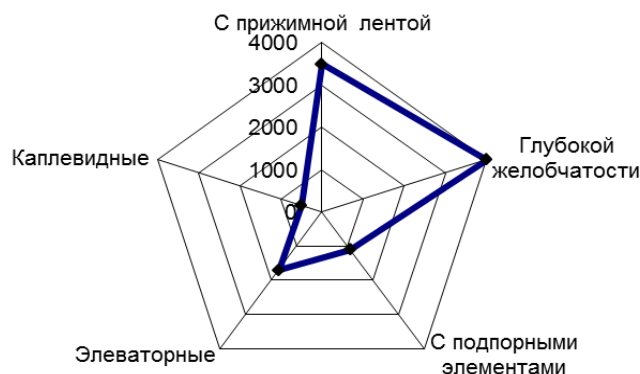
В таблице 2 отображены параметры последних конструкторских и проектных разработок крутонаклонных конвейеров для транспортирования крупнокусковых высоко абразивных железных руд.

Таблица 2 - Параметры крутонаклонных конвейеров для транспортирования железных руд, которые находятся на стадии разработок

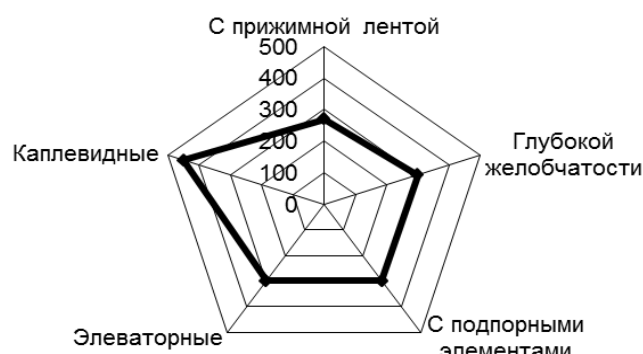
Организация разработчик	Ввод в эксплуатацию, год	Плотность, γ , т/м ³	Производительность, т/ч	Угол транспортирования, град.	Высота подъёма, м	Длина, м	Ширина ленты, мм	Крупность материала, мм	Тип конвейера
МГУ для Костомукшского ГОКа	ТЭО 1993	2,3	2300	45	107	до 200	1600	До 450	С прижимной лентой
МГУ для Костомукшского ГОКа	ТЭО 1993	2,3	2300	35	107	200	2000		Двухконтурный с перегородками
ИГТМ НАН Украины	-	2,0-2,4	1500-2200	25-30	300	750-650	1600	До 200	-//-
ИГТМ НАН Украины [9]	-	2,0	4000	25-30	125-175	300-350	1600	До 450	Глубокой желобчатости
ИГТМ НАН Украины	-	2,0-2,5	До 3000	До 90	До 500	До 500	600, 800, 1000	До 400	Вертикальный ленточный
МУП-30-5000 (УкрНИИпроект) (опытный образец)			5000	45		85	1800		Ленточный с поперечными перегородками
DOSCO Overseas Engineering LTD (Великобритания)				95-300 м ³ /ч	до 30	до 1000	450-2400	До 400	Трубчатые ленточные
Scantainventor Conveyor Sicon AB (Швеция)				до 35	до 450	до 800	-	До 100	Каплевидные
«Хьюрайз» фирмы «Хьювуд» (Великобритания)				до 3000	до 70	до 160	до 2000	До 200	Лентоцепные
Б.П. Антипцева			Более 4000	до 90	до 700			До 1000	Ленточно-ковшовый

Анализ собранных данных (см. табл. 1 и 2) существующих и разрабатываемых крутонаклонных конвейеров показал, что для горнодобывающей промышленности Кривбасса могут применяться только конвейера с прижимной лентой, лентой глубокой желобчатости, с подпорными элементами, элеваторного типа с ковшами и каплевидные. Каждая конструкция имеет свои достоинства и недостатки. Сравнение по основным горнотехническим параметрам выполнено в графическом виде (рис. 2).

