

литой полосой горных выработок и характер геомеханических процессов, протекающих во вмещающем массиве горных пород;

– для конкретных горно-геологических условий необходима доработка состава сухой смеси с целью увеличения прочности материала из БИ-крепи, сокращения времени схватывания, набора максимальной прочности, а также использования местных материалов качестве наполнителя (шлака, шламов, измельченной породы и т. д.) для снижения себестоимости сухой смеси.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Ф. Булат, М.А. Ильяшов, Б.М. Усаченко, Л.В. Байсаров и др. Временный технологический регламент по охране подготовительных выработок угольных шахт литыми полосами из твердеющих материалов. – Днепропетровск: РИА «Днепр-VAL», 2004. – 33 с.

2. Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, А.И. Демченко. Геомеханика и технология поддержания повторно используемых горных выработок. – Днепропетровск: ЧП «Лири ЛТД», 2005. – 240 с.

**УДК 622.678.53**

Асп. О.А. Медведева  
(ИГТМ НАН Украины)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ МОЩНОСТИ КАРЬЕРОВ И ВЛИЯНИЕ НА НЕЕ ПЛОЩАДИ РУДНОЙ ЗОНЫ**

Викладено методику визначення виробничої потужності кар'єру та виконано дослідження щодо визначення площі рудного покладу. Вона зменшується з глибиною кар'єру та внаслідок розміщення внутрішніх відвалів та перевантажувальних площадок.

### **DEFINITION OF OPENCASTS PRODUCTIVE CAPACITY AND INFLUENCING ON IT OF ORE BAND SPACE**

The method of application of definition of productive capacity of opencast is explained and is carried out studies concerning definition of the floor space of ore deposit. It declines with the depth of opencast and owing to the arrangement of internal spoil heaps and overload platforms.

В условиях нестабильных экономических связей, переменного спроса на сырье, колебании цен важным является определение производственной мощности глубоких карьеров. Ниже изложена методика ее определения и зависимость ее от изменения площади рудной залежи с глубиной, объема выемки вскрышных пород.

Производственная мощность глубоких карьеров по руде зависит от понижения горных работ (возможная), которую может обеспечить применяемый технологический комплекс по выемке вскрышных пород [1, 2]. В тоже время при заданной производственной мощности карьера следует обеспечивать необходимую скорость понижения горных работ.

В связи со снижением производственной мощности карьеров по руде, повышении затрат на энергоносители, машины и оборудование снизилась производительность технологических комплексов по выемке вскрышных пород, уменьшились объемы их выемки (табл. 1).

Таблица 1 – Производственные мощности карьеров Кривбасса и недозвешанные объемы вскрышных пород

Показатели	ПГО К	Ин- ГОК	ЮГ ОК	НКГОК		ЦГОК			СевГОК	
				Карь- ер №2	Карь- ер №3	Карь- ер №1	Карь- ер №3	Карь- ер №4	Перво- май- ский карьер	Ан- нов- ский карьер
Производственная мощность карьера по руде по проекту, млн.т.	34,0	33,0	22,0	12,0	13÷ 14,5÷ 18,0	13,0	6,0	1,0	30,0	17,2
Фактическая производственная мощность карьера по руде, млн.т.	16,3	28,0	18,7	6,0	9,5	9,4	1,7	0,5	10,0	6,8
Производительность карьера по вскрыше по проекту, млн.м <sup>3</sup> .	27,0	16,5	7,5	3,6	6,2÷ 7,0÷ 8,6	14,2	7,8	-	28,92	25,0
Фактическая производительность карьера по вскрыше, млн.м <sup>3</sup> .	13,0	12,5	6,15	1,7	4,8	7,4			6,6	3,0
Объем вскрышных пород, млн.м <sup>3</sup>	-	361,6	183,1	91,0	537,3	403,1	110,3	245,0	436,0	28,19
Высота вскрышной рабочей зоны, м	-	270	-	220	135	230	165	-	235	80,0
Необходимая скорость понижения горных работ, м/год	15,8	12,0	11,2	7,1	18,2	-	10,4	-	14,8	10,3
Недовыполненные объемы вскрыши, млн. м <sup>3</sup>				5,0	12,0	60,0	24,5	-	26,0	15,0

Это может привести к тому, что не будет обеспечиваться необходимая скорость понижения горных работ, которая определяется по выражению

$$h_H = \frac{Q}{s\gamma \left( \frac{1-\beta}{1-\nu} \right)}, \text{ м/год} \quad (1)$$

где  $h_H$  – необходимая скорость углубки карьера в рудной зоне, м/год;  $S$  – пло-

щадь рудной залежи, изменяющаяся на протяжении углубки,  $m^2$ ;  $\gamma$  – плотность руды,  $t/m^3$ ;  $\beta$  – размер потерь в долях единицы;  $V$  – размер засорения в долях единицы;  $Q$  – производственная мощность глубокого карьера, т.

