

водства достигается минимальное значение группового показателя ресурсоемкости.

### **Выводы**

Установлено, что в условиях карьеров ВГГМК можно значительно снизить ресурсоемкость производства добычных работ за счет перехода на ресурсосберегающую технологию, включающую замену конвейерного транспорта на гидротранспорт, который позволяет отказаться от использования энерго- и металлоемкого оборудования.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Нурок Г.А. Гидромеханизация открытых разработок. – М.: «Недра», 1970.

**УДК 622.271**

О.С. Ткач

## **ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ДЛИНЫ ФРОНТА ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ УСЛОВИЙ МУЛЬДЫ БОЛТЫШСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ.**

Виконано дослідження з встановлення оптимальної довжини фронту гірничих робіт для родовищ зі значною потужністю розкривних порід.

## **THE SUBSTANTIATION OF OPTIMUM LENGTH OF FRONT OF MINING OPERATIONS FOR CONDITIONS OF A CHARGING BOX BOLTYSHSKY DEPOSITS OF COMBUSTIBLE SLATES**

Researches on installation of optimum length of front of mining operations for deposits with considerable height of overbarden is executed.

**Актуальность.** Общеизвестным является то, что длина фронта горных работ ( $L$ ) оказывает влияние на их эффективность. С изменением величины  $L$  изменяются производительность роторно-конвейерного комплекса, затраты на вскрышные и горно-капитальные работы. Однако вопрос о рациональной длине фронта горных работ, как отмечалось ранее в работах [1, 2], так и в настоящее время, является дискуссионным. Различные исследователи для комбинированной системы разработки с использованием техники непрерывного действия рекомендуют принимать длину фронта горных работ в довольно широком диапазоне: 0,75 – 4 км.

При обосновании вовлечения в эксплуатацию Болтышского месторождения горючих сланцев, а именно карьерного поля №1 рекомендуемого к первоочередной разработке, стал вопрос обоснования длины фронта горных работ. Разработку месторождения рекомендуется производить роторными комплексами производительностью 7000 и 12500 м<sup>3</sup>/час с конвейерным транспортом [3]. Известно, что эффективность транспортной системы разработки с применением конвейерного транспорта будет зависеть, прежде всего, от расстояния транспортирования пород вскрыши от вскрышных до отвальных горизонтов.

**Постановка задачи.** Установление длины фронта горных работ является первоочередной задачей, определяющей объем горно-капитальных работ, стоимости экскавации и транспортирования 1 м<sup>3</sup> вскрыши и в целом эффективность разработки Болтышского месторождения горючих сланцев.

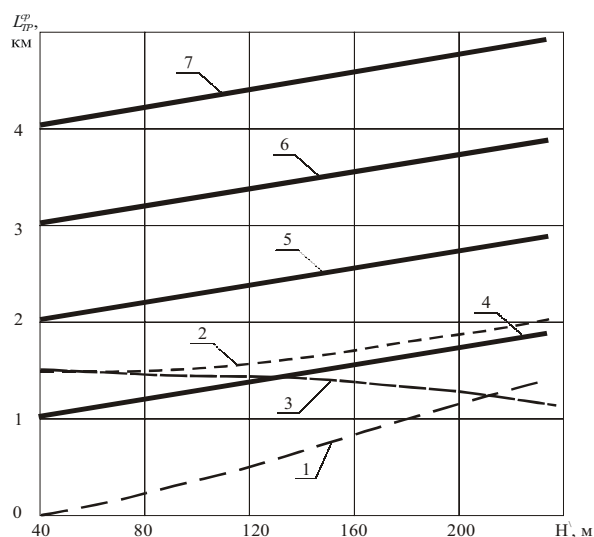
**Решение.** В виду довольно большого количества факторов, влияющих на оптимальную длину фронта горных работ, и сложную зависимость факторов между собой, оптимальные их значения представляется возможным определить графоаналитическим методом.

Первым этапом решения является установление аналитических зависимостей между мощностью вскрыши, длиной транспортирования вскрышных пород и протяженностью конвейерных линий (табл. 1).