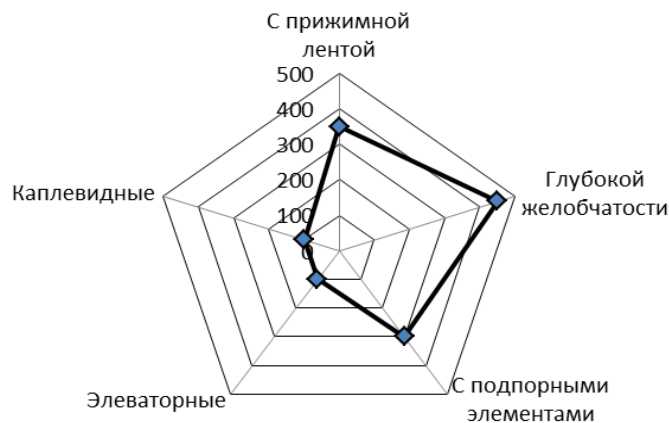
а)



б)



в)



а) по производительности, т/ч; б) по высоте подъема, м;

в) по кусковатости горной массы, мм

Рисунок 2 –Технические возможности различных типов КНК

Согласно выполненным изысканиям можно сделать вывод, что наиболее распространенным является КНК с прижимной лентой, а перспективным можно считать КНК глубокой желобчатости.

В ИГТМ НАН Украины выполняются работы по разработке конструкций КНК глубокой желобчатости [9], расчету его параметров, способу загрузки, применения в технологических схемах, устранению недостатков и совершенствованию достоинств. Предложенный крутонаклонный конвейер отличается бо-

лее простой конструкцией по сравнению с вышеописанными и создается за счет прижатия ленты боковыми роликами.

Главным недостатком этой модели (как и других конвейеров) является то, что в процессе эксплуатации лента и роlikоопоры конвейера подвергаются воздействию (динамическим нагрузкам). При транспортировании горной массы ленточными конвейерами, лента получает повреждения как в загрузочном пункте так и на линейном ставе от взаимодействия с транспортируемым грузом. При ударах крупных кусков по ленте и роликам в них формируются очаги ударно-усталостного разрушения. После многократных воздействий лента и ролик выходят из строя и требуют замены.

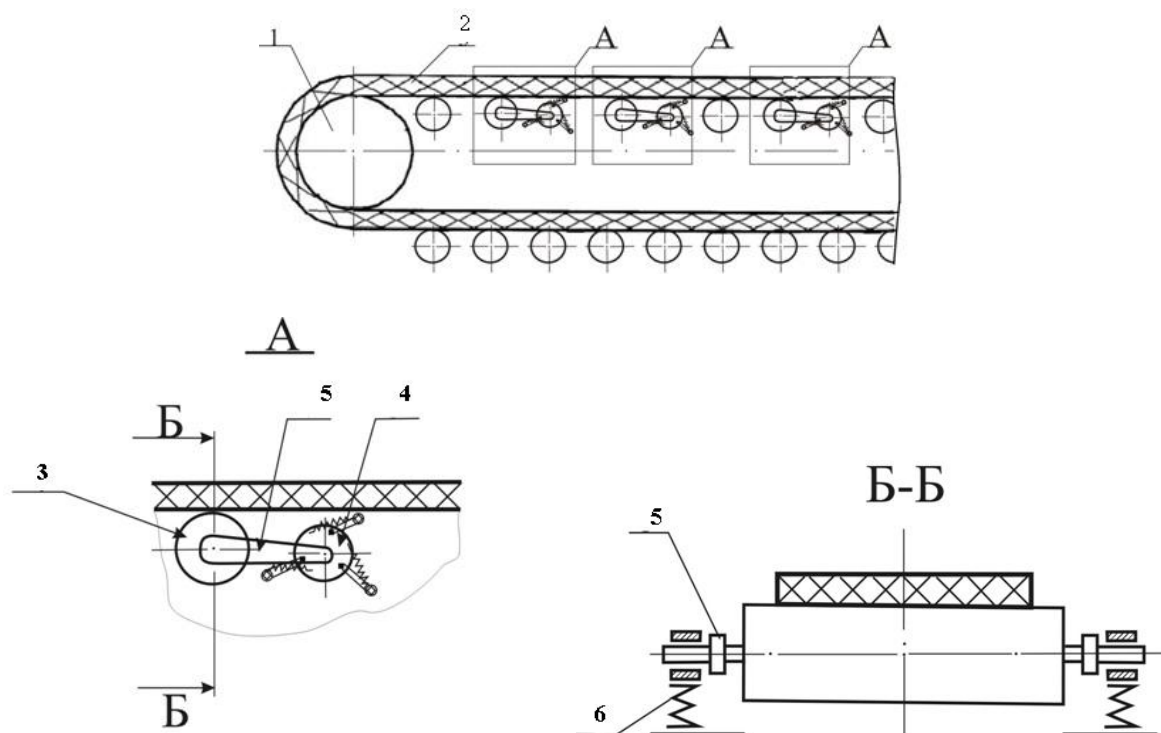
Анализ работ [1-9] показывает, что снижение динамических нагрузок при транспортировании крупных кусков по ленте конвейера идет как по пути создания специальных типов лент или роlikоопор, так и по пути формирования изолирующей подсыпки между конвейерной лентой и крупными кусками. Обзор конструкций и анализ факторов показал, что наиболее перспективным без существенного изменения конструкции ленточного конвейера является создание изолирующей "подушки" из мелкокускового груза. Сформировать такую подушку можно либо в зоне загрузки, либо по ходу движения ленты, используя явление сегрегации груза под воздействием вибрации, неизбежно возникающей на роlikоопорах.