Изменение достижимой скорости понижения горных работ в зависимости от высоты вскрышной рабочей зоны, производительности технологического комплекса по выемке вскрышных пород рассмотрено ранее [1], а здесь рассмотрим влияние на изменение производственной мощности карьера площади рудной зоны.

Площадь рудной зоны является переменной величиной. Она зависит:

- от горногеологических условий месторождения (рис. 1);
- от параметров карьера: в зависимости от глубины и углов откоса нерабочих бортов площадь рудной залежи с глубиной уменьшается;
- от направления углубки карьера;
- от технологии ведения годных работ. Так, при расположении в карьере внутренних отвалов, перегрузочных пунктов при автомобильно-железнодорожном транспорте и при циклично-поточной технологии консервируется вскрытая рудная площадь, а соответственно и вскрытые запасы;
- от технологии ведения горных работ, когда часть вскрыши не вынута по сравнению с нормативно необходимой.

Изменение рудной залежи с понижением горных работ можно представить так:

$$S = m \cdot \left( D + 2 \cdot ctg \beta_B \cdot \left( H_K - \sum_{i=1}^{T-1} h_i \right) \right), \quad (2)$$

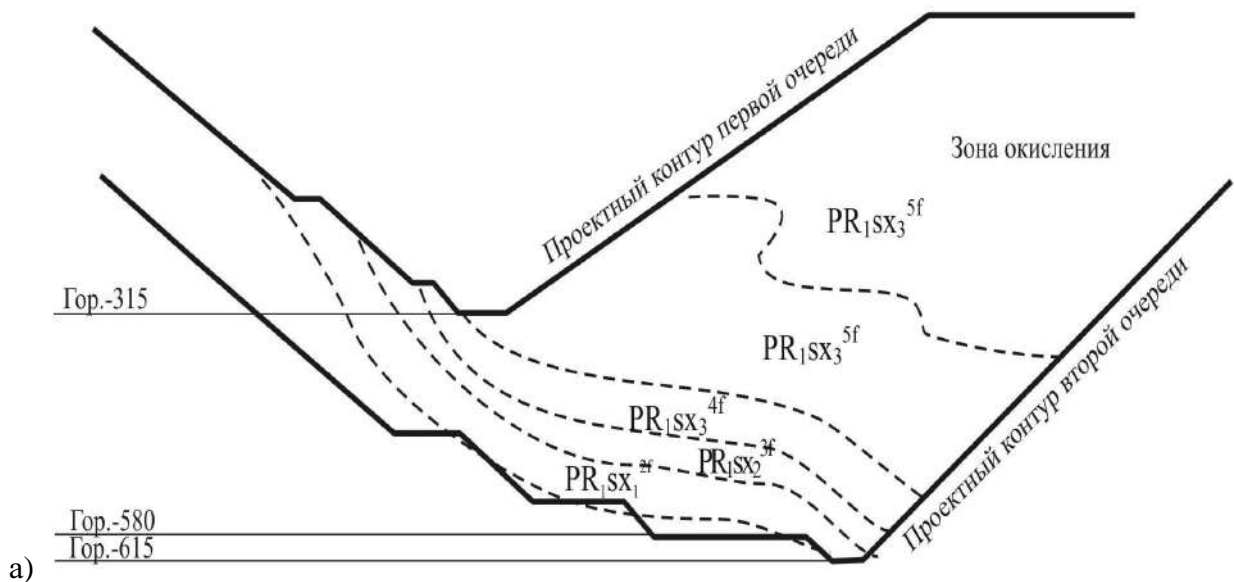
где  $h_i$  – скорость понижения горных работ в  $i$ -й год эксплуатации карьера, м/год;  $T$  – срок службы карьера при отработке его запасов с заданной производительностью, лет,  $m$  – мощность залежи, м;  $D$  – длина дна карьера по руде, м;  $H_K$  – конечная глубина карьера, м.

