

УДК 622.682:622.647

Семенкин Александр Владимирович

младший научный сотрудник,
лаборатория транспортных систем
карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: semenkin@Igduran.ru

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ КРУТОНАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ В КАЧЕСТВЕ КАРЬЕРНОГО И МАГИСТРАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА*

Аннотация:

Приведено описание крутонаклонных конвейеров и их конструкций: с прижимной лентой и стационарными прижимными устройствами, с передвижными прижимными устройствами; трубчатых; со специальными лентами (системы с подвесными конвейерами). Приведены некоторые технические характеристики заводо-изготовителей упомянутых конвейеров. Рассмотрены их преимущества и недостатки в сравнении между собой в рамках применения на карьерах. Показаны примеры применения различных конвейеров на конкретных предприятиях. Каждый тип крутонаклонного конвейера имеет свои конструктивные особенности, связанные с этим технологические ограничения и соответствующую область применения. На рудных карьерах России и ближнего зарубежья крутонаклонные конвейеры пока применяются ограниченно. Реально внедренные проекты представлены крутонаклонными конвейерами с прижимной лентой. Специальные конвейеры: трубчатые, подвесные конвейеры на стальных канатах – подтвердили свои преимущества при магистральном транспортировании кусковых и сыпучих материалов, в том числе горной массы на практике в особых условиях (необходимость обеспечить изоляцию груза от внешней среды, пересеченная и гористая местность и т.п.). Однако их применение в качестве внутрикарьерного транспорта требует отдельного рассмотрения, технологического и технико-экономического обоснования.

Ключевые слова: крутонаклонный конвейер, крутонаклонный конвейер с прижимной лентой, карьер, циклично-поточная технология.

DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.025

Semenkin Aleksandr V.

Junior Researcher,
Laboratory of Open Pit Transport Systems
and Geotechnics,
Institute of Mining, Ural Branch of RAS,
620075 Ekaterinburg,
58 Mamina-Sibiryaka Str.
e-mail: semenkin@Igduran.ru

OVERVIEW OF DESIGNS AND APPLICATIONS OF STEEPLY INCLINED CONVEYORS AS QUARRY AND MAIN TRANSPORT

Abstract:

This article is a review article of high-angle conveyors (HAC). It describes steeply inclined conveyors and their structures: with a pressure belt and stationary pressure devices, with mobile pressure devices; tubular; Flying Belt systems; RopeCon systems. Some technical characteristics of the manufacturers of these conveyors are given. Their advantages and disadvantages in comparison with each other in the framework of application in quarries are considered. Examples of the use of various conveyors in specific enterprises are shown. Each type of steeply inclined conveyor has its own design features, associated technological limitations and the corresponding application area. Tubular conveyors, Flying Belt and RopeCon systems are used for conveyor delivery of bulk and of noncoherent materials in rough and mountainous terrain and are widely used in industry for transporting of copper concentrate, calcium and aluminum ores, coal, rock phosphate, sludge, etc. At the ore quarries of Russia and of neighboring countries, steeply inclined conveyors have still a limited use. Actual implemented projects are presented by HAC with a pressure tape. Special conveyors – tubular and suspended conveyors on steel ropes – have proven their advantages in the main transport of bulk and noncoherent materials, including rock mass in practice in special conditions (need to ensure isolation of the cargo from the external environment, rough and mountainous terrain, etc.). However, their use as an in-pit transport requires separate consideration and technological and feasibility evaluation.

Keywords: high-angle conveyor, steeply inclined conveyor with pressure belt, open pit, cyclic-flow technology.

* Исследования выполнены в рамках Государственного задания, тема 0405-2019-0005

Введение

Современные параметры и интенсивность ведения открытых горных работ, требования по сдерживанию роста себестоимости с увеличением глубины разработки месторождений требуют применения современных технологических и технических решений. Одним из ключевых процессов, создающих до 50 % и более себестоимости добычи, является карьерный транспорт. Поэтому его оптимизация является актуальной задачей.

Одно из решений по снижению себестоимости транспортирования горной массы из карьеров – это применение циклично-поточной технологии, предполагающей сборочное звено автомобильного транспорта и магистральный конвейер.

Для глубоких карьеров, а также тех, размеры которых не позволяют экономически целесообразно выполнить разнос борта под конвейерную траншею стандартного уклона (до 16°), рациональным вариантом является применение крутонаклонных конвейеров (КНК). На сегодняшний день существуют КНК, способные транспортировать горную массу под углом 35 – 70°. Это позволяет устанавливать их на опорах по борту карьера без его разноса.

Длительный опыт применения КНК в смежных отраслях производства при транспортировании разных грузов: угля, руды, строительных материалов, производственных отходов – подтверждает их работоспособность. При этом большая часть конвейеров используется не на горнодобывающих предприятиях.

В мировой практике применяют следующие виды крутонаклонных ленточных конвейеров [1]:

- с прижимной лентой (угол подъема более 30°);
- с поперечными перегородками и гофрированными боковыми бортами, с поперечными перегородками без боковых бортов, ленточно-ковшового типа;
- с рифленной лентой (угол подъема до 27°);
- с открытой подвесной лентой;
- с закрывающейся подвесной лентой на подвижных или неподвижных роликоопорах;
- элеваторного типа (угол подъема до 90°);
- трубчатые (угол подъема до 30 – 50°).

Изложение рассматриваемых вопросов

Ниже рассмотрены конструкции и примеры применения различных видов крутонаклонных конвейеров на предприятиях с целью определения перспективных видов конвейеров для применения на карьере России.

Работа трубчатого ленточного конвейера осуществляется следующим образом: в зоне загрузки материала трубчатая лента имеет форму желоба, загрузка на этом участке трассы ничем не отличается от загрузки обычной желобчатой конвейерной ленты. После загрузки материала лента сворачивается в трубу с помощью специальных пальчиковых роликоопор. По всей трассе конвейера установлены роликоопоры с роликами, расположенными в форме шестигранника, которые обеспечивают закрытое транспортирование материала в ленте.

В конце трассы (участок разгрузки) конвейерная лента разворачивается с помощью специальных роликоопор и принимает сначала желобчатую форму, а затем плоскую. Таким образом транспортируемый материал разгружается, как в случае с ленточными конвейерами [2]. На рис. 1 представлена конструкция трубчатого конвейера [3].

Преимуществами трубчатых крутонаклонных конвейеров по отношению к другим видам КНК являются: возможность применения на открытых горных работах; высокая скорость транспортирования; возможность вертикального и горизонтального изгиба трассы.

При этом существуют недостатки: работают на запатентованной специальной и очень дорогостоящей ленте [4]; угол подъема материала до 30° ; размер куса транспортируемого материала до 150 мм; сложная настройка правильной работы ленты из-за конструктивной особенности; сдвиг груза, находящегося в наклонной части, при запуске конвейера; относительно небольшая производительность.

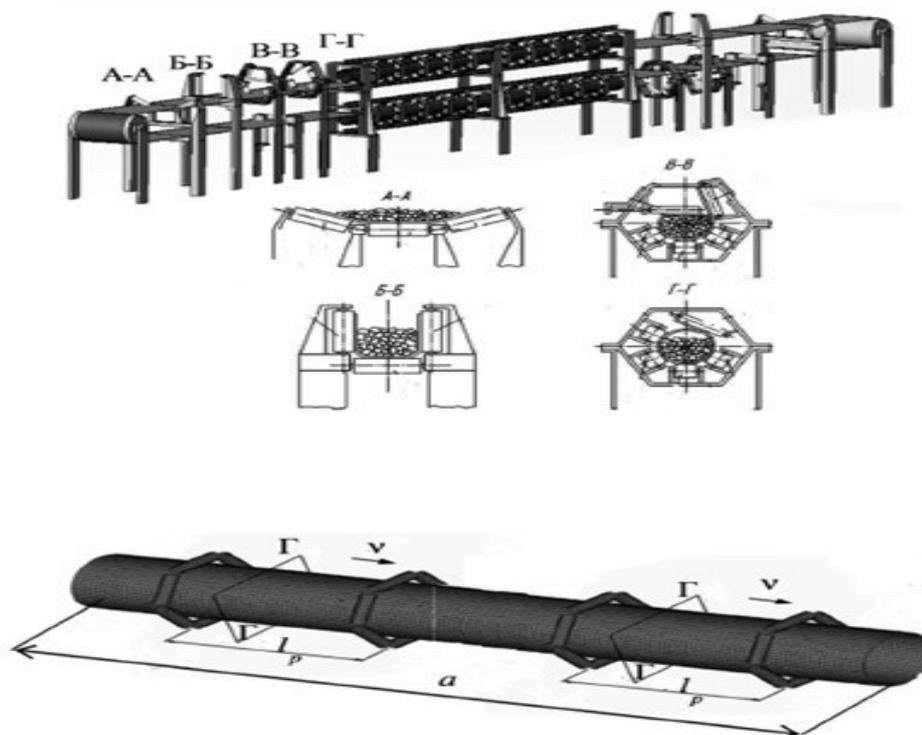


Рис. 1 – Конструкция трубчатого конвейера

Однако существуют исследования по инновационной трубчатой ленте [5]. Для работы конвейера достаточно первичной стадии дробления горной массы. Трубчатая лента представляет собой высокопрочную резинотросовую ленту с высокой динамической прочностью стыка на базе технологии St 10000, с поперечной жесткостью, достаточной для сохранения трубчатой формы, с износостойкими шевронными профилями резиновой рабочей обкладки ленты. Трубчатый конвейер с разработанной лентой позволяет транспортировать горную массу с производительностью до $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$ с максимальной скоростью до 4 м/с, с кусковатостью материала до 350 мм, углом наклона до 45° для карьеров глубиной до 700 м [6, 7].

Зapatентованная система Flying Belt сочетает в себе преимущества ленточного конвейера и канатной транспортной системы. Подвесной конвейер Flying Belt может использоваться совместно с добывающим оборудованием. Его конструкция включает четыре несущих каната и транспортную ленту в виде глубокого полукруглого желоба. Производительность системы до 2000 т/час, ширина ленты от 600 до 1600 мм, длина пролета до 500 м, размер максимального куса до 300 мм.

Преимущества: широкие возможности адаптации трассы (возможность транспортировать материал по труднопроходимой местности); модульная система, позволяющая перемещать линию.

Недостатки: относительно небольшой максимальный уклон до 25° ; небольшая производительность (до 2000 т/ч).

Подвесной конвейер Flying Belt изображен на рис. 2 [8].



Рис. 2 – Подвесной конвейер Flying Belt

Поддерживается лента осями, которые к ней прикручены на равных расстояниях. По обоим концам осей прикреплены ходовые ролики. Они двигаются по натянутым и фиксированным несущим стальным канатам и направляют ленту. Несущие канаты с помощью опор приподняты над землей [9].

Еще одним видом крутонаклонного конвейера является система RopeCon. RopeCon транспортирует материал на плоской ленте с гофрированными бортами. Как и у традиционных конвейеров, лента, на концах которой расположены приводные или обводные барабаны, служит в качестве тягового элемента.

Преимуществами конвейера RopeCon являются: возможность транспортирования материала по труднодоступной местности, такой как горы, реки, сооружения, ущелья и т.д.; малый коэффициент сопротивления движения роликов по канатам; так как лента по всей длине движется на ходовых роликах, то даже при боковом ветре и неравномерной загрузке ленты не происходит ее смещения; высокий срок службы ленты [10].

Недостатками же являются высокая стоимость конструкции, гофрированной ленты, роликов; сложность монтажных работ на высоте [11]; при использовании в карьере, возможно, будет длинная хвостовая загрузочная часть, как при крутонаклонном конвейере с прижимной лентой.

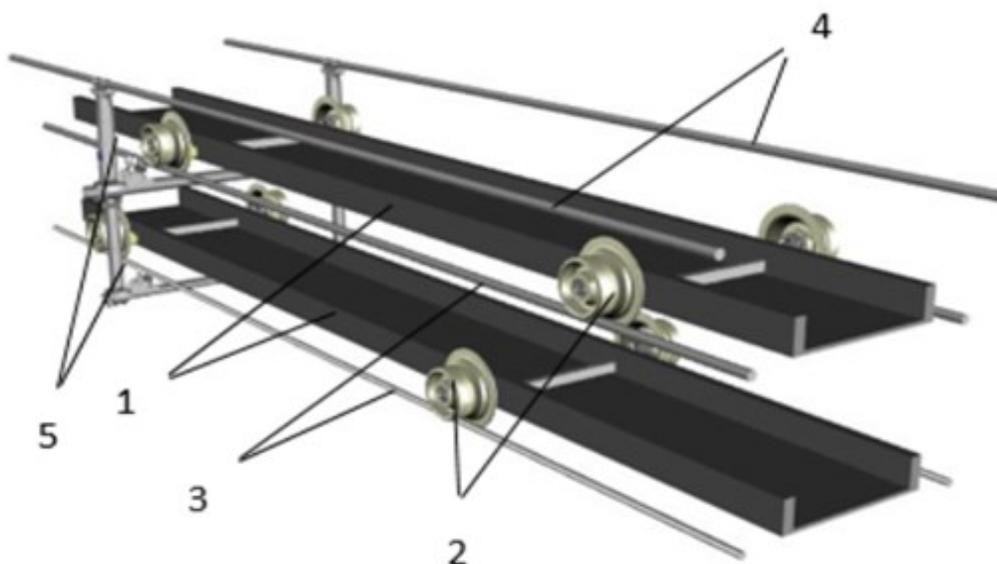


Рис. 3 – Конструкция става конвейера RopeCon:
1 – лента с гофрированными бортами; 2 – ходовые ролики; 3 – направляющие канаты;
4 – несущие канаты; 5 – опорные конструкции

По заявлению изготовителя, производительность конвейера может достигать до 25000т/ч при скорости ленты до 8 м/с [11, 12, 13]. Конвейер RopeCon способен транспортировать материал под углом до 30° , а с грузозацепами – до 45° [11], производитель же заявляет, что и до 90° , как вертикальный транспортер. Расстояние между ближайшими опорами может достигать до 1,5 км, а максимальная длина транспортировки в одной секции – до 30 км. На рис. 3 изображена конструкция конвейера RopeCon [13].

В результате анализа конструкций крутонаклонных конвейеров в ИГД УрО РАН разработана схема двухконтурного крутонаклонного конвейера с движущимися прижимными элементами. Особенностью конструкции является исполнение прижимных элементов в виде гофр, закрепленных на внешней (рабочей) поверхности ленты грузонесущего контура. Гофры выполнены из упруго-эластичного материала, обладают хорошей демпфирующей способностью и восстанавливают свою форму после исчезновения контакта с транспортируемым материалом. Максимальная высота гофр соответствует глубине желоба грузонесущей ленты, а при отсутствии горной массы на ней гофра входит в ее желоб и выполняет функцию перегородки. Конструкция крутонаклонного конвейера с прижимной лентой изображена на рис. 4.

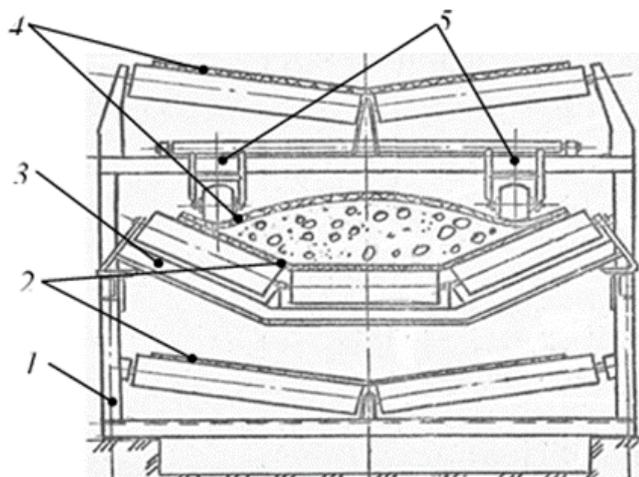
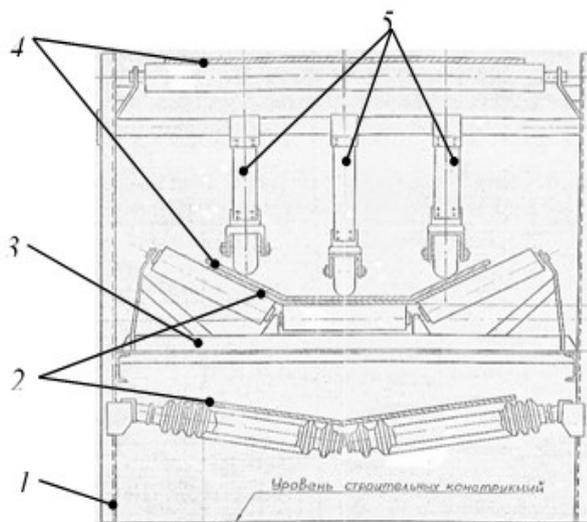
a*б*

Рис. 4 – Конструкция линейного става двухконтурного ленточного конвейера с прижимными (грузоудерживающими) лентами:

a – с двумя прижимными катками; *б* – с тремя прижимными катками;

1 – поддерживающие металлоконструкции; 2 – лента грузонесущего контура; 3 – роlikоопора;

4 – лента грузоудерживающего контура; 5 – прижимные элементы с катками

Секция линейного става и его поперечное сечение показаны на рис. 5, а принципиальное исполнение ленты грузодерживающего контура – на рис. 6 [1].

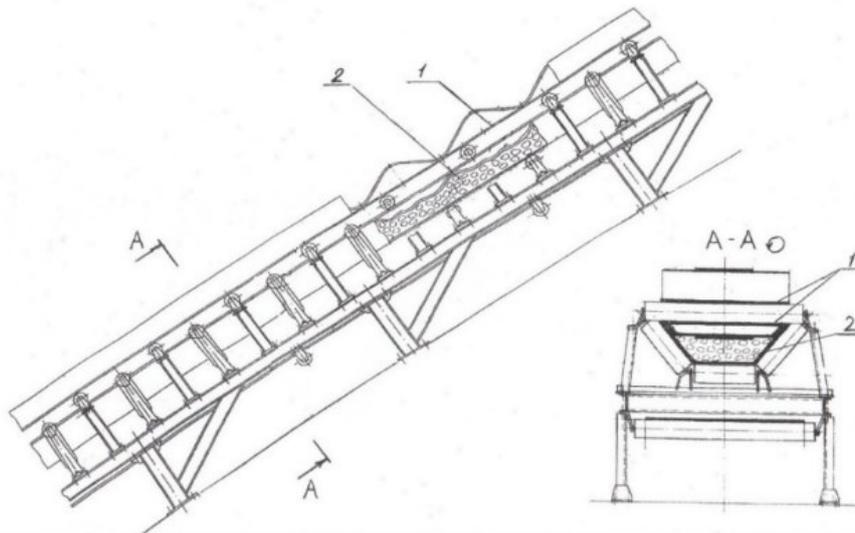


Рис. 5 – Линейный став крутонаклонного конвейера (конструкции ИГД УрО РАН):
1 – грузодерживающая лента с гофрами; 2 – транспортируемый материал

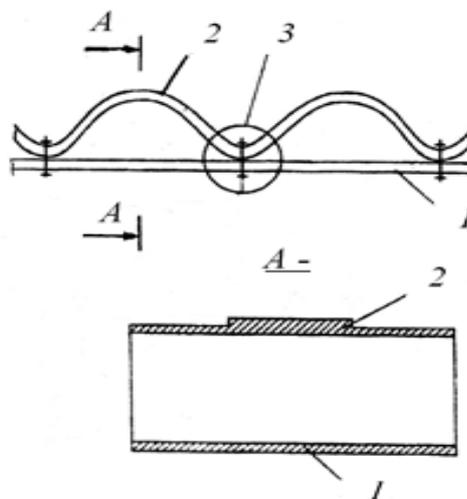


Рис. 6 – Принципиальная конструкция ленты грузодерживающего контура:
1 – плоская несущая лента; 2 – гофрированная лента;
3 – участок крепления гофрированной ленты к плоской

Конструктивные особенности крутонаклонного ленточного конвейера с движущимися прижимными элементами в виде гофр обеспечивают надежный подъем неравномерного потока горной массы за счет совместного использования принудительного прижатия транспортируемого материала в желобе грузонесущей ленты и эффекта глубокой желобчатости; синхронного с грузонесущей лентой перемещения прижимных элементов; упруго-эластичных свойств прижимных элементов, позволяющих им выполнять дополнительно функцию подпора транспортируемого материала.

Разработана экономико-математическая модель расчета параметров крутонаклонных конвейеров такого типа и затрат на транспортирование ими горной массы [1].

Преимущества крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой: возможность применения на открытых горных работах; долгий срок службы лент; унификация со стандартными ленточными конвейерами (до 85 %); высокая производительность.

Недостатки: относительно небольшой угол наклона до 45° ; длинные хвостовые (загрузочная и разгрузочная) части. Необходимость больших площадок под них; надежность прижимных устройств; точная выверка переходных участков при монтаже; согласование приводов и синхронизация движения лент [14].

Двухконтурные ленточные конвейеры с механическими прижимными устройствами грузодерживающих лент нашли достаточно широкое применение за рубежом и начинают внедряться в комплексах циклично-поточной технологии (ЦПТ) в странах СНГ.

В 2015 г. на Оленегорском ГОКе выполнен проект по вводу ЦПТ с крутонаклонным конвейером с прижимной лентой. Фотография крутонаклонного конвейера представлена на рис. 7 [15].



Рис. 7 – Крутонаклонный конвейер с прижимной лентой на Оленегорском ГОКе (Россия)

Производительность по железной руде 5,7 млн т/год. Высота подъема руды крутонаклонным конвейером составляет 125 м, а угол наклона 36° . Длина конвейера 252 м. В карьере применяется две стадии дробления (крупного и среднего) с производительностью дробильно-перегрузочного пункта (ДПП) до 1200 т/ч [16, 17].

Ввод ЦПТ на базе мощного крутонаклонного конвейера производительностью 3500 т/ч с высотой подъема 270 м с углом наклона 37° впервые реализован на карьере Мурунтау (Навоийский ГМК, Республика Узбекистан) 17 марта 2011 г. и используется по сегодняшний день [18 – 20]. Производительность конвейера 3260 т/ч при скорости ленты 3,15 м/с с шириной ленты 2000 мм. Насыпная плотность транспортируемого материала $1,73 \text{ т/м}^3$. Максимальный размер транспортируемого материала 350 мм [1].

Фотография, иллюстрирующая КНК – 270, представлена на рис. 8 [19]. На Михайловском ГОКе компания “Металлоинвест” начала строительство дробильно-конвейерного комплекса (ДКК) с крутонаклонным конвейером с предполагаемой производительностью 15 млн т/год в 2015 г.

Дробильно-перегрузочное устройство (ДПУ), расположенное на глубине более 200 м, будет осуществлять приемку руды с автосамосвалов, дробление ее до фракции размером 150 мм и доставку по подземной галерее до КНК. Угол наклона крутонаклонного конвейера с прижимной лентой составляет 37° , высота подъема – 215 м [21]. Ввод в эксплуатацию ДКК на северо-восточном борту запланирован на первый квартал 2022 г.

Ввод ЦПТ снизит себестоимость добычи и транспортировки руды за счет применения более эффективной, поточной технологии транспортировки горной массы и сокращения парка техники. Фотография крутонаклонного конвейера на Михайловском ГОКе показана на рис. 9 [22].

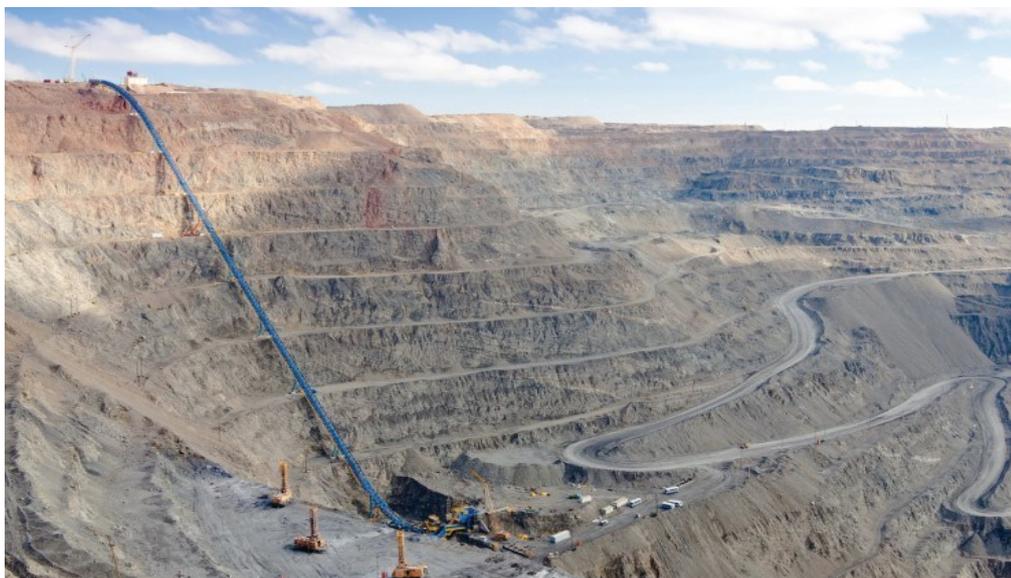


Рис. 8 – КНК–270 на карьере Мурунтау (Узбекистан)



Рис. 9 – Крутонаклонный конвейер на Михайловском ГОКе (Россия)

Внедрение ЦПТ планируется и на другом объекте “Металлоинвест” – Лебединском ГОКе, инвестиции составят порядка 12,6 млрд руб. По проектным оценкам ввод ЦПТ позволит сократить производственную себестоимость концентрата на 17 % к 2025 г. относительно 2018 г. и обеспечить транспортировку горной массы на фабрику в объеме 55 млн т/год [23].

Ниже приведена сводная таблица по примерам применения крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой, специальных видов конвейеров (трубчатые, подвесные конвейеры на стальных канатах торговых марок RopeCon и Flying Belt) и их возможных технических характеристик (табл. 1) [2; 24 – 27].

Таблица 1

Сводные показатели применения крутонаклонных конвейеров

			Транспортируемый материал	Производительность	Высота подъема (перепад высот), м	Угол наклона, град	Расстояние транспортирования, м	Ширина ленты, мм	Скорость ленты, м/с	Размер фракции, мм	Ширина кармана, мм	Наружный диаметр, мм	Радиус кривизны поворотов, м
Крутонаклонные с прижимной лентой	Предприятие	Мурунтау (Узбекистан)	Золото	3460, м ³ /ч	270	37	н/д	2000	3,15	н/д	-	-	-
		Оленегорский ГОК (Россия)	Железная руда	5,7, млн т/год	124	36	252	н/д	н/д	н/д	-	-	-
		Михайловский ГОК (Россия)	Железная руда	15, млн т/год	215	37	н/д	н/д	н/д	150	-	-	-
	Возможные		-	н/д	н/д	37	н/д	2000	3,15	150	-	-	-
Трубчатые	Предприятие	Рефтинская ГРЭС (Россия)	Угольный пепел	2200 т/ч	30	н/д	4390	2000	5,2	н/д	-	570	420
		Лебединский ГОК	Железорудные окатыши	900 т/ч	н/д	н/д	1010	н/д	н/д	н/д	-	300	н/д
		Шахта Skyline Mine (США)	Уголь	1270 т/ч	н/д	н/д	3414	1600	4,18	н/д	-	452	365
	Возможные		-	н/д	н/д	30	н/д	3200	6,5	350	-	900	D*300, D*600
Подвесные RopeCon	Предприятие	Cementos Progreso S. A. (Гватемала)	Известняк	2100 т/ч	(200 м)	22 ⁰	1600	н/д	н/д	н/д	-	-	-
		Booysendal Platinum Limited (Южная Африка)	Платиновая руда	909 т/ч	(530 м)	н/д	4800	н/д	н/д	н/д	-	-	-
		Minera Media Luna (Мексика)	Золото	1000 т/ч	(400)	н/д	1300	н/д	н/д	н/д	-	-	-
	Возможные		-	25000т/ч	н/д	90 ⁰	30000	н/д	8м/с	600	-	-	-
Подвесные Flying Belt	Предприятие	Пузоль (Гиньяк, Франция)	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	н/д	-	-	-
	Возможные		-	2000 т/ч	н/д	25 ⁰	н/д	1600	н/д	300	-	-	-

Примечание: н/д – нет данных; - – параметр не относится к данному виду конвейера.

Выводы

1. Каждый тип крутонаклонного конвейера имеет свои конструктивные особенности, связанные с этими технологическими ограничениями и соответствующую область применения. Трубчатые конвейеры, системы Flying Belt, RopeCone применяются для конвейерной доставки кусковых и сыпучих материалов в условиях пересеченной и гористой местности и распространены в промышленности для транспортировки медного концентрата, руды кальция и алюминия, угля, горного фосфата, шламов, руды и т.д.

На рудных карьерах России и ближнего зарубежья крутонаклонные конвейеры пока применяются ограниченно. Реально внедренные проекты представлены КНК с прижимной лентой.

2. Специальные конвейеры – подвесные конвейеры на стальных канатах (торговые марки RopeCone и Flying Belt) – подтвердили свои преимущества при магистральном транспортировании кусковых и сыпучих материалов, в том числе горной массы на практике в особых условиях (необходимость обеспечить изоляцию груза от внешней среды, пересеченная и гористая местность и т.п.). Однако их применение в качестве внутрикарьерного транспорта требует отдельного рассмотрения, технологического и технико-экономического обоснования.

3. Трубчатые конвейеры в основном используются в качестве магистрального транспорта на поверхности на различных предприятиях для транспортировки разных грузов. В исследованиях трубчатых крутонаклонных конвейеров последних нескольких лет говорится о возможности их применения на карьерах глубиной до 700 м с углом наклона до 45° , с производительностью до $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$, с максимальной скоростью ленты до 4 м/с. Для транспортировки горной массы при этом достаточно первичной стадии дробления (кусковатость материала до 350 мм).

Однако внедрение их на карьерах требует детальной проработки, технологического и технико-экономического обоснования.

4. Анализ реализованных проектов крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой, разработанных в Институте горного дела, показал, что их конструктивные возможности не исчерпаны и имеют перспективу развития в сторону более экстремальных параметров. Поэтому в условиях ухудшающихся горнотехнических параметров, необходимости сокращения затрат на транспортирование крутонаклонные конвейеры имеют высокие шансы на более широкое применение. Сдерживающим фактором применения циклично-поточной технологии с крутонаклонными конвейерами являются высокая капиталоемкость и технологические особенности разработки месторождений, отсутствие отечественных конвейерных лент специальной конструкции (с гофрированными бортами, для трубчатых и подвесных лент и др.), конвейеров для применения в горнодобывающей отрасли.

Литература

1. Кармаев Г.Д. Выбор горнотранспортного оборудования циклично-поточной технологии карьеров / Г.Д. Кармаев, А.В. Глебов. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – 296 с.

2. Конструкция и принцип работы трубчатого ленточного конвейера. URL: - <https://www.continental-industry.com/getmedia/a0715082-c0ec-4600-890e-e26e4f1ced76/CBG9016-Ru-Conti-Pipe.pdf> (дата обращения 16.04.2020).

3. Расчет трубчатого ленточного конвейера методом конечных элементов / Б.Т. Сазамбаева, Ш. Д. Ахметова, Г. И. Куанышев, Ю. Н. Самогин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – №7. – С. 93-102.

4. Иванченко В.Н. Юбилей российского беспросыпного ленточного конвейера с подвесной лентой // В.Н. Иванченко, С.В. Куров // Горная промышленность. – 2007. – № 4.

5. Patent no. WO 2014180585 A1 and no. PCT/EP2014/054296: Tubular conveyor belt or pocket conveyor belt having a chevron profile arrangement on the carrying side thereof cross cross reference to related applications. ContiTech, Minkin A., 2013.
6. Минкин А. Новая концепция циклично-поточного крутонаклонного транспорта с применением внутрикарьерной системы дробления и транспортировки (IPCC) для добычи открытым способом / А. Минкин, Ф. М. Вольперс, Т. Хелльмут // УГОЛЬ. – 2018. – №5(1106). – С. 34–39
7. Minkin A., Bötsting P., Becker N. Pipe Conveying the next Stage – A new Technology for steep Incline High Capacity Open Pit Conveying // Bulk Solids Handling. – 2016. – No. 2/3. – URL: <https://news.bulk-online.com/category/bulk-solids-handling-archive> (дата обращения: 20.04.2020).
8. Flying belt. – URL: <http://www.poma.net/ru/решений/продукты/flying-belt-4/> (дата обращения: 22.04.2020)
9. Решения // Сайт Doppelmayr. – URL: <https://www.doppelmayr-mts.com/ru/resheniya/ropeconr/> (дата обращения: 22.04.2020).
10. Преимущества системы RopeCon // Сайт Doppelmayr. – URL: <https://www.doppelmayr-mts.com/ru/resheniya/ropeconr/ropeconr-preimushchestva-sistemy/> (дата обращения: 22.04.2020).
11. Галкин В. И. Новый тип ленточных конвейеров Ropecon, реальность и перспективы. Анализ конструктивных и эксплуатационных параметров специальных ленточных конвейеров с подвеской на канатах / В. И. Галкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № 6. – С. 136–146.
12. Contitech.net.au // Company. – URL: https://www.contitech.net.au/pages/produkte/transportbaender/cbgindustry/ropecon_en.html (дата обращения: 22.04.2020).
13. Технические характеристики RopeCon // Сайт Doppelmayr. – URL: <https://www.doppelmayr-mts.com/ru/resheniya/ropeconr/ropeconr-tekhnicheskie-kharakteristiki/> (дата обращения: 22.04.2020).
14. Картавый А.Н. Сравнительная оценка крутонаклонных ленточных конвейеров / А.Н. Картавый // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2009. – S16. – С. 98–113.
15. Дробильный комплекс в Оленегорском карьере // Сайт. СПБ ГИПРОШАХТ – URL: <https://spbgiopro.ru/marker/drobilnyj-kompleks-v-olenegorskom-k/> (дата обращения: 20.04.2020).
16. Оленегорский ГОК запустил дробильный комплекс в карьере с КНК / Официальный сайт Северсталь. – URL: https://olcon.ru/rus/press_center/news/document1510.phtml (дата обращения: 4.04.2020).
17. Инновационная технология транспорта руды оленегорского месторождения с применением крутонаклонного конвейера / А. А. Семенюк, С.П. Решетняк, Н.И. Байчурина, Н. Р. Султанова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2015. – S56. – С. 413 – 420.
18. Санакулов К.С. Карьер "Мурунтау" на пути к рекордной глубине: основные этапы развития и модернизации горных работ / К.С. Санакулов, П.А. Шеметов // Горный журнал. – 2009. – №11. – С. 98 – 102.
19. Алдабаев Г.К. Циклично-поточная технология ЦПТ на базе крутонаклонного конвейера / Г. К. Алдабаев, В. И. Шелепов // АО" Констар", 1995 – 2012. – URL: <http://www.ao-constar.com/cpt-ruda.php> (дата обращения: 15.04.2020).
20. Кириченко А. И. Научно-технические проблемы создания крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой / А. И. Кириченко, А. Н. Картавый // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – №11. – С. 126–133.

21. «Металлоинвест» строит комплексы по транспортировке горной массы на Лебединском и Михайловском ГОКах – URL: https://www.metalloinvest.com/media/press-releases/319967/?sphrase_id=207905 (дата обращения: 15.04.2020).

22. На Михайловском ГОКе продолжается строительство дробильно-конвейерного комплекса. – URL: <https://ferumnews.ru/news/ekonomika/mikhailovsky-gok-continues-the-cons/> (дата обращения: 20.04.2020)

23. «Металлоинвест» планирует вложить 64 млрд рублей до 2024 года в модернизацию ГОКов. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/6980305> (дата обращения: 4.04.2020).

24. Использование трубчатых ленточных конвейеров для техногенных отходов предприятий / С.Я. Давыдов, Н.Г. Валиев, М.С. Филатов, Н.И. Полежаев, Г.Г. Кожушко // Известия УГТУ. – 2017. – №4(48). – С. 72–76.

25. Транспортировка известняка над кронами деревьев. – URL: <https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/progrefa-goreconr/> (дата обращения: 22.04.2020).

26. Эффективная привязка новых районов добычи. – URL: <https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/goreconr-booysendal-south/> (дата обращения: 22.04.2020).

27. Кратчайший путь в долину с места добычи. – URL: <https://www.doppelmayr-mts.com/ru/proekty/proekty/torex-goreconr/> (дата обращения: 22.04.2020).