

УДК 622.271

Г.Д. Кармаев, А.П. Тюлькин, И.Г. Сумина

**К ВОПРОСУ РАЗМЕЩЕНИЯ ДРОБИЛЬНО-
ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ ПУНКТОВ КОМПЛЕКСОВ
ЦПТ ПО ГЛУБИНЕ КАРЬЕРА**

Проведен анализ различных вариантов размещения дробильно-перегрузочных пунктов по глубине карьера.

Ключевые слова: автомобильно-конвейерный транспорт, циклично-поточная технология, горная масса, карьер.

Семинар № 16

**G.D. Karmaev, A.P. Tyulkin,
I.G. Sumina**

**THE FEASIBILITY OF
CONSTRUCTION OF THE CRUSHING
AND RELOADING POINTS AT
DIFFERENT DEPTHS**

The analysis of different variants in terms of the depth for the construction of the crushing and reloading points is conducted.

Key words: automotive-conveyor transport, cyclical-and-continuous method, rock mass, open-cut pit.

При разработке глубокозалегающих месторождений возникает необходимость отработки глубоких горизонтов карьера комбинированными видами транспорта, одним из которых является автомобильно-конвейерный транспорт, используемый при циклично-поточной технологии (ЦПТ).

Переход на циклично-поточную технологию осуществляется когда глубина карьера достигает не менее 100 м. При разработке скальных пород и руд с использованием этой технологии одним из важнейших вопросов является размещение дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП) в карьере. Этим определяется расстояние транспортирования горной массы

сборочным автомобильным транспортом.

Исследуя вопросы размещения и переноса дробильно-перегрузочных пунктов в карьере, М.Г.Новожилов [1] рассматривает расположение концентрационного горизонта на верхнем, одном из средних и нижнем уступе отрабатываемой группы уступов, т.е. на границах рабочей и нерабочей зоны и непосредственно в рабочей зоне карьера. Анализируя эти варианты, делается вывод о целесообразности размещения концентрационного горизонта непосредственно в рабочей зоне карьера, что подтверждается проведенными технико-экономическими расчетами.

В работе [2] автор, используя показатели скорость подвигания выемочно-погрузочного оборудования на рабочих уступах и возрастания расстояния доставки груза, с помощью методов векторной алгебры пришел к выводу о целесообразности расположения перегрузочных пунктов ниже рабочих уступов, на которых производится погрузка горной массы в автосамосвалы. Из этого практически следует, что расположение концентрационного горизонта совмещается с текущим дном карьера, а ДПП

должен размещаться в подземной выработке, расположенной на какой либо глубине ниже текущего дна карьера. Для устройства ДПП требуется подземная выработка значительных размеров, а чтобы его загружать необходима проходка рудоспуска, срабатываемого по мере понижения горных работ. Устройство рудоспуска осложняется тем, что по нему должна перепускаться горная масса непосредственно после буровзрывных работ.

В процессе отработки карьера ДПП может оказаться на нижней границе рабочей и нерабочей зоны, а затем и непосредственно в рабочей зоне.

Существенное влияние на затраты, связанные с переходом на ЦПП, оказывают также условия размещения конвейерных подъемников. В случае размещения ДПП непосредственно в рабочей зоне карьера конвейерные подъемники могут устанавливаться в траншеях, пройденных на постоянном или временно законсервированном бортах карьера, а также в наклонных стволах с выходом к ДПП через подземные выработки (квершлаги, штольни). Наклонные стволы и другие вспомогательные выработки должны проходить за предельным контуром карьера. В такой ситуации по мере понижения горных работ для сохранения рациональным расстояния доставки горной массы сборочным автомобильным транспортом необходимо переносить ДПП на нижележащие горизонты и удлинять конвейерные линии. Вариант размещения ДПП ниже рабочей зоны реализуется только при установке наклонных конвейеров в подземных выработках.