Как следует из графика рис. 2 площадь рудной залежи с понижением горных работ уменьшается.

Площадь рудной залежи может быть недовскрыта в связи с невыполнением объема вскрышных работ на величину  $V_{H.B.}$ . Величину недовскрытой площади рудной залежи  $S'_{H.П.}$  можно определить так

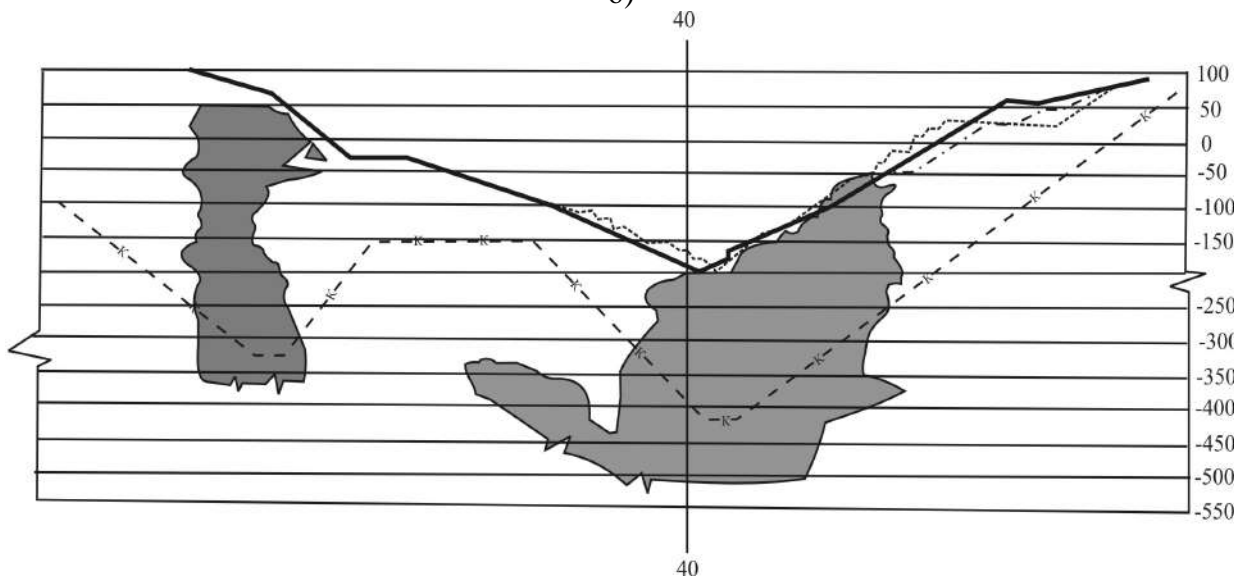
$$S'_{H.П.} = \frac{V_{H.B.}}{0,5 \cdot k \cdot \gamma \cdot n_P \cdot h_V}, \quad (3)$$

где  $k$  – средний коэффициент вскрыши,  $m^3/t$ ;  $n_P$  – количество рудных уступов;  $h_V$  – высота уступа, м.



а)

б)



а) карьер ИнГОКа; б) Разрез по профилю 11-11 Первомайского карьера ОАО «СевГОК»  
Рис. 1 – Изменение параметров рудной залежи с глубиной

Общая вскрытая площадь рудной залежи  $S$  при наличии данных о величинах нормативных и ненормативных площадок составит:

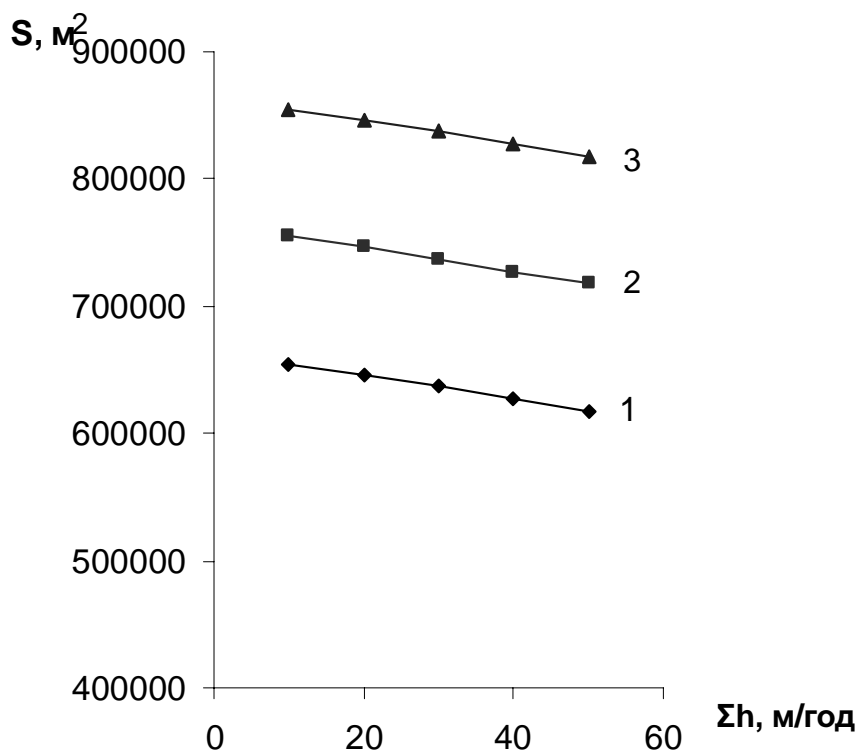
$$S = L_{н.} \cdot Ш_{н.} + L_{н.н.} \cdot Ш_{н.н.} \quad (4)$$

Наличие внутри карьера перегрузочных пунктов, внутренних отвалов пород вскрыши приводит к сокращению вскрытых запасов и уменьшению площади рудной зоны с глубиной.

Общая вскрытая площадь рудной залежи  $S$  с глубиной уменьшается на  $S_o$ . Так за счет расположения внутри карьера отвалов пород вскрыши:

$$S_o = l_o \cdot b_o, \text{ м}^2 \quad (5)$$

где  $l_o$  – протяженность отвала пород вскрыши, расположенного внутри карьера, м;  $b_o$  – ширина отвала пород вскрыши, м.



при Д 500, 1000 и 1500 м соответственно 1,2 и 3

Рис. 2 – Изменение площади рудной залежи с понижением горных работ

С глубиной площадь, занятая под отвал пород вскрыши и которая консервирует запасы полезного ископаемого, увеличивается:

$$S_o = b_o \cdot \left( l_o + \sum_{i=1}^n h_i \cdot \text{ctg} \alpha \right), \quad (6)$$

где  $\alpha$  – угол откоса отвала пород вскрыши, град.

Как следует из графиков (рис. 3) общая площадь вскрытой рудной залежи при наличии внутри карьера отвалов снижается.

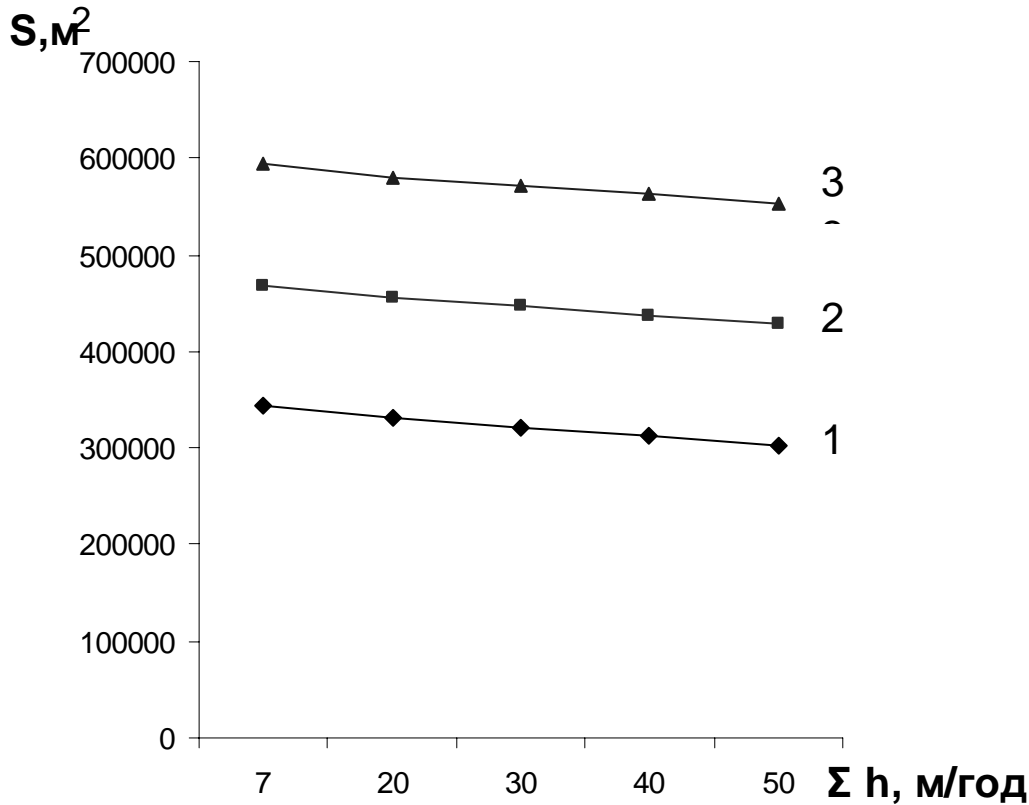
Исходя из вышеизложенного, следует, что при увеличении глубины карьера с каждым последующим годом площадь рудной залежи от указанных факторов уменьшается. И это необходимо учитывать при определении производственной мощности карьера.