Подставив в формулу (1) величины  $L_{mp}^{p.б.}$ ,  $L_{mp}^{н.б.}$ ,  $L_{mp}^o$  и  $\Delta l_{mp}$  получим аналитическую зависимость среднего расстояния транспортирования вскрышных пород во внутренний отвал от параметров рабочей зоны, для i-го слоя (уступа).

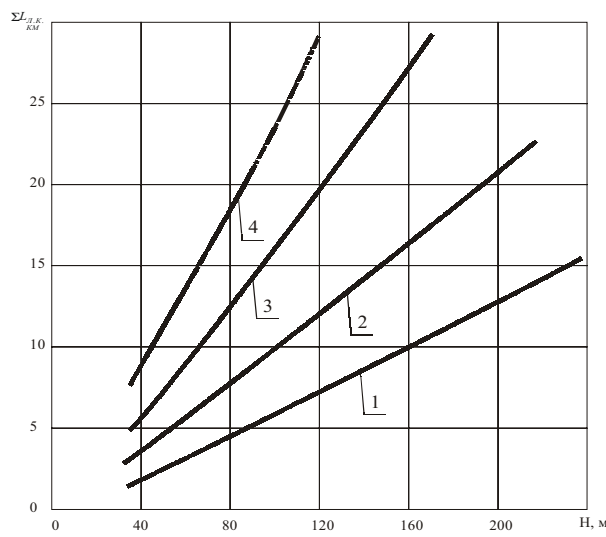
$$L_{mp_i}^{cp} = (L_{д} + 2 * h_{п.и.} * ctg\beta_{cp}) + \sum_{i=1}^{n-1} H_i * ctg\beta_{cp} + Ш_{p.m.} + h_{п.и.} * (ctg\varphi_p + ctg\varphi_o) + \sum_{i=1}^{n-1} H_i (ctg\varphi_p + ctg\varphi_o) - 0,5 * B_{c.m.}^{нов.} + \frac{H_{cp} * (K_p - 1)}{n * \sin * \gamma_{к.в.}}, \text{ м} \quad (1)$$

На основании полученных аналитических выражений (1 ÷ 9) установлены зависимости внутрикарьерного расстояния транспортирования вскрышных пород ( $L_{mp}^{cp}$ ) и суммарной протяженности конвейерных линий ( $\sum L_{л.к}$ ) от мощности вскрышных пород (рис. 1, 2).



1, 2, и 3 – соответственно  $l_{TP}^{HB} = f_1(H)$ ,  $l_{TP}^{PB} = f_2(H)$ , и  $l_{TP}^O = f_3(H)$  при  $LД=3000$  м;  
4, 5, 6 и 7 – при  $L$  равном соответственно 1000, 2000, 3000 и 4000 м

Рис. 1 – Зависимости среднего расстояния транспортирования от мощности вскрыши



1, 2, 3 и 4 – соответственно при длине фронта работ 1000, 2000, 3000 и 4000 м

Рис. 2 – Зависимости суммарной протяженности конвейеров от мощности вскрыши

Таблица 1 – Аналитические зависимости для определения внутрикарьерного расстояния транспортирования вскрышных пород.

№ п/п	Наименование параметра	Аналитическая зависимость
1.	Среднее расстояние транспортирования для i-го слоя вскрышных пород	$L_{mp_i}^{cp} = L_{mp_i}^{p.б.} + L_{mp_i}^{нб} + L_{mp_i}^o + \Delta_{mp_i}, \text{ м} \quad (1)$
2.	Среднее расстояние транспортирования вскрышных пород по рабочему борту карьера для i-го слоя	$L_{mp_i}^{p.б.} = 0,5 * (L_o + 2 * h_{пш} * ctg_{cp}) + \sum_{i=1}^{n-1} H_i * ctg\beta_{cp}, \text{ м} \quad (2)$
3.	То же по нерабочему борту	$L_{mp_i}^{н.б.} = Ш_{p.m.} + h_{пш} * (ctg_p + ctg_o) + \sum_{i=1}^{n-1} H_i * (ctg_p + ctg\phi_o), \text{ м} \quad (3)$
4.	То же по отвалу	$L_{mp_i}^o = (L_{mp_i}^{p.б.} - B_{c.m.i}^{пов}) * 0,5, \text{ м} \quad (4)$
5.	Ширина соединительной траншеи поверху для i-го отсыпаемого яруса (слоя) отвала ( $H_{oi}$ )	$B_{c.m.i}^{пов.} = \left[ b_{c.m.} + h_{п.л.} * (ctg_{cp} + ctg_{o.y.}) + \sum_{i=1}^{n-1} H_{oi} * (ctg_{cp} + ctg\phi_{o.y.}) \right] * 0,5, \text{ м} \quad (5)$
6.	Высота отвала i-го яруса	$H_{oi} = K_{oi} * H_i, \text{ м} \quad (6)$
7.	Коэффициент сокращения фронта отвальных работ	$K_{oi} = K_{Pi} * \frac{B_{c.m.i}^{пов.}}{L_{mp_i}^{p.б.}} \quad (7)$
8.	Приращение расстояния транспортирования вскрышных пород во внутренние отвалы	$\Delta_{mp} = \frac{H_{cp} (K_p - 1)}{n * \sin \gamma_{к.в.}}, \text{ м} \quad (8)$

Где  $Ш_{p.л.}$  – ширина разрезной траншеи понизу, м;  $H_i$  – мощность отрабатываемого i-го слоя (уступа) вскрышных пород;  $i=1, 2, 3, \dots, n$  – порядковый номер слоя (снизу вверх);  $n$  – число отрабатываемых слоев;  $b_{c.т.}$  – ширина соединительной траншеи понизу, м;  $\beta_{cp}$  – средний угол откоса нерабочего борта в торце карьера, град.;  $\phi_o$  – угол откоса отвала, град.;  $H_{cp}$  – средняя высота вскрышного уступа, м;  $K_p$  – коэффициент разрыхления пород вскрыши;  $n$  – число отвальных ярусов;  $\gamma_{к.в.}$  – угол наклона на отвальной консоли перегружателя (компенсатора высоты).

Как видно из приведенных графиков величины  $L_{mp}^{cp}$  и  $\sum L_{Л.К}$  с увеличением мощности вскрыши  $H$  и длины фронта горных работ  $L$  существенно возрастают. Однако темпы прироста этих величин различны. Так приращение среднего расстояния транспортирования вскрыши ( $\Delta L_{mp}^{cp}$ ) на каждые 40 м увеличения мощности вскрыши возрастает на 0,2 км и это приращение является постоянным и независимым от длины фронта  $L$ . Небольшое значение  $\Delta L_{mp}^{cp}$  объясняется тем, что с увеличением мощности вскрыши, особенно после 80 м происходит уменьшение длины фронта отвальных работ и, соответственно, расстояния транспортирования  $L_{mp}^o$  (рис. 1 штриховая линия 3). Такое уменьшение происходит за счет увеличения размеров соединительной выездной траншеи, что характерно для применяемых в настоящее время технологических схем комбинированной системы разработки.

Приращение суммарной протяженности конвейерных линий ( $\Delta L_{Л.К}$ ) значительно больше и зависит от длины фронта работ  $L$ . Так, при  $L=1000$  м на каждые 40 м увеличения мощности вскрыши приращение  $\sum L_{Л.К}$  составляет 2,5 км, а при  $L=4000$  м величина составляет  $\Delta L_{Л.К}$  возрастает до 10 км, т.е. в 4 раза (рис. 2).

Вторым этапом является определение степени влияния длины фронта горных работ на стоимость экскавации  $1 \text{ м}^3$  вскрышных пород, приращения удельных эксплуатационных затрат ( $\Delta C$ ) и капитальных ( $\Delta K$ ) вложений, а также затрат на горно-капитальные работы ( $\Delta C_{кр}$ ).

Стоимости экскавации  $1 \text{ м}^3$  вскрышных пород зависит от производительности роторно-конвейерного комплекса, которая зависимости от длины фронта горных работ и определяется по формуле

$$Q_{ЭР} = Q_{ч} (T_{эф} - t_{п}) * K_{и}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (10)$$

где  $Q_{ч}$  – часовая производительность роторного экскаватора по рыхлой горной массе,  $\text{м}^3$ ;  $T_{эф}$  – продолжительность эффективной работы экскаватора в течение года (с учетом сезонности его работы), ч;  $T_{п}$  – суммарная продолжительность простоев экскаватора при врезке в новую заходку и при передвижке ленточных конвейеров, ч/год;  $K_{и}$  – коэффициент использования экскаватора в течение года (без учета сезонности его работы).

Величина простоев  $t_{п}$  определяется по формуле

$$t_{п} = \frac{Q_{э}^H}{L * H * A} * t_{п}^{\lambda}, \text{ ч.} \quad (11)$$

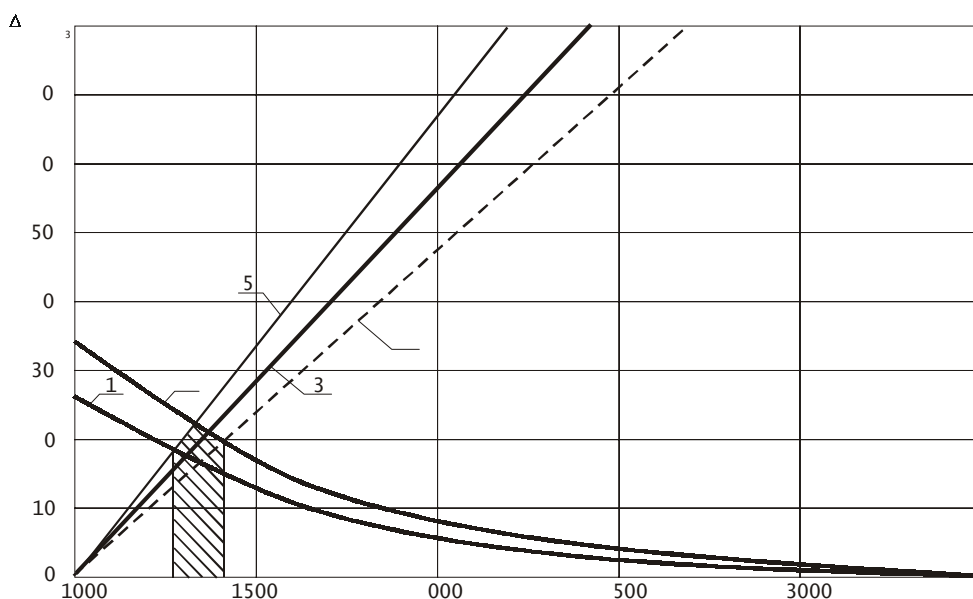
где  $Q_{э}^H$  – номинальная производительность роторного экскаватора (без учета влияния  $L$ ),  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  $H$  – мощность разрабатываемого вскрышного уступа, м;  $A$  –

ширина экскаваторной заходки, м;  $t_{II}^{\lambda}$  - суммарная продолжительность простоев при врезке в новую заходку и передвижке конвейеров, приходящая на одну заходку, ч.

Величина  $t_{II}^{\lambda}$  принималась в расчетах по данным практики работы роторно-конвейерных комплексов в условиях карьеров Никопольского марганцеворудного бассейна. Так, потери рабочего времени на врезку в новую заходку роторным экскаватором составляют в среднем 12 – 14 ч., а потери времени на передвижку ленточных конвейеров – 60-80 ч. [1], т.е. величина  $t_{II}^{\lambda}$  составляет в среднем 70 – 90 ч. на одну заходку.

Расчеты производительности роторного экскаватора с учетом изменения длины фронта работ  $L$  выполнены применительно к условиям Болтышского месторождения горючих сланцев, когда на передовых уступах намечены к применению роторные экскаваторы ЭР – 7000/35 и ЭР – 12500/45 с высотой уступов 35 и 45 м соответственно.