В работе [10] для создания "подушки" в зоне загрузки предложено использовать импульсное воздействие на перемещаемый груз, которое осуществляется с помощью ударного устройства, установленного под лентой и выполненного в виде ролика. Ролик посредством жестких подпружиненных стержней шарнирно установлен с возможностью поворота на диске, который в свою очередь неподвижно закреплен на приводном валу и вращается совместно с ним. Устройство наносит через определенный промежуток времени удары по нерабочей обкладке ленты. При прохождении куска через устройство по нему будет нанесено определенное количество ударов, под действием которых крупный кусок перераспределится в насыпном грузе с образованием под ним подсыпки из мелкокускового груза.

Недостатками такого решения является то, что ударное устройство расположено только в зоне загрузки материала и обеспечивает защиту опорных ролик и ленты только на этом участке. При дальнейшем транспортировании по ленте крупные куски под действием сегрегации перемещаются и наносят повреждения опорным роликам. Необходимо обеспечить защиту ролик и ленты от воздействия крупных кусков по всей длине грузонесущего органа. В этом направлении разработан способ загрузки и транспортирования абразивной горной массы на базе конвейера глубокой желобчатости. Согласно способу под горизонтальной и наклонной частью конструкции КНК до зажатия горной массы боковыми роликами располагаются ударные устройства (рис. 3). За счет вибрационной сегрегации по длине грузонесущего органа достигается создание для крупнокускового груза изолирующей подушки из мелкокускового груза, и, как следствие, защита опорных ролик и ленты от ударного разрушения и увели-

чение срока их службы.

Схема разработанной конструкции конвейера с ударными устройствами представлена на рис. 3, на которой показан приводной барабан 1, лента 2, которая опирается на ролики 3. Возле роликов по длине конвейера до зажатия горной массы боковыми роликами на крутонаклонной части находятся ударные устройства 4. На каждое из устройств 5 от соседнего ролика 4 с двух сторон идут реверсивные приводы 5. Опоры указанных роликов установлены на пружинах 6.



1 – приводной барабан, 2 – лента, 3 – ролики, 4 – ударные устройства,
5 – реверсивные приводы, 6 – пружины

Рисунок 3 - Схема ленточного конвейера с ударными устройствами

С началом движения конвейера начинают вращаться опорные ролики и за счет ременной или цепной связи передают вращение ударным устройствам, которые ударяясь о нерабочую обкладку верхней ветви конвейерной ленты, вызывают перераспределение кусков транспортируемого груза. В результате на ленте производится встряхивание транспортируемого материала, его сегрегация по крупности с образованием на ленте “подушки” из мелкокусового материала. За счет этого снижаются динамические нагрузки на конвейерную ленту и опорные ролики, увеличивается срок их службы и повышается надежность работы конвейера. Фиксацию "подушки" осуществляют, формируя с помощью боковых прижимных роликов на ленте желобчатость. Указанное техническое решение позволяет обеспечить защиту опорных роликов и ленты от воздействия крупных кусков по всей длине грузонесущего органа.

Выводы. Основным назначением циклично-поточной технологии с крутонаклонными конвейерами в глубоких карьерах является транспортирование скальных вскрышных пород и руд из глубоких и средних по глубине карьера горизонтов на поверхность. В настоящее время созданы и находятся в эксплуатации крутонаклонные конвейеры, которые могут транспортировать горную массу под углом $25 - 45^\circ$, т.е. соответственно углу откоса нерабочего борта карьера. Этот аспект является важным направлением в горной промышленности, поскольку позволяет устанавливать их на опорах по борту карьера, избежать разноса борта, как это необходимо при проведении наклонной траншеи. Кроме того, появляется возможность устанавливать их на временно нерабочих бортах для отработки определённых участков месторождений.