Преимущество этого варианта размещения ДПП ниже рабочей зоны состоит в том, что установка оборудования дробильно-конвейерного комплекса (ДКК) в подземных выработках не оказывает существенного

влияния на развитие горных работ и транспортных коммуникаций в карьере и устраниет необходимость переноса ДПП до конца отработки карьера. Кроме того, с понижением горных работ при постоянном уменьшении переподъема горной массы конвейерным подъемником расстояние транспортирования сборочным автомобильным транспортом всегда может поддерживаться рациональным. Существенными недостатками размещения оборудования ДПК в подземных выработках являются:

- значительные капитальные единовременные затраты на строительство сооружений, оборудование и длительный срок ввода в эксплуатацию ДКК, вследствие чего происходит омертвление капитала и практически недопустимо увеличивается срок его окупаемости;

- большой риск вложения инвестиций в осуществление этого проекта вследствие неопределенности конъюнктуры рынка сырья в течение длительного периода времени;

- увеличение расстояния транспортирования горной массы (за счет ее опускания по рудоспуску и последующего переподъема конвейерными установками).

- существенные ограничения для ведения взрывных работ вследствие расположения устья рудоспуска в рабочей зоне карьера.

- значительные трудности в обеспечении надежной работы рудоспуска при перепуске по нему крупнокусковой горной массы непосредственно после взрывных работ.

В варианте размещения ДПП ниже рабочей зоны карьера можно существенно сократить затраты на подземные выработки за счет использования крутонаклонных конвейеров, которые могут устанавливаться под углом равным углу погашения борта карьера

Таблица 1
Сравнительная стоимость строительства выработок и сооружений для ленточных конвейеров, %

Вид выработки (или сооружения)	Ед. изм.	Ширина ленты конвейера, мм				
		1200	1400	1600	1800	2000
1. Наклонный ствол (со вспомогательными выработками и сооружениями), всего: в том числе: - наклонный ствол - вспомогательные выработки и сооружения	100 м	174,7	189,8	203,3	216,0	228,0
	100 м на 100 м наклонного ствола	100,0 74,7	101,5 88,3	103,3 100,0	104,4 111,6	105,5 122,5
2. Траншея на борту карьера (при высоте уступа 15 м): - в скальных грунтах - в рыхлых грунтах	100 м	4,0 10,2	4,1 10,4	4,4 11,0	4,5 11,7	4,5 12,0
3. Станция приводов:	одно сооружение					
- наземная		100,0 (54,3*)	124,4	265,0	-	339,0
- подземная		-	-	426,6	-	452,0

^{*)} В скобках приведена стоимость в % от стоимости 100 м наклонного ствола.

или более его. Протяженность наклонного ствола для крутонаклонного конвейера в два и более раз меньше, чем для обычного ленточного конвейера. Учитывая весьма существенную разницу в стоимости подземных выработок и траншей для размещения конвейерного оборудования (табл. 1), даже этот вариант требует тщательной проработки. Это тем более важно, поскольку разработаны схемы ЦПП с открытым размещением оборудования ДПК в карьерном пространстве, при использовании которых исключается дополнительный разнос борта и оставление постоянных целиков под необходимые площадки [3].

На основании вышеизложенного, при решении задачи выбора места расположения ДПП в карьере, целесообразно рассмотреть два варианта.

1. ДПП расположен ниже рабочей зоны карьера в подземных выработках. Горная масса загружается в него через рудоспуск. Выдача горной массы после дробления на поверхность карьера производится крутонаклонным конвейером, установленным в наклонном стволе за предельным контуром карьера (рис. 1). В этом варианте целесообразно использовать стационарный ДПП.

2. ДПП размещен в рабочей зоне карьера на временно нерабочем борту. Загрузка горной массы в дробилку осуществляется через бункер-питатель. На поверхность горная масса транспортируется передаточным конвейером и стационарным конвейерным подъемником, установленными в траншее (в полутраншее) на постоянном борту карьера. В этом случае целесообразно использовать передвижные ДПП.

