

**Кармаев Геннадий Дмитриевич**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории транспортных  
систем карьера (ТСК),  
Институт горного дела УрО РАН,  
620219, г. Екатеринбург,  
ул.Мамина-Сибиряка, 58

**Берсенёв Виктор Анатольевич**

кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник лаборатории ТСК,  
Институт горного дела УрО РАН

**Семенкин Александр Владимирович**

младший научный сотрудник лаборатории ТСК,  
Институт горного дела УрО РАН

**Сумина Ирина Геннадиевна**

инженер-исследователь лаборатории ТСК,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [sumina@igduran.ru](mailto:sumina@igduran.ru)

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
КРУТОНАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ  
НА КАРЬЕРАХ\***

*Аннотация:*

*Рассмотрены технические и технологические особенности использования крутонаклонных конвейерных подъемников в комплексах ЦПТ на глубоких карьерах. Путем графического моделирования карьерного пространства показано, что нет технологических ограничений использования крутонаклонных ленточных конвейеров в условиях их предпочтительного применения, определенных по результатам технико-экономической оценки с учетом использования технических возможностей оборудования. Разработаны технологические схемы применения комплексов ЦПТ с крутонаклонными конвейерами и изложены рекомендации по размещению дробильно-перегрузочных пунктов и перегрузочных узлов между конвейерами с увязкой мест их строительства с расположением капитального автомобильного съезда в карьере.*

*Ключевые слова:* глубокий карьер, циклично-поточная технология, комплекс ЦПТ, дробильно-конвейерный комплекс, крутонаклонный конвейер, дробильно-перегрузочный пункт, технологическая схема, технические возможности оборудования, автомобильный съезд, площадка для размещения ДПП

**Karmaev Gennady D.**

candidate of technical sciences,  
senior research worker  
of the laboratory of open pit transport systems,  
The Institute of Mining UB RAS,  
620219, Yekaterinburg,  
Mamin-Sibiryak st., 58

**Bersenev Victor A.**

candidate of technical sciences,  
senior research worker  
of the laboratory of open pit transport systems,  
The Institute of Mining UB RAS

**Semenkin Alexandr V.**

junior research worker,  
the laboratory of open pit transport systems,  
The Institute of Mining UB RAS

**Sumina Irina G.**

research engineer  
of the laboratory of open pit transport systems,  
The Institute of Mining UB RAS,  
e-mail: [sumina@igduran.ru](mailto:sumina@igduran.ru)

**TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL  
ASPECTS OF STEEP-INCLINED  
CONVEYORS EMPLOYMENT IN PITS**

*Abstract:*

*The article describes technical and technological features of employment steep-inclined conveyor hoists in the cyclic-flow-line production complexes in deep pits. A graphical modeling an open pit's space has shown that there are no technological limitations on employment steep-inclined belt conveyors in the conditions of their preferable application determined by the results of technical and economic evaluation and considering technical capabilities of the equipment. Technological schemes of employment cyclic-flow-line production complexes with steep-inclined conveyors are developed and recommendations on arrangement crushing-transferring stations and transshipment points between conveyors with correlation their building sites and the location of major automobile cross-over in the pit are set forth.*

*Key words:* deep pit, cyclic-flow-line production, cyclic-flow-line production complex, crushing conveyor complex, steep-inclined conveyor, crushing-transferring station, technological schemes, technical capabilities of the equipment, automobile cross-over, the site for crushing-transferring station location

\* Работа выполнена в рамках конкурсного проекта УрО РАН 12-Т-5-1021 «Технологический и организационный потенциал энерго- и ресурсосбережения при комплексном освоении недр в сложных условиях»

Усложнение горнотехнических условий при разработке глубокозалегающих месторождений полезных ископаемых открытым способом вызывает необходимость использования в карьерах крутонаклонных подъемников для доставки горной массы на поверхность.

В структурах механизации циклично-поточной технологии (ЦПТ), являющейся наиболее эффективной при разработке глубоких карьеров, предпочтительным является применение крутонаклонных ленточных конвейеров. Эффективность использования крутонаклонного конвейерного подъема на глубоких карьерах поясняет рис. 1, на котором приведено изменение капитальных и эксплуатационных затрат на дробильно-конвейерные комплексы (ДКК) в зависимости от высоты подъема горной массы и угла наклона конвейерного подъемника. С увеличением угла наклона конвейерного подъемника удельные затраты на переработку горной массы ДКК снижаются. Особенно это проявляется при большой высоте подъема транспортируемого материала [1].

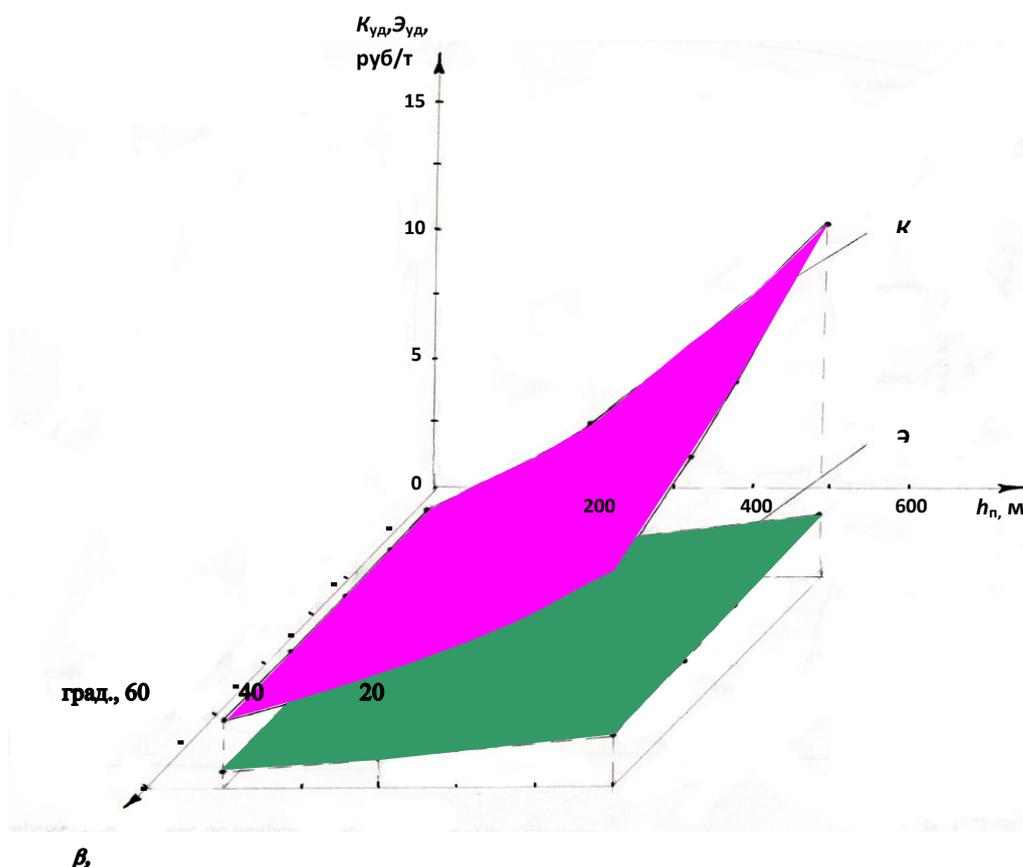


Рис. 1 – Изменение удельных капитальных и эксплуатационных затрат на дробильно-конвейерные комплексы в зависимости от высоты подъема горной массы и угла наклона конвейерного подъемника при  $Q = 20$  млн. т/год

Анализом конструктивного исполнения крутонаклонных конвейеров установлено большое разнообразие их конструкций для различных условий эксплуатации [2]. В глубоких карьерах для транспортирования крупнодробленой массы целесообразно использовать двух-контурные ленточные конвейеры с прижимными (грузоудерживающими) лентами (угол наклона до  $25-30^\circ$ ) и дополнительным прижатием груза с помощью устройств, взаимодействующих с грузоудерживающей лентой (угол подъема более  $30^\circ$ ) [3,4]. Широкое распространение за рубежом получили прижимные устройства в виде подпружиненных или подпрессоренных катков, установленных стационарно на линейном ставе конвейера. Они прижимают боковые полосы грузонесущей и грузоудерживающей лент друг к другу и последнюю к транспортируемому материалу, создавая необходимое прижимное усилие.

Крутонаклонные конвейеры с упомянутыми прижимными устройствами обладают существенными недостатками [1]:

- стационарно установленные прижимные устройства грузонесущей ленты создают предпосылки движения транспортируемого материала между ними в направлении хвостовой части конвейера при неравномерной загрузке ленты. Это может происходить за счет дополнительных скатывающих сил, возникающих при взаимодействии кусков транспортируемого материала с прижимными элементами. Такое явление снижает надежность и безопасность работы конвейера;

- возникающие динамические нагрузки при взаимодействии прижимных устройств с кусками транспортируемого материала значительно повышают его шевеление, что существенно увеличивает износ рабочих поверхностей конвейерных лент;

- снижение приемной способности грузонесущей ленты на 30 – 40 % вследствие использования ее боковых полос шириной около 200-250 мм для прижатия грузонесущей ленты боковыми катками.