Анализ существующих и разрабатываемых крутонаклонных конвейеров показал, что для горнодобывающей промышленности Кривбасса могут применяться только конвейера с прижимной лентой, лентой глубокой желобчатости, с подпорными элементами, элеваторного типа с ковшами. Согласно выполненным изысканиям установлено, что наиболее распространённым является КНК с прижимной лентой, а перспективным - КНК глубокой желобчатости.

Разработан способ загрузки и транспортирования горной массы крутонаклонным конвейером глубокой желобчатости, который заключается в том, что в горизонтальной и наклонной частях конструкции КНК до зажатия горной массы боковыми роликами располагаются ударные устройства, позволяющие перераспределить крупные куски в насыпном грузе с образованием вокруг них подсыпки из мелкокускового груза. В результате технического решения предохраняется лента и опорные ролики от постоянных ударных нагрузок, что значительно увеличивает срок их службы и повышает надёжность работы конвейера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах. Перспективы развития / М.С. Четверик, В.В. Перегудов, А.В. Романенко [и др.] – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 356 с.
2. Касаткин, А.А. Сравнительная оценка крутонаклонных ленточных конвейеров для горной промышленности / А.А. Касаткин // Московский государственный горный университет. Кафедра «Горная механика и транспорт», Московского государственного горного университета. – 2007. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.giab-online.ru/files/Data/2007/9/15_Kasatkin.pdf. – Загл. с экрана.
3. Котилевский, А.В. Двухленточные крутонаклонные конвейеры / А.В. Котилевский // Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова. 2009. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.jurnal.org/articles/2009/mash3.html>. – Загл. с экрана.
4. Пальке, Ю. Расширение сферы применения вертикальных конвейерных систем FLEXOWELL и ROCKETLIFT за счёт использования высокопрочных элементов из стали и кевлара, работающих на растяжение / Ю. Пальке, Р. Гюнтер // Горный журнал. – 2003. – № 1. – С.1 – 16; 48.
5. Pat. US 6681921, USA, B65 G15/08. Enclosed belt conveyor assembly (Закрытый желобчатый ленточный конвейер) / Schroeder Thomas A., Intere Systems, a division of Enduro Systems, Inc.; Stated 30.09.2002; Published. 27.01.2004. – 5 p.
6. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин, В.Г. Дмитриев, В.П. Дьяченко [и др.]. - М.: МГГУ, 2005. – 214 с.
7. Мулухов, К.К. Конструкция и расчет крутонаклонного ленточно-колесного конвейера для крупнокусковых грузов и глубоких карьеров / К.К. Мулухов, З.Н. Беслекоева // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. - № 5. – С. 253-258.

8. Мулухов, К.К. Ленточно-колесные конвейеры / К.К. Мулухов. - Владикавказ, СКГТУ, 2000. – С. 68-75.
9. Пат. № 98580 UA, МПК В65G 15/08 (2006.01). Вертикальний стрічковий конвеєр з багатопунктовим завантаженням / В.Ф. Монастирський, В.Ю. Максютенко, В.В. Виноградов, Р.В. Кірія, Д.Д. Брагинець, Б.І. Мостовой; заявник і патентовласник заявник і патентовласник ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – а 2011 05737; заявл. 06.05.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. – 3 с.
10. Пат. № 82687 RU, МПК В65G 27/10. Ленточный конвейер / Н.В. Ерофеева, А.Ю. Захаров – 2008 149346/22; заявл. 15.12.2008; опубл. 10.05.2009. – 5 с.