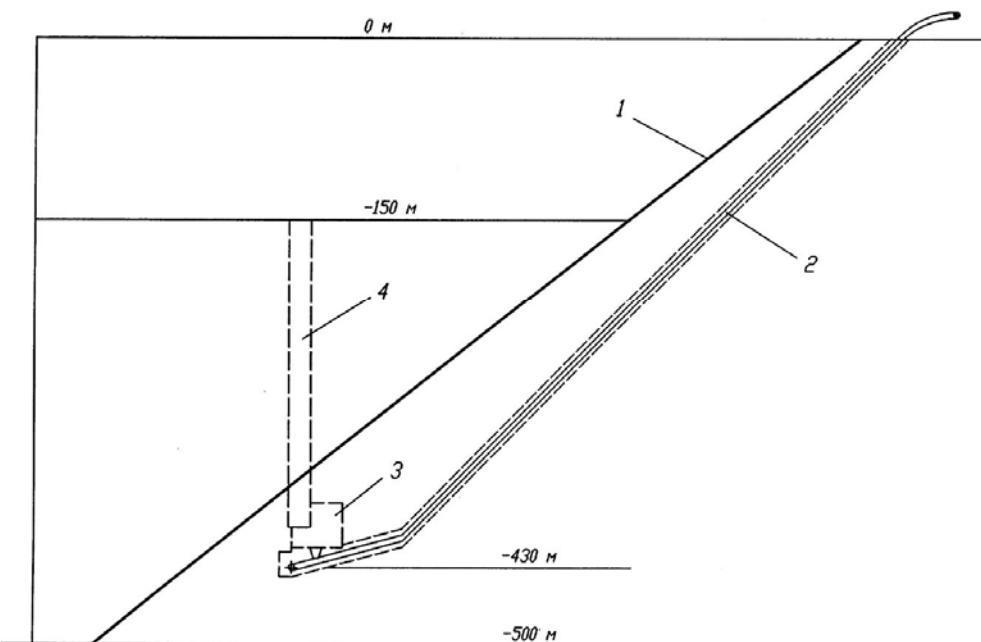


Рис. 1. Схема ЦПТ с расположением ДПП ниже рабочей зоны карьера в подземных выработках: 1 – борт карьера; 2 – крутонаклонный конвейер в наклонном стволе; 3 – ДПП; 4 – рудоспуск

При сравнении эффективности вариантов расположения ДПП в карьере следует принимать во внимание все затраты, связанные с их устройством, переносом по мере понижения горных работ в карьере, размещением конвейерных подъемников и их удлинением, с учетом разновременности их вложения. Учет затрат на другие технологические звенья (экскаваторные, автотранспорт) комплексов ЦПТ вследствие их значительной величины может снизить показатели вариантов. Поэтому при решении поставленной задачи эти затраты целесообразно не учитывать.

Основным фактором, определяющим достоверность результата, является критерий оценки вариантов и эффективности принимаемых решений. Учитывая, что обязательным

условием сравнения вариантов расположения ДПП является равные годовые объемы переработки горной массы ДКК и приближенность расчетов, проводимых на стадии предпроектных исследований, за критерий оценки можно принять минимум капитальных и эксплуатационных расходов за период строительства и эксплуатации комплексов.

При равенстве или незначительной разнице этих показателей дополнительными критериями могут служить натуральные показатели, такие как металлоемкость, необходимая энергонасыщенность ДКК, производительность труда, срок окупаемости затрат и какие-либо другие данные (например, существенное влияние на развитие транспортной системы карьера и ведение горных работ).

Таблица 2
Доля вложений в строительство дробильно-конвейерных комплексов по годам

Вариант	Годы				
	1	2	3	4	5
I	0,10	0,16	0,24	0,39	0,11
II	-	-	-	0,55	0,45

Оценка эффективности вариантов расположения ДПП проведена для условного карьера, конечная глубина отработки которого 500 м. Введение ЦПТ предусмотрено с глубины 150 м, а шаг переноса ДПП по мере понижения горных работ в карьере при использовании передвижных ДПП (вариант II) составит 70 м, что по времени будет примерно 6–7 лет. Годовой объем переработки горной массы сравниваемыми дробильно-конвейерными комплексами 15 млн т.

Продолжительность срока строительства ДКК до сдачи их в эксплуатацию существенно отличается. Строительство комплекса с размещением ДПП и конвейерных подъемников в подземных выработках можно принять исходя из опыта внедрения ЦПТ на карьерах стран СНГ. Он составляет 5–6 лет, т.е. за 5–6 лет до ввода в эксплуатацию ЦПТ необходимо начинать строительство подземных выработок. Для комплексов в открытом исполнении с передвижным ДПП срок строительства существенно ниже. Поскольку все необходимые площадки для размещения оборудования готовят в процессе ведения горных работ, то период его доставки, монтажа, наладки и проведения необходимых строительных работ можно принять равным сроку строительства ДКК, который достигает 1–2 года.

Из вышеизложенного следует, что при использовании передвижных ДПП можно делать капитальные вложения не ранее чем за 2 года до сро-

ка сдачи дробильно-конвейерного комплекса в эксплуатацию. Исходя из этого, разница в сроках строительства комплексов в рассматриваемых вариантах составит не менее 3-х лет. Ориентировочная доля капиталовложений в строительство ДКК по годам приведена в табл. 2. Кроме того в варианте II через каждые 6 лет необходимы дополнительные затраты на удлинение конвейерного подъемника и перенос ДПП и передаточного конвейера. Последний ДПП в карьере будет расположен на глубине 420 м.

Для удобства технико-экономического сравнения и более точного расчета целесообразно приводить затраты к моменту сдачи комплексов в эксплуатацию. Тогда затраты, произведенные в период строительства рассматриваются как затраты прошлых лет, а произведенные в период эксплуатации – как будущие.

Приведенные затраты прошлых и будущих лет определяются соответственно по формулам:

$$Z_{nt} = Z_t (1+E)^t \text{ и } Z_{bt} = Z_t / (1+E)^t,$$

где Z_t - действительные (фактические) затраты, произведенные t - лет назад или через t - лет в будущем по отношению к моменту оценки; E - норма дисконта (при решении задач о размещении оборудования на действующем предприятии минимальная норма дисконта может быть принята $E = 0,12$).

Расчет капитальных и эксплуатационных затрат на ДКК за период строительства и годы эксплуатации проведен в сравнительно стабильных

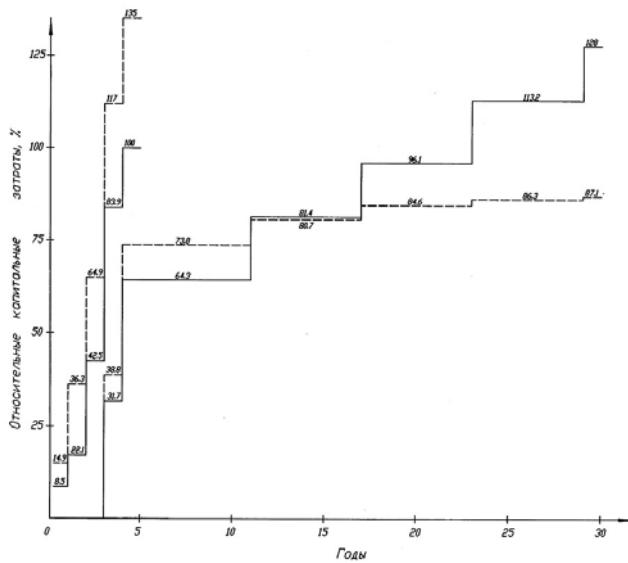


Рис. 2. Суммарные относительные капитальные затраты по вариантам ДКК: сплошная линия – фактические затраты, пунктирная линия – приведенные; 1 – затраты по варианту I, 2 – затраты по варианту II

ценах на оборудование и строительные работы (в ценах 1985 г.). Затем были определены относительные затраты в процентах от стоимости ДКК со стационарным ДПП и крутонаклонным конвейерным подъемником, размещенных в подземных выработках. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

Данные табл. 3 показывают, что фактические капитальные затраты на ДКК за период строительства по варианту II ниже этого показателя в варианте I на 35 %.

Вместе с тем, принимая во внимание затраты связанные с переносом ДПП и удлинением конвейерного подъемника в процессе эксплуатации комплекса, суммарные капитальные затраты в варианте II выше, чем в варианте I на 28%.

Однако, с учетом времени внесения инвестиций общие приведенные капитальные затраты весьма существенно ниже в варианте II по сравнению с вариантом I. Изменение фактических и приведенных капитальных вложений во времени представлено на рис. 2.

