

УДК 621.867.2

А.А. Касаткин

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КРУТОНАКЛОННЫХ  
ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ  
ДЛЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**В** настоящее время неоспоримо преимущество схем совместной работы автомобильного и конвейерного транспорта в условиях глубоких карьеров, они позволяют максимально использовать возможности: мобильность автотранспорта, независимость от источника энергии, незначительная чувствительность к роду транспортируемого груза и способность конвейеров в традиционном исполнении преодолевать углы подъема до 18-20°.

Вместе с тем с ростом глубины карьера традиционные ленточные конвейеры приходится располагать по сложной схеме, со значительным количеством перегрузочных узлов, иногда включающей и соединительные конвейеры-перегрузатели. Использование крутонаклонных конвейеров резко упрощает схему транспортирования и уменьшает длину конвейерных линий.

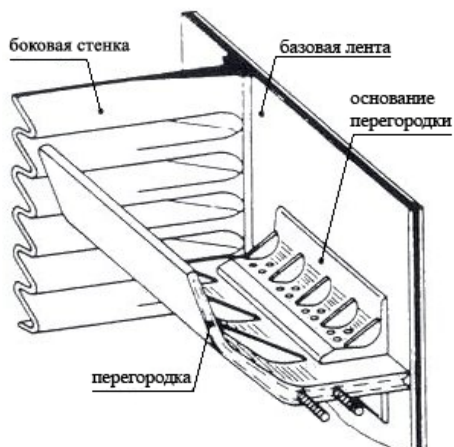
В настоящее время известно большое число конструкций и конструктивных схем крутонаклонных конвейеров (КНК), как известно основное отличие которых состоит в способе удержания груза на грузонесущей ленте от самопроизвольного движения вниз под действием силы тяжести. Различают конвейеры с повышенным коэффициентом трения горной массы о поверхность ленты; со специальными подпорными элементами на ленте для горной массы; с повышенным нормальным давлением

горной массы на ленту или комбинацию нескольких из этих способов.

Незначительное увеличение угла подъема (22-25°) могут обеспечивать конвейеры несущая поверхность ленты которых имеет повышенные фрикционные свойства или рифы, но производительные свойства или рифы, но производительность даже при таких углах уменьшается на 30-40 % по сравнению со стандартными конвейерами.

Большим классом конвейеров являются установки со специальными подпорными элементами на ленте для удержания горной массы. Подавляющее большинство известных и применяемых конвейеров с подпорными элементами оборудовано специальными лентами, имеющими на рабочей обкладке разного рода подпорные элементы, продольные борта, либо то и другое.

К этому классу относятся конвейеры, выпускаемые компанией "Metso Minerals" это «Flexowell®» и «Pocketlift®» [1, 2]. 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 (рис. 1). Несмотря на то, что высота перегородок в некоторых случаях достигает 400 мм, и имеются данные о транспортировке кусков размером 300-400 мм,



**РИС.1 Лента типа FLEXOWELL**

следует предположить, что речь идет о грузах незначительной плотности, из-за трудности обеспечения устойчивости перегородок в пунктах загрузки.

Имеются примеры таких конвейеров с металлическими бортами и перегородками, что утяжеляет и усложняет конструкцию. Конвейеры с бортами и перегородками имеют ограничение по высоте подъема одним ставом и могут иметь только однобарабанный привод.

Специалистам СибГИУ представляется [3], что наиболее вероятными КНК нового поколения будут являться установки на базе полотна ленточно-цепного типа с удерживающими перегородками без днищ. Тяговый цепной орган установок имеет возможность 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 но-

вого поколения КНК «Rope-Pocketlift®» с использованием кевларовых канатов.

Таким образом, по прогнозу производителей, в ближайшем будущем высота непрерывного подъема горной массы до 1000 м с помощью одного КНК перестанет быть утопией.

Все конструкции конвейеров с перегородками отличает порционное расположение груза на полотне [1], что вызывает снижение степени его заполнения при значительных углах подъема. Поэтому производительность таких конвейеров под углами подъема 35-45° составляет не более 2000-3000 м<sup>3</sup>/ч.

Ужесточение мер по охране окружающей среды привели к разработке новых конструктивных схем конвейеров с лентой повышенной желобчатости, а в дальнейшем и с закрытой лентой. Были предложены подвесные конвейеры с лентой повышенной желобчатости, подвесные конвейеры с застежкой «молния», шланговые конвейеры и др. Они имели сложное конструктивное исполнение и значительное сопротивление движению.

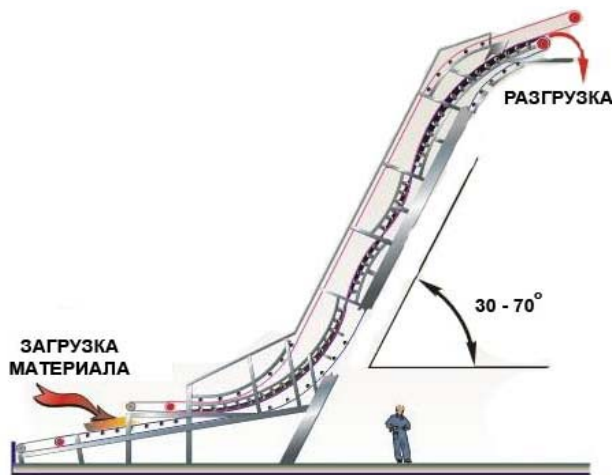
Интересен принцип подвеса ленты используемый в конвейерах фирмы Scantainventor Conveyor Sicon, который позволяет отказаться от использования дорогостоящих роликкоопор, и существенно снизить металлоемкость конструкции. Приводная лента повышенной эластичности посредством утолщения краев ленты подвешена и замкнута в роликковых направляющих и в поперечном сечении под действием собственной силы тяжести с перемещаемым грузом принимает каплевидную форму. К сожалению, данный конвейер обладает небольшой производительностью для применения его на карьерах. Производительность конвейера составляет до 500 т/ч, угол подъема до 35°, скорость движения ленты до 5 м/с, крупность



**РИС.2 Конвейерная система SICON**

транспортируемого материала до 100 мм, дальность транспортирования до 800 м.

Логическим продолжением повышения желобчатости ленты явилось создание трубчатого конвейера, который обладает высокой степенью унификации с традиционным ленточным конвейером. Экологичность транспортировки и возможность устройства трассы с изгибами



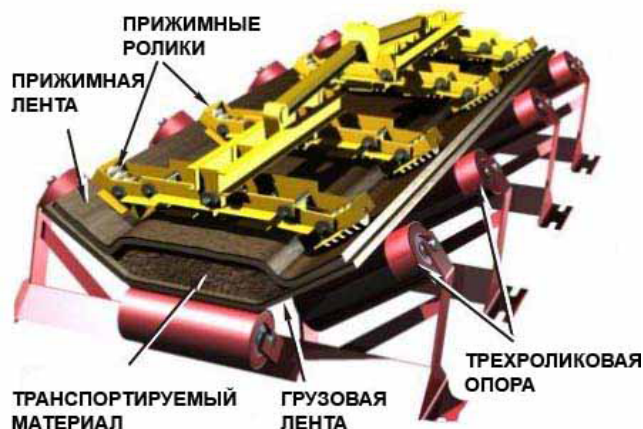
**РИС.3 Общий вид крутонаклонного конвейера фирмы DSI**

в трехмерном пространстве, дает ему неоспоримые преимущества. На данный момент известны установки с производительностью до 3000 т/ч, с углом наклона на отдельных участках конвейера до 35°, и с размером куска до 300 мм.

Конвейеры с подвесной лентой и конвейеры с лентой глубокой желобчатости могут обеспечить увеличение угла наклона по сравнению с традиционными ленточными конвейерами до углов подъема 25-27°, следовало бы точнее их назвать конвейерами с повышенным углом наклона, а не крутонаклонными.

Конвейеры с прижимной лентой отличаются широкой областью применения и угол наклона может достигать 90°. Конструкция крутонаклонного конвейера с прижимной лентой отличается от стандартного ленточного конвейера дополнительной лентой с прижимными устройствами, и обладает большой степенью унификации с ним.

Горная масса поступает из загрузочного устройства на горизонтальный или слабонаклонный участок грузовой ветви, которая опираясь на трехроlikовые опоры транспортирует горную массу до переходного участка (рис. 3), на котором груз удерживается только силой прижатия грузонесущей ленты к прижимной ветви. В момент контакта грузового и прижимного контура трехроlikовые опоры грузовой ветви убираются. В таком сжатом состоянии транспортируемый материал проходит по переходному участку до крутонаклонной части конвейера, где накладываются прижимные устройства.