REFERENCES

1. Chetverik, M.S., Peregudov, V.V., Pomanenko, A.V. et all. (2012), Tsiklichnono-potochnaya tekhnologiya na glubokikh karerakh. Perspektivy razvitiya [Cyclic-flow technology in deep pits. prospects of development], Dionis, Krivoy Rog, Ukraine.
2. Kasatkin, A.A.(2007), “Comparative evaluation of steeply inclined belt conveyors for the mining industry”, Available at: http://www.giab-online.ru/files/Data/2007/9/15_Kasatkin.pdf, (Accessed 12 September 2014).
3. Kotilevskiy, A.V. (2009), “Two-tape steeply inclined conveyors”, Available at: <http://www.jurnal.org/articles/2009/mash3.html>, (Accessed 12 September 2014).
4. Palke, Yu. and Gunter, R. (2003), “Expanding the scope of the vertical conveyor systems and FLEXOWELL POCKETLIFT through the use of high-strength components made of steel and Kevlar, the tensile”, Gornyi zhurnal. no. 1, pp. 16; 48.
5. Schroeder, Th. A., Intere Systems, a division of Enduro Systems, Inc. (2002) , *Enclosed belt conveyor assembly*, U.S., Pat. 6,681,921.
6. Galkin, V.I., Dmitriev, V.G., Dyachenko V.P. et all (2005), *Sovremennaya teoriya lentochnikh konveyerov gornikh predpriyatiy* [The modern theory of belt conveyors mining enterprises], MGGU, Moscow, Russia.
7. Mulukhov, K.K. and Beslekoeva Z.N. (2012), “Design and calculation of steeply inclined belt conveyor wheel lumpy cargo and deep pits”, Gorniy informatsionno-analiticheskiy byulleten, no. 5, pp. 253-258.
8. Mulukhov, K.K.. (2000), *Lentochno-kolesnie konveyery* [Belt conveyors wheel], SKGTU, Vladikavkaz, Russia.
9. Monastyrskiy, V., Maksyutenko, V., Vynogradov, V., Kiriya, R., Braginet, D., Mostovoy, B. M.S. Poljakov Institute of Geotechnical Mechanics under NAS of Ukraine (2011), *Vertykalniy strichkoviy konveier z bagatopunktovym zavantazhennyam* [Vertical conveyor with multicast load], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 98580.
10. Erofeeva, N. And Zakharov, A. *Lentochniy konveyer* [Belt conveyor], State Register of Patents of Russia, Moscow, RU, Pat. № 82687.

Об авторах

Бабий Катерина Васильевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, katebabi@yandex.ru.

Шевченко Александр Иванович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник в отделе геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, katebabi@yandex.ru.

Икол Александр Алексеевич, инженер-конструктор в отделе геомеханических основ технологий открытой разработки месторождений, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, katebabi@yandex.ru.

About the authors

Babiy Katerina Vasilevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, katebabiy@yandex.ru.

Shevchenko Aleksandr Ivanovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, katebabiy@yandex.ru.

Ikol Aleksandr Alekseevich, Master of Science, engineer in Department of Geomechanics of Mineral Opencast Mining Technology M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, katebabiy@yandex.ru.

Анотація. Метою роботи є дослідження можливості застосування крутопохилих конвеєрів у складі циклічно-поточної технології в глибоких кар'єрах Кривбасу.

Розглянуто основні проблеми відкритого способу видобутку залізородних родовищ Кривого Рогу пов'язані з транспортуванням гірської маси. Встановлено, що раціональним вирішенням цих проблем є циклічно-поточкова технологія з крутопохилим конвеєром. Визначена галузь застосування крутопохилих конвеєрів. Проаналізовано основні конструкції крутопохилих конвеєрів для абразивних гірських порід. Наведено огляд даних з досвіду застосування круто похилих конвеєрів для гірничої промисловості. Наведено конструкторські і проектні розробки крутопохилих конвеєрів для транспортування великошматкових високо абразивних залізних руд.

Аналіз існуючих і розроблених крутопохилих конвеєрів засвідчив, що для гірничовидобувної промисловості Кривбасу можуть застосовуватися тільки конвеєра з притисочною стрічкою, стрічкою глибокої жолобчатості, з підпирними елементами, елеваторного типу з ковшами. Згідно виконаним вишукуванням встановлено, що найбільш вивченим є крутопохилий конвеєр з притисочною стрічкою, а перспективним - з стрічкою глибокої жолобчатості.

Ключові слова: крутопохилий конвеєр, глибока жолобчатість, циклічно-поточкова технологія, абразивна гірська порода, ролик, стрічка.

Abstract. Objective of the work is to study possibility to use high-angle conveyors as part of cyclical-and-continuous technology in the deep quarries of Krivbass.

The article formulates basic problems of iron ore surface mining in Krivoy Rog associated with the rock transportation. It is stated that the most rational solution of these problems is to use cyclical-and-continuous technology with high-angle conveyors in the districts listed in the article. Basic designs of high-angle conveyors suitable for transporting abrasive rocks are analyzed. Experience of using conveyors in the mining industry is reviewed. Engineering and designing developments of high-angle conveyors for transporting highly abrasive lumpy iron ore are considered.

Analysis of existing and new high-angle conveyors showed that only conveyors with pressure deeply-grooved belt and retaining elements, of elevator-type with bucket can be used in Krivbass quarries. According to the findings, high-angel conveyors with pressure belt are known best of all, and deeply-grooved belts are the most promising.

Keywords: high-angel conveyor, deeply grooved belt, cyclical-and-continuous technology, abrasive rocks, roller, belt.

Стаття поступила в редакцію 09.10.2014

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком