

Е.В. Бабий, к.т.н., ст. научн. сотр.  
(ИГТМ НАН Украины)

## **ПРИМЕНЕНИЕ КРУТОНАКЛОННЫХ КОНВЕЙЕРОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДОБОГАЩЕНИЯ РУДЫ В КАРЬЕРАХ**

Розглянуто проблему виїмки скельних розкривних порід на глибоких кар'єрах Кривбасу. Проаналізовано можливість застосування крутопохилих конвеєрів у технології передзбагачення руди в кар'єрі. Наведені технологічні схеми передзбагачення некондиційних руд.

## **APPLICATION OF CONVEYORS OF THE STEEP LIFTING AT TECHNOLOGY OF PRELIMINARY CONCENTRATION OF ORE IN QUARRIES**

The problem of the extraction of the rocky overburden on deep quarries of the Krivbass is considered. The opportunity of application of steep lifting conveyors in technology of preliminary concentration of ore in the quarry is analysed. Process flow diagrams of the preliminary concentration of sub-standard ores are given.

Дальнейшая перспектива открытой добычи руд в Криворожском железорудном бассейне определяется экономичностью технологий выемки и складирования скальных вскрышных пород.

Для добычи руды на карьерах Кривбасса применяют циклично-поточную технологию, которая обеспечивает минимальные расстояния транспортирования автосамосвалами. Мягкие и частично скальные вскрышные породы отрабатываются с использованием железнодорожного транспорта. Вскрышные уступы, расположенные ниже автомобильно-железнодорожного перегрузочного пункта отрабатывают на комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт. В результате интенсивного понижения горных работ при добыче руды высота вскрышной рабочей зоны постоянно увеличивается, и, соответственно, увеличиваются расстояния автоперевозок. В связи с несвоевременной выемкой скальных вскрышных пород и формированием сдвоенных и строенных уступов образовались временно нерабочие борта с углами откоса 25-30 градусов. Отставание вскрышных работ привело к консервации полезного ископаемого и ограничению фронта добычных работ, поэтому вопрос о техническом и технологическом переоснащении выемки скальных вскрышных пород является актуальным для большинства карьеров Кривбасса.

Решением проблемы выемки скальной вскрыши занимались многие специалисты научно-исследовательских и проектных институтов, были выполнены многочисленные проработки по возможности применения:

- а) автомобильного транспорта;
- б) железнодорожного транспорта;
- в) циклично-поточной технологии (ЦПТ);
- г) поточной технологии;
- д) скиповых подъемников.

Технологические схемы, в основе которых лежит автомобильный транспорт, имеют очень высокую себестоимость в использовании. Для уменьшения расстояний транспортирования автомобильным транспортом принимаются решения о вводе железнодорожных путей на ниже лежащие горизонты. Это решение проблематично, поскольку вызывает необходимость выемки большого объема вскрышных пород для формирования рабочего борта, больших затрат на укладку путей (стоимость укладки 1 км путей составляет 1 млн.грн.) и на создание перегрузочного пункта протяженностью около 0,6 км.

Выемку скальных вскрышных пород на глубоких горизонтах с применением циклично-поточной технологии по наклонным конвейерам предполагают применить на Первомайском карьере СевГОКа. Вышеуказанная технология применяется на карьере № 2 ОАО «АрсенорМиталСтил» с расположением конвейеров в стволах.

При проектировании поточной и циклично-поточной технологий, в основе которых лежат наклонные конвейера до 16-18°, необходимо законсервировать временно нерабочий борт, что сдерживает развитие горных работ. Скиповые подъемники не имеют необходимого технического обоснования использования их на карьерах. Вследствие чего, на глубоких карьерах назрела острая необходимость в реконструкции систем технологического транспорта с использованием циклично-поточной технологии, в основе которой лежит крутонаклонный конвейер (КНК). Кроме того, скальные вскрышные уступы на большинстве карьеров сложены окисленными кварцитами и некондиционными рудами. Возможны два направления по выемке скальных вскрышных пород.

Первое. Выемка некондиционных кварцитов по технологии предобогащения руды в карьере и использование части вскрыши как рудное сырье.

Второе. Выемка скальных вскрышных пород по циклично-поточной технологии с применением крутонаклонных конвейеров.

В настоящее время созданы и находятся в эксплуатации крутонаклонные конвейера, которые могут транспортировать горную массу под углом 35 – 70°, т.е. соответственно углу откоса нерабочего борта карьера. Это позволяет устанавливать их на опорах по борту карьера, избежать разноса борта, устанавливать на временно нерабочих бортах для отработки определённых участков месторождений.

Работоспособность КНК подтверждена длительным опытом их эксплуатации в смежных отраслях производства при транспортировании различных грузов: угля, медной руды, строительных материалов, отходов производства. Значительная часть конвейеров используется не на горных предприятиях (свыше 50 %): электростанциях, цементных заводах, складах и т.п. – в основном там, где кусковатость груза и его удельный вес относительно невелики.

В мировой практике применяют следующие виды крутонаклонных ленточных конвейеров:

- с прижимной лентой;
- с перегородками;
- с рефленной лентой;

- с открытой подвесной лентой;
- с закрывающейся подвесной лентой на подвижных или неподвижных ро-  
ликоопорах;
- элеваторного типа с карманами;
- трубчатые;
- глубокой желобчатости.

Каждая конструкция конвейера первоначально проектировалась под конкретные условия производства. С точки зрения области их применения конвейера бывают стационарные и переносные. В работе [1] приведена классификация КНК в зависимости от высоты подъема, согласно которой существуют:

- конвейеры для малых высот подъема до 10-15 м;
- конвейеры для средних высот подъема до 30-50 м;
- конвейеры для больших высот подъема до 500 м и более.

КНК для малых высот подъема применяются как вспомогательные на крупных перерабатывающих предприятиях или эксплуатируются как основные в составе стационарных и передвижных установок на небольших строительных производствах. В горной промышленности они могут быть использованы при поуступном подъеме горной массы в технологических цепочках или для переподъема при оснащении дробильного оборудования.

КНК для средних высот подъема получили наибольшее распространение в производстве. Они применяются главным образом на перерабатывающих производствах, строительных объектах, ТЭЦ и других крупных и средних предприятиях, где являются основными транспортными установками, способными перемещать значительные массы груза. Для горного предприятия приемлемость конвейеров средних высот подъема может быть либо на обогатительной фабрике, либо в карьере для подъема горной массы через сдвоенные или строенные уступы на перегрузочные пункты.

Крупные крутонаклонные конвейерные установки для больших высот подъема являются сложными и ответственными сооружениями и могут применяться только в составе циклично-поточной технологии. В горной промышленности широкое применение КНК нашли на угольных карьерах (табл. 1), где плотность транспортируемого материала находится в пределах 0,8-1,3. Наиболее близкими аналогами по плотности полезного ископаемого и высоты подъема к условиям выемки месторождения Кривбасса являются условия добычи медных руд, например, применение крутонаклонного конвейера на месторождении Майданпек (Югославия) и межуступного перегружателя на карьере Мурунтау (Узбекистан) (см. табл. 1).

В промышленных условиях крутонаклонные конвейера поднимают на максимальную высоту каменный уголь до 174 м, медную руду - до 93,5 метров. В ИГТМ НАН Украины проводятся работы по созданию конвейера с прижимной лентой и глубокой желобчатости с высотой подъема до 300 м. Эти конвейера берутся в основу технологических схем предобогащения руды в карьере.

Таблица 1 - Параметры крутонаклонных конвейеров, используемых в горной промышленности

Место эксплуатации или организация раз-работчик	Ввод в эксплуатацию, год	Транспортируемый материал	Плотность, $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	Производительность, т/ч	Угол транспор-тирования, градус	Высота подъёма, м	Длина, м	Ширина ленты, мм	Тип конвейера
Находятся в эксплуатации									
Majdanpek Mine (Югославия)	1992 - 1996	Медная руда	2,08	4000	35,5	93,5	173,7	2000	С прижимной лентой
Beth Energy (США)	1991	Чистый уголь	0,8	726	90	76,2	90,2	1372	---
Island Creek (США)	1992	Отходы угля	1,28	454	до 41	174,8	454,2	914	---
Мурунтау (Узбекистан)	2006	Золотоносная руда	2,0	4000	40	30	85	2000	---
Montague SyS (США)	1993	Каменный уголь	0,88	1950	57	59,4	90,8	1829	---
Turris Coal Co (США)	1993	Каменный уголь	0,88	1361	90	102,0	113	1524	---
Perini (Южная Африка)	1993	Вскрыша	1,1 – 1,3	1266	90	70,1	83,8	1372	---
Qualitech Steel (США)	1998	Железная руда	2,2	180	68	67,6	91	914	---
Terra Nova (Мексика)	2000	Медная руда		2500	35	34	79	1524	---
На стадии проектирования									
ИГТМ НАН Украины [2]	-	Железная руда	2,0-2,4	1500-2200	25-30	300	750-650	1600	---
ИГТМ НАН Украины	-	Железная руда	2,0	4000	25-30	125-175	300-350	1600	Глубокой желобчатости
МГУ для Костомушского ГОКа	ТЭО 1993	Железная руда	2,3	2300	35	107	200	2000	Двух-контурный с перегородками

КНК перспективно применять в схемах технологии предобогащения руды в карьере (ТПРК). При этой технологии железную руду или некондиционные руды из приконтактной зоны «полезное ископаемое - скальные породы» предварительно обогащают в карьере или непосредственной близости от него. Отходы предобогащения складировать совместно со вскрышными порода-

ми, а извлеченную обогащенную железную руду отправляют на обогатительную фабрику совместно с полезным ископаемым и тем самым увеличивают производственную мощность карьера по руде.

Применение технологии предобогащения руды в карьере эффективно там, где применяется циклично-поточная технология, так как имеется оборудование для крупного механического дробления [3]. При переносе рудного автомобильно-конвейерного перегрузочного пункта на нижележащие горизонты, верхний перегрузочный пункт остается либо недозагруженный, либо законсервированный. Его можно переоборудовать под дробление некондиционных руд из скальной вскрыши. ТПРК отличается от известных тем, что в карьере применяются дополнительные технологические процессы: среднее и иногда мелкое дробление и сухая магнитная сепарация.

При разработке технологических схем предобогащения горной массы возможны различные варианты в зависимости от следующих условий [4]:

- тип применяемого оборудования (стационарные или мобильные агрегаты);
- место расположения оборудования (в забое, на борту карьера или в непосредственной близости от карьера);
- транспорт и передаточные конвейера (пологие, наклонные и крутонаклонные конвейера);
- наличие потенциального места для расположения оборудования (на одном уступе, поуступное расположение);
- размещение отходов (внутреннее или внешнее отвалообразование).

Технологические схемы на борту карьера в зависимости от месторасположения оборудования можно представить двумя схемами (рис. 1 и 2).

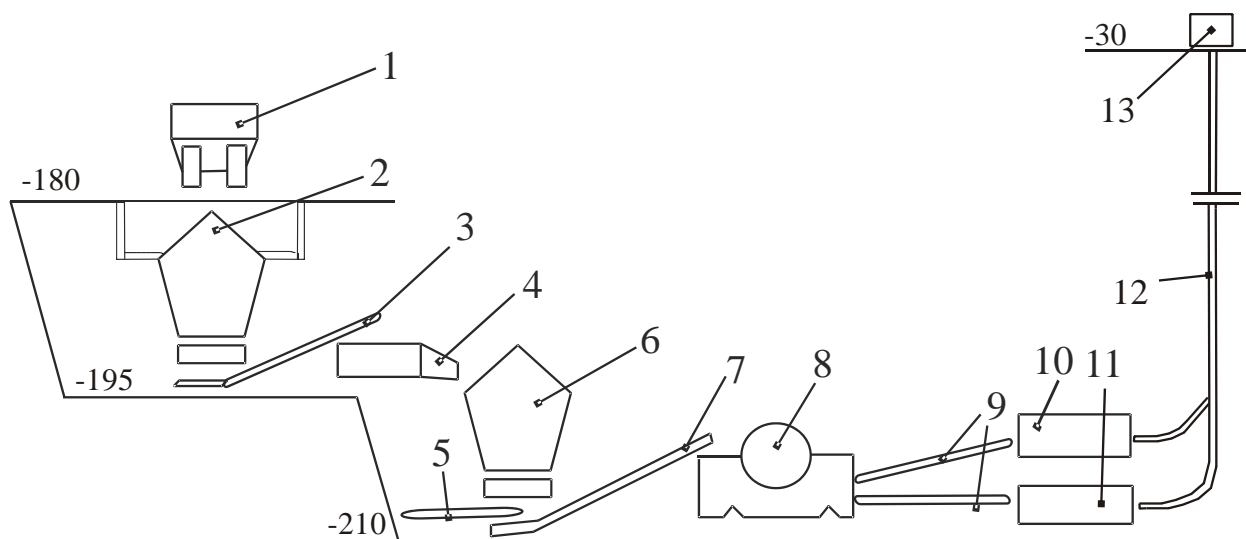


Рис. 1 – Технологическая схема дробильно-обогащительного перегрузочного пункта

Дробильно-обогащительный перегрузочный пункт руды в карьере включает в себя, кроме дробилки крупного дробления 2, (см. рис. 1) дробилку среднего дробления 6, грохот 4, сепараторы сухого магнитного обогащения 8 и передаточные

конвейера 3, 7 и 9. Дробилка крупного дробления, как и в ЦПТ, загружается автомобильным транспортом 1. После дробления горная масса поступает на грохот 4, для отсева мелкой фракции, чтобы не было переизмельчения породы, так как влажная мелочь отрицательно влияет на работу сепараторов. Подрешетный продукт просыпается на питатель 5, а надрешетный продукт идет в дробилку среднего дробления 6. Дробленая горная масса направляется на сепараторы сухого магнитного обогащения 8, откуда сухие хвосты направляются в бункер 10, а предобогащенный продукт в бункер 11. Далее сменным графиком вскрышные породы и предобогащенный продукт выдаются по КНК 12 на перегрузочный пункт железнодорожного транспорта 13.

Чтобы не было переподъема горной массы передаточными крутонаклонными конвейерами 3, 7 и 9 рационально крупногабаритное оборудование (дробилки, сепараторы) располагать поуступно (см. рис. 2).

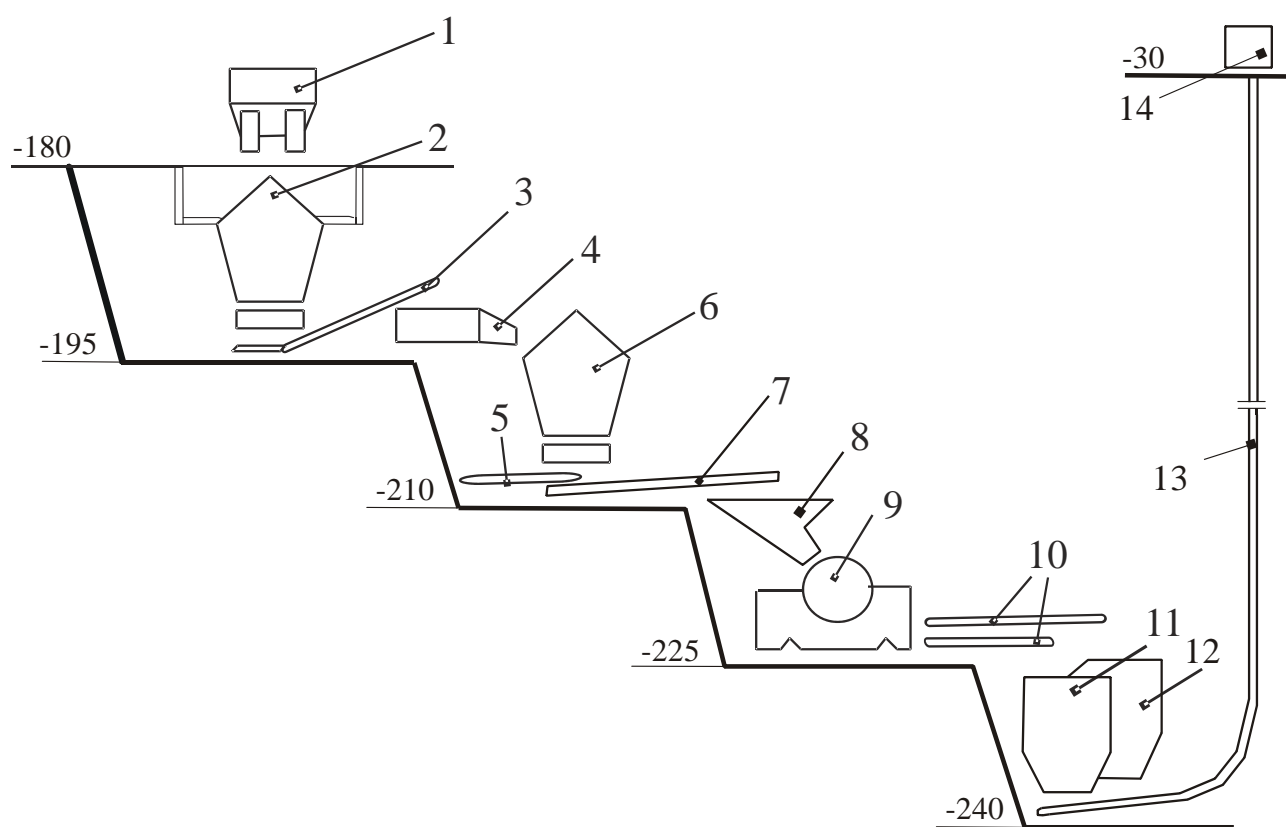


Рис. 2 – Технологическая схема дробильно-обогажительного пункта при поуступном расположении оборудования

Технологическая схема предобогащения руды в карьере состоит в следующем (см. рис. 2): из забоя автомобильным транспортом 1 руда доставляется на дробилку крупного дробления 2. Дробленая руда поступает по передаточному конвейеру 3 на грохот 4, где отсеивается мелочь фракцией менее 70 мм. Надрешетный продукт поступает на дробилку среднего дробления 6, а подрешеный - на питатель 5. Дробленая горная масса после среднего дробления подается конвейером 7 в распределительный бункер 8, с которого руда

поступает на сепараторы 9. Предобогащенная руда и сухие хвосты передаточными конвейерами 10 подаются в соответствующие бункера 11 и 12, откуда крутонаклонным конвейером 13 выдается либо на вышележащий железнодорожный перегрузочный пункт 14, либо если глубина небольшая сразу на земную поверхность.

В представленных на рисунках 1 и 2 технологических схемах КНК используются в качестве передаточных конвейеров между крупногабаритным оборудованием и конвейеров, выдающий горную массу на поверхность.

Из приведенного следует, что крутонаклонные конвейера целесообразно применять:

а) для отработки отдельных участков месторождения с последующим их демонтажом и переносом;

б) как стационарные крутонаклонные конвейерные подъемники в случае интенсивного понижения горных работ без существенного их развития в горизонтальном направлении.

Широкому промышленному применению циклично-поточной технологии на карьерах Кривбасса, а затем и на карьерах бывшего СССР, предшествовала широкая опытно-промышленная и промышленная проверка технологии и оборудования. При этом проходили опытно-промышленную проверку открытые конвейера, проложенные в наклонной траншее; перегрузочные пункты, оборудованные грохотами; грохотильно-дробильные перегрузочные пункты; передвижные дробильные агрегаты; конусно-валковые дробилки и другое оборудование.

Опытно-промышленная и промышленная проверка циклично-поточной технологии и оборудования с использованием наклонных конвейеров свидетельствует, что для широкого применения крутонаклонных конвейеров также необходимо обоснование технологии, конструкций конвейеров и промышленная проверка.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Картавый А.Н. Крутонаклонные ленточные конвейеры для горной промышленности [Текст] // Горное оборудование и электромеханика, 2006. - № 10. - С. 22-26.
2. Пат. 21536 Україна, МПК (2006) В65G 15/08. Крутопохилий стрічковий конвеєр [Текст] / Максютенко В.Ю., Мостовой Б.І., Кірія Р.В.; патентовласник Інститут геотехнічної механіки НАН України. - № у 2006 10883; заявл. 16.10.06; опубл. 15.03.07, Бюл. № 3.
3. Пат. 31776 Україна, МПК (2006) E21C 47/00. Спосіб відкритої розробки крутопадаючих родовищ [Текст] / Четверик М.С., Медведєва О.О., Бабій К.В. та др.; патентовласник Інститут геотехнічної механіки НАН України. - № у 2007 12785; заявл. 19.11.07; опубл. 25.04.08, Бюл. № 8.
4. Четверик, М.С. Формирование комплексов при технологии предобогащения руды в карьерах [Текст] / М.С. Четверик, Е.В. Бабий, А.А. Икол // Металлургическая и горнорудная промышленность. - 2007. - № 3. - С. 91-93.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. М.С. Четвериком 20.08.09*