**РИС. 4 Прижимное устройство “мягкого” типа крутонаклонного конвейера фирмы “CONTINENTAL CONVEYORS”**

Принципиальные отличия большого числа двухленточных конвейеров заключаются в различных исполнениях прижимных устройств, которые определяют работоспособность и надежность конвейера.

Для увеличения нормального давления материала на грузонесущую ленту использовался собственный вес катков на шарнирной подвеске, создающих точечные прижимные усилия в середине и по бортам прижимной ленты. Так же был предложен крутонаклонный конвейер, с целью увеличения сил сцепления сыпного груза с лентами использовались катки смонтированные с возможностью перемещения их при помощи пружины в направлении, перпендикулярном направлению движения конвейера. Были предложены так же установки, прижимное усилие в которых оказывалось пневматической камерой.

В большинстве конструктивных схем необходимая прижимная нагрузка дискретно прикладывалась на транспортируемый груз с определенным интервалом при относительно незначительной податливости прижимающих элементов,

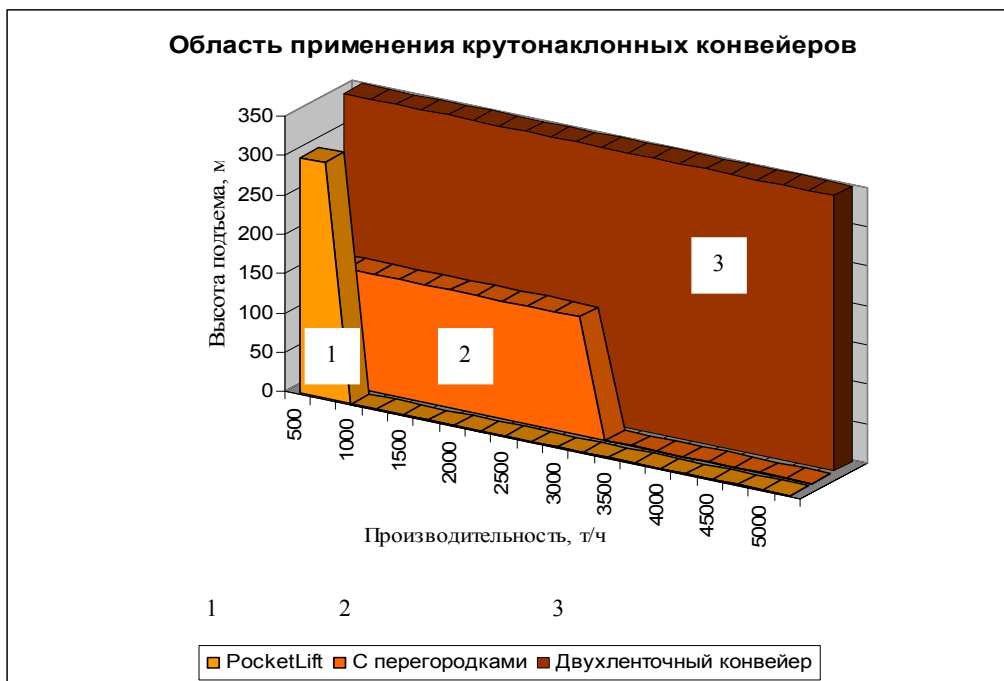
что в свое время явилось одним из препятствий к распространению таких конвейеров.

С появлением прижимных устройств компании Continental Con-veyor Equipment Company (рис. 4), приспособленных к продольной и поперечной конфигурации сечения материала, состоящих из сбалансированных прижимных элементов, которые располагались близко друг к другу, обуславливая как бы распределенную нагрузку на транспортируемый материал, обусловило появление крутона-

клонных конвейеров с прижимной лентой в промышленности.

Как показали результаты эксплуатации, подобный сбалансированный «мягкий», «плавающий» прижимной модуль не вызывает повышенного износа лент и эффективно удерживает транспортируемый материал. Многочисленные патенты на прижимные элементы широко распространены в технической литературе. В МГГУ так же имеется патент на КНК с прижимной лентой и прижимное устройство [5].

Большое значение имеет тот факт, что конструкция двухленточного конвейера позволяет использовать его для нестандартных решений транспортных схем. Например, применение на участках конвейера, имеющих углом наклона  $<18^\circ$ , традиционного ленточного конвейера, а на крутых участках этого конвейера накладывается прижимной контур и конвейер становится крутонаклонным. Учитывая возможность применения двух приводов (на оба контура) и двухбарабанных приводов, а также наличие двух тяговых лент, такие кон-



**Рис. 5 Сравнительные диаграммы области применения крутонаклонных конвейеров с большим углом наклона**

вейеры в ряде случаев могут заменять несколько ленточных и крутонаклонных.

В частности для карьера Мурунтау существует проект создания КНК-270, единый став которого объединяет крутонаклонную и 2 пологие части. Крутонаклонная часть КНК-270 выполняется с прижимной лентой. Высота подъема одним ставом принята 270 м. Производительность КНК-270 будет составлять 3500 т/ч, угол крутонаклонной части установки 37°.

Создание подъемных модулей на высоту подъема 90-100 м позволяет оперативно вводить конвейерный подъем по мере углубления горных работ. Хотя в настоящее время в мире работают более сотни конвейерных установок с прижимной лентой на горных предприятиях их немного. Представительным примером конвейера такого типа явилась

установка на меднорудном карьере «Майндапек» в Югославии. Производительность ее достигала 4000 т/ч при угле подъема 35,5° и высоте подъема 90 м. Она проработала несколько лет и прекращение ее эксплуатации связано с ситуацией в стране, а не с неэффективностью комплекса.

Анализ показал, что энергоемкость конвейеров с прижимной лентой не превышает энергоемкости ленточного конвейера на ту же высоту подъема, а суммарная прочность и длина лент обоих контуров даже несколько меньше прочности и длины ленты, стандартного ленточного конвейера. Вместе с тем крутонаклонные конвейеры с прижимной лентой имеют более чем в 1.5 раза большую металлоемкость, при одной высоте подъема. [1].


Возможность реализации значительных скоростей движения обуславливает высокую производительность. При ширине ленты до 3 м и высоких скоростях движения (3-6 м/с) производительность одной линии может превышать 15 000 м<sup>3</sup>/ч. Требования к кусковатости груза и скорости движения лент конвейеров также аналогичны требованиям, предъявляемым к ленточным конвейерам.

Исследованию крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой посвящено много работ и в нашей стране и за рубежом и в настоящее время можно считать, что имеются все предпосылки создания таких установок для горных предприятий. С развитием современной вычислительной техники появилась

возможность с помощью компьютерного моделирования создавать модели наиболее уязвимых участков крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой, и на их основе уточнять параметры конвейеров и выбирать характеристики грузонесущей и прижимной лент. В МГГУ ведется в настоящее время такая работа. В целом крутонаклонный конвейер с прижимной лентой представляется перспективным для горных предприятий и сравнительная область применения крутонаклонных конвейеров нам представляется так, как показано на рис. 5, где доля КНК с прижимной лентой – наибольшая, а в областях высот подъема более 300 м и производительностей более 3500 т/ч – единственная.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Галкин В.И., Дмитриев В.Г., Дьяченко В.П., Запенин И.В., Шешко Е.Е.*, Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий, М.: издательство МГГУ, 2005
2. *Гребенешников А.Л.* Развитие технологии крутонаклонных конвейеров. КНК «FLEXOWELL®» и КНК «ROCKETLIFT®»
3. *Николаев Е.Д., Дмитриев В.П., Костерин Л.С., Федоренко А.И.* Анализ конструкций крутонаклонных конвейеров для глубоких карьеров, Горный журнал, №11-12, 1998.
4. *Картавий А.Н.* Результаты исследований крутонаклонных конвейеров с прижимной лентой. Сб. научных докладов и тезисов на Международной конференции стран СНГ «Молодые ученые — науке, технологиям и профессиональному образованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения». Часть 3. — М.: Изд-во АМИ, 2000.
5. *Патент RU № 2165384.* 

---

#### Коротко об авторах

*Касаткин А.А.* – аспирант, Московский государственный горный университет.

Статья представлена кафедрой «Горная механика и транспорт», Московского государственного горного университета.

Рецензент д-р техн. наук, проф. *Е.Е. Шешко.*