Указанные недостатки можно устранить, используя прижимные элементы, обладающие возможностью перемещения вместе с транспортируемым материалом и прижимающие груз независимо от высоты его расположения в желобе грузонесущей ленты.

ИГД УрО РАН разработана принципиальная схема двухконтурного крутонаклонного конвейера с движущимися прижимными элементами. Особенностью конструкции является исполнение прижимных элементов в виде гофр, закрепленных на внешней (рабочей) поверхности ленты грузоудерживающего 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.

Крутонаклонные конвейеры повышают уровень использования технических возможностей конвейерного транспорта в комплексах ЦПТ. В первую очередь это проявляется в сокращении расстояния транспортирования горной массы конвейерами при одинаковой высоте подъема материала или позволяет существенно увеличить высоту подъема при использовании конвейерных лент предельной прочности. Последнее связано с распределением общей нагрузки между грузонесущим и грузоудерживающим контурами. В табл.1 приведена предельная высота подъема скальной крупнодробленой горной массы насыпной плотностью 2,2 т/м<sup>3</sup> при перемещении различных часовых грузопотоков со скоростью движения конвейерных лент 3,15 м/с и использовании 3-барабанных приводных устройств. Данные табл. 1 показывают, что использование крутонаклонных конвейеров позволяет увеличить предельную высоту подъема горной массы в 1,25 раза. В сравнении с традиционным конвейером, оснащенным двухбарабанным головным приводом (установка промежуточного привода на наклонном участке не всегда целесообразна), высота подъема одним ставом крутонаклонного конвейера повышается в 1,5 раза. Это позволяет уменьшить число конвейеров и перегрузочных пунктов между ними на прямолинейных трассах и способствует увеличению использования оборудования комплексов ЦПТ во времени. Кроме того улучшаются технологические возможности размещения комплексов ЦПТ в карьерном пространстве.

Таблица 1

**Предельная высота подъема горной массы одним конвейерным ставом**

| Грузопоток, т/ч              | 1000                   | 2000                  | 3000                  | 4000                  | 5000                  | 6000                  |
|------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Расчетная ширина ленты, м    | <u>1,2*</u><br>1,2;1,2 | <u>1,2</u><br>1,2;1,2 | <u>1,2</u><br>1,2;1,2 | <u>1,4</u><br>1,4;1,2 | <u>1,6</u><br>1,6;1,4 | <u>1,8</u><br>1,8;1,6 |
| Предельная высота подъема, м | <u>495</u><br>639      | <u>270</u><br>348     | <u>187</u><br>236     | <u>163</u><br>206     | <u>148</u><br>187     | <u>139</u><br>176     |

\* Над чертой указаны показатели для традиционных ленточных конвейеров с углом наклона 18°, под чертой – для крутонаклонных конвейеров с углом наклона 45°.

Полнота использования технических возможностей в определенной мере связана с выбором рациональной конструкции конвейерного оборудования. Это можно проследить на примере сравнения двухконтурных ленточных конвейеров со стационарными прижимными катками и движущимися вместе с лентой грузодерживающего контура прижимными из упруго-эластичного материала элементами. Самый мощный двухконтурный ленточный крутонаклонный конвейер с прижимными стационарными элементами в виде катков установлен на карьере Мурунтау Навоийского ГОКа (Узбекистан). Этот конвейер имеет производительность 3460 т/ч, ширину ленты 2000 мм и поднимает транспортируемый материал с насыпной плотностью 1,73 т/м<sup>3</sup> при скорости движения ленты 3,5 м/с на высоту 270 м. Коэффициент использования конвейера по производительности, определяемый отношением ее проектной величины к теоретической (приемной способности), составляет 0,34. С учетом достигнутого использования оборудования комплексов ЦПТ во времени, равного 0,8 – 0,85, коэффициент использования технических возможностей, определяемый произведением двух упомянутых коэффициентов, может находиться в интервале 0,27 – 0,29.

Крутонаклонный конвейер с движущимися прижимными элементами необходимый часовой грузопоток обеспечивает при ширине ленты грузонесущего контура 1400 мм. Однако с лентой такой ширины конвейер не может быть проложен одним ставом на высоту подъема горной массы 270 м. Необходима установка двух конвейерных ставов с перегрузочным пунктом между ними. Это приводит к снижению использования оборудования во времени примерно на 5-6 %, т.е. до значения 0,75 – 0,8. С учетом этого коэффициент использования технических возможностей крутонаклонного конвейера с движущимися прижимными элементами будет иметь значение 0,56 – 0,6, что, естественно, предпочтительнее вследствие снижения транспортных расходов.

Эффективность применения крутонаклонного двухконтурного конвейера с движущимися прижимными элементами в сравнении с другими типами конвейеров приведена в табл. 2.

Таблица 2

**Расчетные показатели конвейерного транспорта скальной горной массы на карьере Качарского ГОКа ( $H = 120$  м,  $Q = 21$  млн. т/год)**

| Показатель                                      | Тип конвейера                   |   |   |  |
|---|---------------------------------|---|---|--|
|   | Ленточный<br>одноконтур-<br>ный | Ленточный<br>двухконтурный<br>с прижимными<br>катками | Ленточный<br>двухконтурный с<br>движущимися<br>прижимными<br>элементами | Пластинчатый<br>двухконтур-<br>ный с<br>перегородками          |
| Угол наклона конвейера, град                    | 16                              | 35  | 35  | 35   |
| Длина наклонной части конвейера, м              | 435                             | 210   | 210   | 2 × 210  |
| Ширина ленты, м:<br>грузонесущего контура       | 1,6                             | 2,0   | 1,6   | 2 × 1,4  |
| грузодерживающего контура                       | -                               | 2,0   | 1,6   | -  |
| Тип конвейерной ленты:<br>грузонесущего контура | РТЛ-6000                        | РТЛ-2500  | РТЛ-4000  | Пластинчатое<br>полотно с<br>поперечными<br>перегород-<br>ками |
| грузодерживающего контура                       | -                               | РТЛ-1500  | РТЛ-3150  |  |
| Мощность приводных станций, кВт                 | 3000                            | 2890  | 2880  | 2 × 1520   |
| Масса конвейера, т                              | 435                             | 450   | 393   | 2 × 354  |
| Капитальные затраты, %                          | 100                             | 104   | 84  | 160  |
| Эксплуатационные расходы, %                     | 100                             | 107   | 93  | 166  |

На основании расчетных показателей установлено, что крутонаклонные конвейеры в комплексах ЦПТ с годовой производительностью 5-10 млн. т целесообразно применять при высоте подъема горной массы более 100 м. В комплексах ЦПТ с годовым объемом перевозки 20 – 30 млн. т крутонаклонные конвейеры предпочтительны при высоте подъема горной массы более 200 м [1].

Реализация технических возможностей в предпочтительных условиях применения крутонаклонных конвейерных подъемников на глубоких карьерах должна быть обеспечена рациональными технологическими решениями по размещению комплексов ЦПТ в карьерном пространстве с учетом развития горных работ и транспортной системы на стадии проектирования и эксплуатации карьеров. Ниже приведены технологические особенности использования крутонаклонных конвейеров в системах ЦПТ глубоких карьеров.

Исследования по формированию карьерного пространства для размещения комплексов ЦПТ с крутонаклонными конвейерными подъемниками проводились с учетом более высоких технических возможностей крутонаклонных конвейеров. Также принималось во внимание эффективное использование ЦПТ при транспортировании полезного ископаемого на дробильно-обогадательную фабрику с самого начала его добычи. В этой связи становится целесообразным первоначально на глубоких карьерах в дробильно-конвейерном комплексе использовать ленточные конвейерные подъемники с размещением дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП) в верхней части карьера. При строительстве ленточного конвейерного подъемника конвейерные ставы размещают диагонально на прямолинейных участках конечных бортов карьера. ДПП можно размещать на временно нерабочих участках бортов карьера. В этом случае дробленая горная масса подается на конвейерный подъемник через передаточные конвейеры на конечном борту карьера. Также ДПП можно размещать на конечном борту карьера с поступлением горной массы на подъемник непосредственно из дробилки или через передаточный конвейер.

В нижней части глубоких карьеров размещение выработок под ставы ленточного конвейерного подъемника требует выемки большого объема вскрыши в связи с необходимостью спрямления бортов или оставления больших по объему целиков пород. Поэтому ДКК с ленточным конвейерным подъемником рационально использовать с выдачей полезного ископаемого только из верхней части карьера. Из нижней части карьера полезное ископаемое рационально выдавать крутонаклонным конвейерным подъемником с одним или двумя конвейерными ставами. На рис. 2 представлен конечный борт карьера с однобортковой системой разработки со стороны лежачего бока полезного ископаемого. Верхняя часть залежи полезного ископаемого разработана с выдачей полезного ископаемого на поверхность ДКК с ленточным конвейерным подъемником, а нижняя часть залежи — ДКК с крутонаклонным конвейером.