Это позволило установить зависимость приращения удельных затрат на экскавацию вскрышных пород при работе роторных комплексов ЭР – 7000/35 и ЭР – 12500/45 (рис. 3, кривые 1 и 2 соответственно) от длины фронта горных работ.



1 – приращения удельных затрат на экскавацию комплексами ЭР-7000/35; 2 – то же комплексами ЭР-12500/45; 3 – приращение удельных затрат на транспортирование вскрыши  $\Sigma\Delta C=f(L)$ ; 4 -  $\Sigma\Delta C = f_4(L)$  с учетом горно-капитальных работ ( $H=70$ ) м; 5 – то же при мощности вскрыши 100 м.

Рис. 3 - Зависимости изменения приращений удельных затрат на разработку и транспортирование вскрышных пород роторно-конвейерными комплексами от длины фронта горных работ:

Наибольшее снижение годовой производительности роторного экскаватора и соответствующее увеличение эксплуатационных (условно постоянных) затрат

происходит в диапазоне изменения  $L$  от 1000 до 2000 м. В дальнейшем при увеличении  $L$  от 2000 м до 4000 м приращение затрат ( $\Delta C_{эк}$ ) составляет 2-8 %.

Таким образом, с уменьшением длины фронта горных работ годовая производительность роторного экскаватора существенно уменьшается, в особенности в диапазоне длины  $L=1000-2000$  м, что приводит к возрастанию эксплуатационных затрат на экскавацию  $1 \text{ м}^3$  вскрыши.

В то же время, с уменьшением  $L$  сокращается расстояние транспортирования и общая протяженность транспортных коммуникаций (ленточных конвейеров), что соответственно снижает эксплуатационные затраты и капитальные вложения (в том числе и на горно-капитальные работы по строительству карьера).

Зависимости изменения приращений удельных затрат на транспортирование вскрыши роторно-конвейерным комплексом от длины фронта горных работ приведены на рис. 3 (зависимости 3, 4 и 5).

**Резюме.** Пересечение криволинейных зависимостей изменения приращения удельных затрат на экскавацию (1 и 2) и прямолинейных зависимостей изменения приращения удельных затрат на транспортирование вскрыши (3, 4 и 5) свидетельствует о наличии области рациональных значений длины фронта горных работ. Следует также отметить, что увеличение мощности вскрыши  $H$  приводит к соответствующему возрастанию затрат на горно-капитальные работы ( $\Delta C_{гкр}$ ), что также влияет на область рациональных значений  $L$  (зависимости 4 и 5, соответствующие мощности вскрыши 70 и 100 м), что характерно для условий Болтышского месторождения.

### **Выводы.**

1. Установлены аналитические зависимости горно-технологических параметров рабочей зоны глубокозалегающих горизонтальных месторождений: среднего расстояния транспортирования пород вскрыши во внутренний отвал ( $L_{ТР}^{CP}$ ) и суммарной протяженности конвейерных линий ( $\Sigma L_{К.Л.}$ ) от мощности вскрыши, что позволяет производить сравнительную оценку эффективности технологических схем отработки вскрышных уступов. С увеличением мощности вскрыши от 80 м до 160 м  $L_{ТР}^{CP}$  увеличивается в 1,3 а  $\Sigma L_{К.Л.}$  – в 2 раза.

2. Определена область оптимальных значений длины фронта горных работ от мощности вскрыши. Она составляет 1200 – 1500 м, что является приемлемым для технологической возможности применения полосовой схемы разработки месторождения, обеспечивающей минимальные расстояния транспортирования вскрыши во внутренние отвалы.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Барсуков М.И. Повышение эффективности поточной технологии на карьерах с мягкими породами. Киев, Наукова думка, 1984. – 232 с.
2. Технология открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Ч1 и Ч2. Новожилов М.Г., Хохряков В.С., Пчелкин Г.Д. и др. М.- Недра, 1971.-1064 с.
3. Техничко-экономические соображения о промышленной значимости Болтышского месторождения горючих сланцев. Киев, УкрНИИпроект, 1998. – 192 с.