Фактические годовые эксплуатационные затраты на ДКК в варианте I практически остаются постоянными, а по варианту II они скачкообразно увеличиваются почти в два раза за период эксплуатации, что связано с переносом ДПП и удлинением конвейерного подъемника. В тоже время приведенные годовые эксплуатационные расходы значительно уменьшаются с удалением их от года приведения. Следует отметить, что начиная с 18–19 года эксплуатации затраты на ДКК в варианте II

становятся более высокими, чем в варианте I. Это объясняется необходимостью погашения фактических капитальных затрат большей величины, что свидетельствует о преимуществе ДКК с крутонаклонным конвейерным подъемником, когда подъем горной массы из карьера в обоих вариантах осуществляется на приблизительно одинаковую высоту.

Эффективность комплекса с крутонаклонным конвейером в этом случае подтверждается также и другими дополнительными критериями, а именно его меньшей металлоемкостью и необходимой энергонасыщенностью (табл. 4).

Несмотря на большую эффективность ДКК по варианту I в поздние годы эксплуатации, суммарные фактические и приведенные эксплуатационные затраты за весь рассматриваемый период существенно ниже в варианте II (рис. 3).

Таблица 3
**Относительные капитальные и эксплуатационные затраты
на дробильно-конвейерный комплекс *)**

Затраты	Годовые расходы, %													
	Период строительства					Период эксплуатации								
	1	2	3	4	5	6	11	12	17	18	23	24	29	30
Капитальные затраты, всего:	8,5	13,6	20,4	41,4	16,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
в том числе:	-	-	-	31,7	32,6	-	17,1	-	14,7	-	17,1	-	14,7	-
- на ДПП и горно-строительные работы	8,5	13,6	20,4	33,0	9,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- на конвейерное оборудование	-	-	-	31,7	26,0	-	12,9	-	12,9	-	12,9	-	12,9	-
- - суммарные **)	14,9	21,4	28,6	51,9	18,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	39,8	35,0	-	6,9	-	3,9	-	1,7	-	0,8	-
Эксплуатационные расходы, всего:	-	-	-	-	-	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7	30,7
в том числе:	-	-	-	-	-	18,8	18,8	24,5	24,5	28,9	28,9	34,6	34,6	39,0
- на ДПП и горно-строительные работы	-	-	-	-	-	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1	22,1
- на конвейерное оборудование	-	-	-	-	-	15,0	15,0	18,3	18,3	21,7	21,7	25,0	25,0	28,4
- суммарные **)	-	-	-	-	-	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6
	-	-	-	-	-	3,8	3,8	6,2	6,2	7,2	7,2	9,6	9,6	10,6
	-	-	-	-	-	27,4	15,6	13,9	7,8	7,0	3,9	3,5	2,0	1,8
	-	-	-	-	-	16,7	9,5	6,5	6,3	6,6	3,6	4,0	2,3	2,3

Примечание: *) в числителе – вариант I, в знаменателе – вариант II;

**) затраты, приведенные к моменту сдачи ДКК в эксплуатацию.

Таблица 4

Металлоемкость и необходимая энергонасыщенность дробильно-конвейерных комплексов при одинаковой высоте подъема

Оборудование	Масса, т		Энергонасыщенность, кВт	
	Вариант комплекса			
	I	II	I	II
Конвейерное	992	1273	5720	6580
ДПП	1060	1610	500	500
Всего	2152	2883	6250	7080

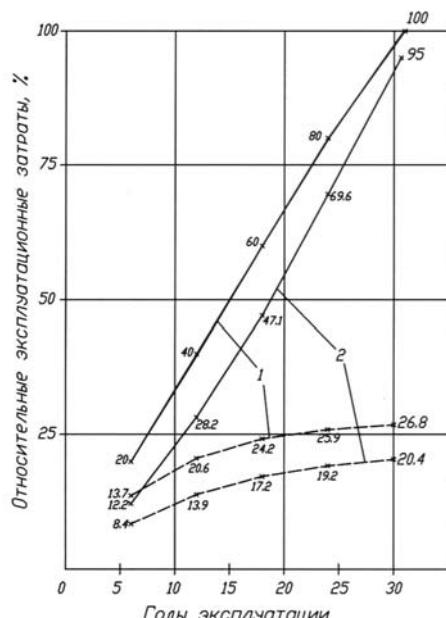


Рис. 3. Суммарные относительные эксплуатационные затраты: сплошная линия – фактические затраты, пунктирная линия – приведенные; 1 – затраты по варианту I, 2 – затраты по варианту II

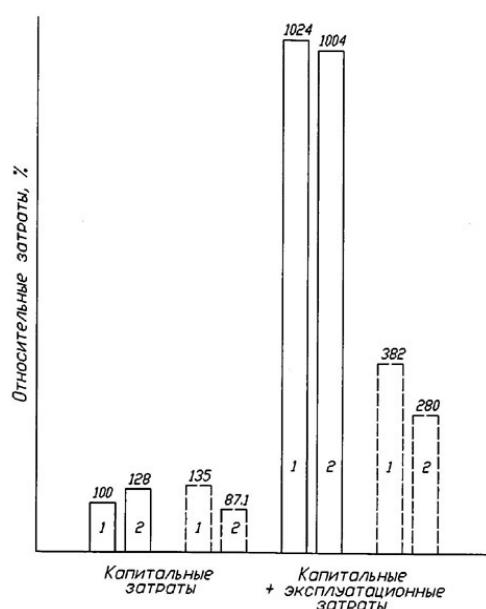


Рис. 4. Диаграмма сравнения вариантов строительства ДКК: сплошная линия – фактические затраты, пунктирная линия – приведенные; 1 – затраты по варианту I, 2 – затраты по варианту II

Результаты экономических расчетов и сравнения приведены в форме диаграммы, из которой видна экономическая значимость вариантов в относительном измерении (в процентах) по показателям: фактическим и приведенным капитальным затратам, а также суммарным фактическим и

приведенным капитальным и эксплуатационным затратам (рис. 4).

Из диаграммы видно, что по фактическим капитальным затратам вариант I экономичнее варианта II на 28%, а с учетом фактора времени он существенно проигрывает варианту II (+45%). При равенстве фактических

суммарных затрат по обоим вариантам, приведенные суммарные затраты на ДКК по варианту II ниже на 27% относительно затрат по варианту I. Кроме более высоких затрат следует отметить, что начало окупаемости инвестиций в варианте I наступит позже, чем в варианте II на период равный разнице в сроках строительства комплексов.

Проведенные исследования показали, что на глубоких карьерах при разработке полезных ископаемых с использованием циклически-поточной технологии ДПП целесообразно располагать непосредственно в рабочей зоне карьера. Это положение обосновано следующими показателями:

- меньший объем горно-строительных работ и срок ввода ДКК в эксплуатацию;
- разновременность вложения инвестиций с существенно меньшими

первоначальными капитальными затратами;

- меньшие суммарные дисконтированные капитальные и эксплуатационные затраты.

Дополнительно подтверждено преимущество использования крутона-клонных ленточных конвейеров в комплексах ЦПТ на карьерах в равных условиях с обычными ленточными конвейерами.

При разработке нагорных карьеров с применением ЦПТ горную массу с нагорной части целесообразно подавать на подземный ДПП через рудоструй. Горная масса с глубинной части карьера должна загружаться в открытые ДПП.

Кроме того, расположение ДПП ниже рабочей зоны возможно на карьерах с пологим залеганием полезного ископаемого. Однако, решение о расположении ДПП комплексов ЦПТ должно приниматься на основании технико-экономического анализа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиваковский А.Е., Ржевский В.В., Васильев М.В., Новожилов М.Г. и др. Циклически-поточная технология открытой разработки горных пород. - М.: Недра, 1970. - 328 с.
2. Столяров В.Ф. Проблема циклически-поточной технологии глубоких карье-ров. - Екатеринбург: УрО РАН, 2004. - 232 с.
3. Яковлев В.Л., Смирнов В.П., Берсенев В.А. Устройство дробильно-конвейерных комплексов на глубоких карьерах. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2003. - 42 с. **ГИАБ**

Коротко об авторах

Кармаев Г.Д., Тюлькин А.П., Сумина И.Г. – ИГД УрО РАН, г. Екатеринбург, direct@igd.uran.ru