На карьере с однобортковой системой разработки возможно удлинение стационарного ленточного конвейерного подъемника крутонаклонными конвейерами. Также весь конвейерный подъемник, начиная с поверхности, может быть составлен из крутонаклонных конвейеров, расположенных на лежачем борту по границе лежачего и висячего бортов карьера (рис. 3). Число конвейерных ставов определяется предельной высотой подъема горной массы существенно зависящей от часового грузопотока с учетом необходимости совмещения перегрузочных пунктов с разворотной площадкой капитального автосъезда. Чтобы уменьшить ширину площадки под узлы перегрузки между крутонаклонными конвейерами, каждый конвейерный став в своей средней части рационально размещать в траншее и на опорах, в верхней части только на опорах, а в нижней части карьера — в траншее. При таком размещении конвейерных ставов под перегрузочные площадки используются участки предохранительных берм карьера.

Если при использовании в верхней части конвейерного подъемника ленточных конвейерных ставов дробильно-перегрузочные пункты могут быть расположены на временно нерабочих участках бортов карьера, то при использовании в нижней части карьера крутонаклонных конвейеров дробильно-перегрузочные пункты могут быть размещены только на участках конечного борта карьера. Чтобы избежать оставления под площадку ДПП

постоянного целика пород, она может быть совмещена с горизонтальным участком капитального съезда или с площадкой на границе с поворотом капитального съезда. В первом случае в уступе с горизонтальной площадкой капитального съезда проходят нишу, в которой над концевой частью крутонаклонного конвейера устраивают ДПП. Для переезда

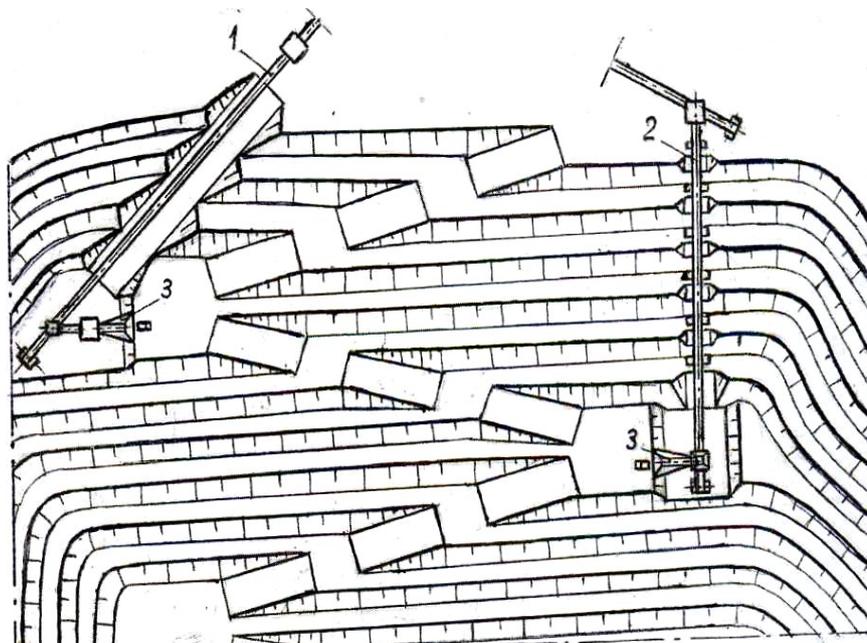


Рис. 2 – Конечный борт карьера с однобортовой системой разработки со стороны лежащего бока залежи полезного ископаемого:  
1, 2 – ленточный и крутонаклонный конвейерные подъемники, соответственно, 3 – ДПП

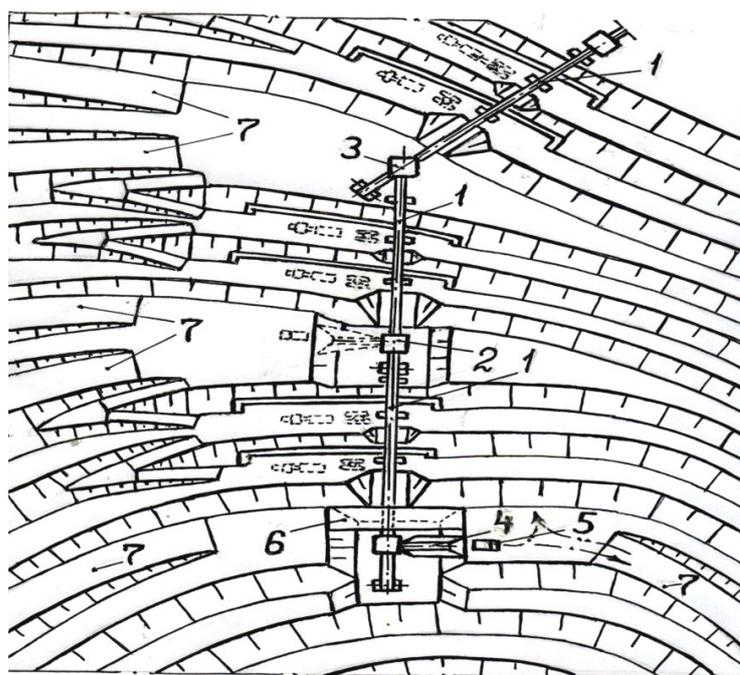


Рис. 3 – Дробильно-конвейерный комплекс с крутонаклонными конвейерами:  
1 – крутонаклонные конвейеры;  
2 – узел перегрузки между конвейерами на месте прежней установки ДПП;  
3 – узел перегрузки между конвейерами; 4 – ДПП; 5 – автосамосвал;  
6 – мост через нишу; 7 – капитальный съезд

автосамосвалов через нишу устраивают мост. При разгрузке в приемный бункер ДПП автосамосвалы устанавливают на горизонтальной площадке капитального съезда. Во втором случае нишу формируют в уступе с площадкой, сопряженной с поворотом капитального съезда. Если крутонаклонный конвейер удлиняют другим крутонаклонным конвейером, то ДПП демонтируют, а на его месте устраивают узел перегрузки между конвейерами.

При разгрузке автосамосвалов в приемный бункер дробильно-перегрузочного пункта, расположенного в нише, их движение через этот пункт может быть поточным или тупиковым. При поточном движении грузовая и порожняковая ветви съезда на глубоких горизонтах могут быть разделены и размещены на разных транспортных бермах, которые в условиях ограниченного пространства нижней части карьера могут полностью заменить горизонтальные предохранительные бермы карьера.

Строительство ДПП и перегрузочных пунктов между конвейерами требует особого подхода. Для их размещения необходимы площадки, формирование которых традиционно может быть проведено за счет оставления целиков или выемки дополнительных объемов вскрыши при разносе участка борта карьера, что негативно влияет на технико-экономические показатели работы ДКК. Этого можно избежать, если наряду с совмещением площадки с горизонтальными участками капитального автомобильного съезда дополнительная ширина ее может быть образована за счет устройства ниши в нескольких объединенных уступах на необходимом участке борта карьера, как это показано на рис. 3. Этой же цели можно добиться без объединения уступов за счет использования мостовой конструкции, установленной на откосе уступа и нижележащей предохранительной берме (рис. 4).

На карьерах, разрабатывающих крутопадающие, глубокозалегающие, ограниченные в плане залежи полезных ископаемых по центрально-кольцевой системе разработки может быть нерациональным использование крутонаклонных конвейерных подъемников, составленных из ставов, расположенных на борту карьера перпендикулярно бровкам откосов уступов. Причиной этого может быть невозможность размещения дробильно-перегрузочных пунктов на конечном борту карьера без оставления постоянных целиков пород большого объема под площадки размещения ДПП и узла перегрузки между конвейерными ставами. В целиках пород будет потеряна часть объема полезного ископаемого. В таких случаях крутонаклонный конвейер можно размещать диагонально на борту карьера. Трасса конвейерного подъемника должна быть пройдена так, чтобы его хвостовая часть была параллельна уступу борта карьера (рис. 5). Этот комплекс ЦПТ будет использован для отработки глубинной части полезного ископаемого и, при необходимости, для выдачи скальных вскрышных пород на поверхность. Глубина расположения ДПП ограничивается предельной высотой подъема горной массы крутонаклонным конвейером. В таких условиях автомобильный съезд в верхней части карьера рационально сделать петлевым, с целью исключить его пересечение с трассой конвейера. Это обеспечит минимальное расстояние от съезда до мест монтажа подъемника на опорах, расположенных на предохранительных бермах карьера, и совмещение съезда с заездом автосамосвалов на разгрузочную площадку ДПП.

На карьерах, разрабатываемых по односторонней системе разработки с выдачей полезного ископаемого на поверхность крутонаклонным конвейерным подъемником, часть автомобильного съезда от горизонта конечной глубины карьера до горизонта разгрузочной площадки ДПП может быть полностью совмещена с наклонными предохранительными бермами карьера. С этой целью части съезда в грузовом и порожняковом направлениях разделяют и размещают в разных полутраншеях (рис. 6) [5]. Основания полутраншей являются наклонными предохранительными бермами карьера, заменяющими участки горизонтальных предохранительных берм карьера по трассе съезда. Они связаны между собой и с предохранительными бермами карьера съездами для вспомогательной техники, расположенными на боковых откосах полутраншей. Такой съезд исключает разнос под него конечного борта карьера с выемкой большого объема вскрыши, который может составить миллионы кубометров.

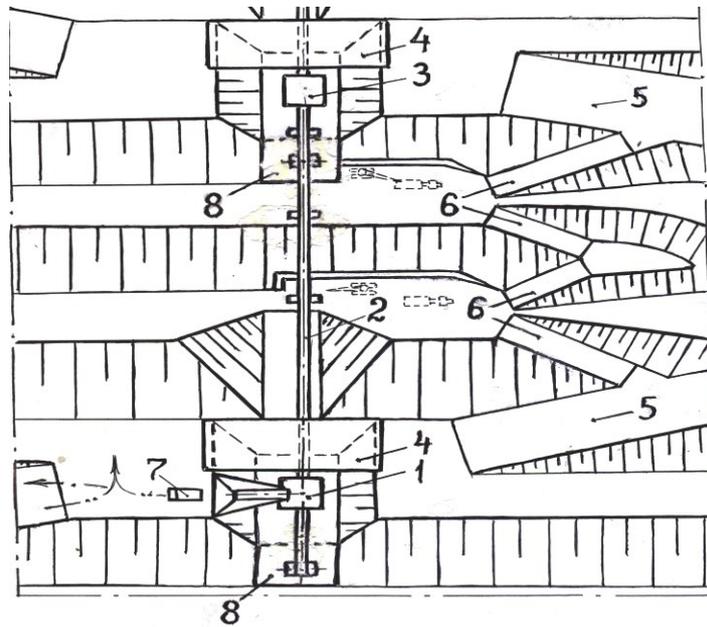


Рис. 4 – Крутонаклонный конвейерный подъемник:

- 1 – ДПП в нише; 2 – крутонаклонный конвейерный став;
- 3 – узел перегрузки между конвейерными ставами в нише;
- 4 – мосты через ниши; 5 – капитальный съезд; 6 – заезды на монтажные площадки;
- 7 – автосамосвал; 8 – мостовые конструкции под хвостовые части крутонаклонных конвейеров

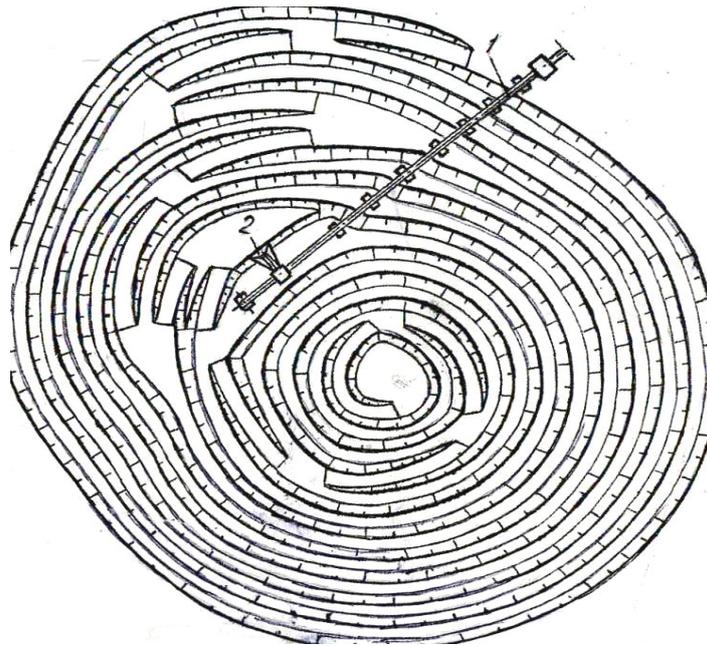


Рис. 5 – Дробильно-конвейерный комплекс с диагональным расположением крутонаклонного конвейера:

- 1 – крутонаклонный конвейер; 2 – ДПП

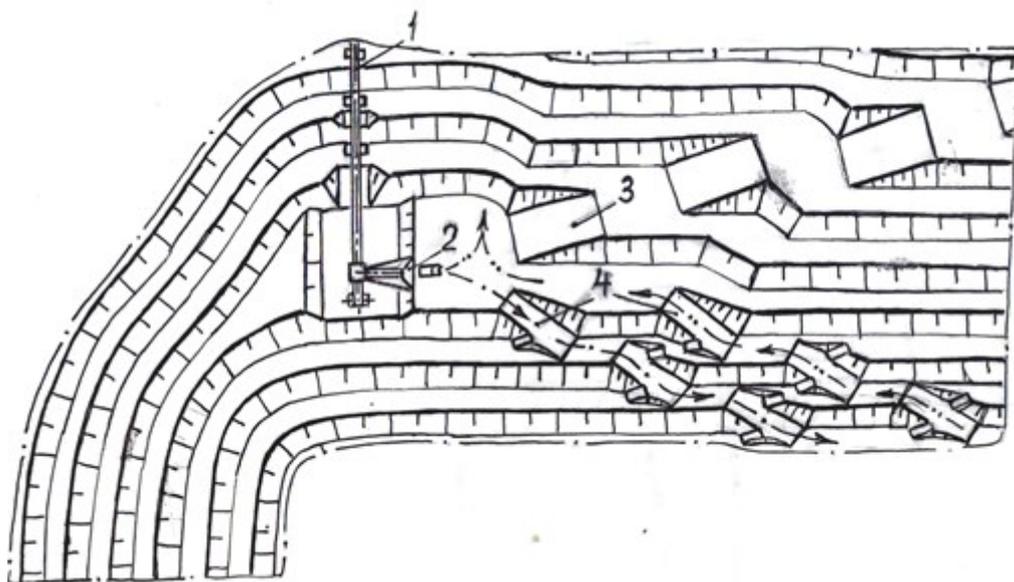


Рис. 6 – Дробильно-конвейерный комплекс на конечном борту карьера со стороны лежачего бока залежи полезного ископаемого:

- 1 – крутонаклонный конвейерный подъемник; 2 – ДПП;
- 3 – автомобильный съезд с поверхности карьера;
- 4 – автомобильный съезд от горизонта конечной глубины карьера до горизонта разгрузочной площадки ДПП

Таким образом, в процессе исследований получены следующие результаты:

- разработаны технологические схемы комплексов ЦПТ с крутонаклонными конвейерами для карьеров с однобортной и центрально-кольцевой системами разработки. Не выявлено технологических ограничений для использования комплексов ЦПТ с крутонаклонными конвейерами в условиях их предпочтительного применения, установленных по результатам технико-экономической оценки с учетом уровня использования технических возможностей оборудования.

- Формирование карьерного пространства на карьерах с однобортной системой разработки следует производить с обязательной увязкой разворотных площадок и некоторых горизонтальных участков капитального автомобильного съезда с местами расположения ДПП и перегрузочных пунктов между конвейерами. При этом ДПП и хвостовая часть конвейера должны быть расположены на основании ниши, пройденной в уступе с горизонтальной частью автомобильного съезда и площадки, образованной за счет объединения нижележащих уступов. Без объединения уступов основание площадки необходимого размера может быть образовано с использованием мостовой конструкции, установленной на откосе и горизонтальной части нижележащего уступа.

- На карьерах с центрально-кольцевой системой разработки крутонаклонный конвейер целесообразно располагать на конечном борту карьера диагонально бровкам откосов уступов, а площадка для размещения ДПП и хвостовой части конвейера должна быть сформирована параллельно уступам борта карьера на этом участке. При этом автомобильный съезд в верхней части карьера рационально сделать петлевым, исключив его пересечение с трассой конвейера, обеспечив минимальное расстояние до мест монтажа конвейера и совместив его с заездом автосамосвалов на разгрузочную площадку ДПП.

- С целью повышения эффективности разработки глубоких карьеров в их верхней зоне рационально применять комплексы ЦПТ с традиционными ленточными конвейерами. При высоте подъема горной массы более 100 – 200 м в зависимости от производительности эффективнее использовать крутонаклонные конвейерные подъемники как для удлинения конвейерной линии прежнего комплекса, так и в отдельном комплексе в соответствии с горнотехническими условиями разработки.

## Литература

1. Кармаев Г. Д. Выбор горно-транспортного оборудования циклично-поточной технологии карьеров / Г. Д. Кармаев, А. В. Глебов. – Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2012. – 296 с.
2. Анализ конструкций крутонаклонных конвейеров для карьеров / Е. Д. Николаев и др. // Горный журнал.–1998.– №11-12. - С. 62-25.
3. Котяшев А. А. Применение ленточных крутонаклонных конвейеров для транспортирования горной массы / А. А. Котяшев, А. В. Каледин// Горный журнал.–1990.– №5.– С. 61-63.
4. Шешко Е.Е. Перспективы крутонаклонного конвейерного подъема на горных предприятиях / Е. Е. Шешко, В. И. Морозов, Н. Г. Картавый //Горный журнал. – 1996.– №6. – С. 56-59.
5. Пат. № 2521191 Российская Федерация. Автомобильный съезд в карьере / Яковлев В.Л., Берсенев В.А., Кармаев Г.Д., Бахтурин Ю.А.; заявитель и патентообладатель ИГД УрО РАН ; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.