Необходимая производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород на глубоких карьерах может быть определена в такой последовательности:

I. Применяемые технологические комплексы: руда – комплекс ЦПТ или автомобильно-железнодорожный транспорт; вскрыша – комбинированный

автомобильно-железнодорожный и железнодорожный транспорт.

II. Производственная мощность карьера по руде задана, исходя из объемов поставки концентрата потребителю, и составляет  $Q$ , т.



при  $m$  150, 200 и 250 м соответственно 1,2,3

Рис. 3 - Изменение площади вскрытой рудной залежи с понижением горных работ при расположении внутри карьера отвалов пород вскрыши

III. Производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород установлена исходя из производительности экскаваторов, автотранспорта при существующих расстояниях перевозки, перегрузочного пункта и железнодорожного транспорта. Ограничена она, в основном, производительностью автомобильного транспорта. Производительность комплекса составляет  $\Sigma V$ , включая  $V_1$ , и  $V_2$ ;  $\Sigma V = V_1 + V_2$ .

IV. Определяем необходимую скорость понижения горных работ для обеспечения производственной мощности карьера по руде

$$h_{г.н.} = \frac{Q \cdot (1 - \nu)}{S \cdot \gamma \cdot (1 - \beta)} = \frac{Q \cdot (1 - \nu)}{\gamma \cdot m \cdot [D + 2 \cdot \text{ctg} \beta_H (H_K - \sum_{i=1}^{i-1} h_i)] \cdot (1 - \beta)}, \text{ м/год};$$

или

$$h_{ГН} = \frac{Q}{\gamma \cdot Ш_{CP} \cdot L_{O.P.}} \cdot \frac{1-\nu}{1-\beta}, \text{ м/год};$$

где  $Ш_{CP}$  – средняя ширина рабочих площадок по добыче руды, м;  $L_{O.P.}$  – общая длина рудного фронта работ, м.

V. Определяем скорость понижения горных работ, которая может быть достигнута при заданной производительности вскрышного комплекса.

$$h_{Г.В.} = \frac{\sum_{i=1}^n V}{(H + \sum_{i=1}^n h_i) \cdot L_{CP.B}} \cdot \text{tg} \beta_B \cdot \text{ctg} \beta_{CP} = \frac{\sum V}{h_y \cdot L_{O.B}} \cdot \text{tg} \beta_B.$$

где  $L_{O.B.}$  – общая длина фронта работ по вскрыше, м.

VI. Производим сравнение скоростей углубки, если  $h_{Г.В.} > h_{Г.Н.}$ , то производительность вскрышного комплекса обеспечит производственную мощность карьера; если  $h_{Г.В.} < h_{Г.Н.}$ , то необходимо увеличение производительности технологического комплекса по выемке вскрышных пород.

VII. Определим необходимую производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород.

$$V_H = \frac{Q \cdot h_y \cdot L_{O.B.} \cdot (1-\nu)}{\gamma \cdot Ш_{CP} \cdot L_{O.P.} \cdot \text{tg} \beta_B \cdot (1-\beta)}, \text{ м}^3/\text{год}.$$

VIII. Примем, что объем выемки вскрышных пород на верхних горизонтах на железнодорожный транспорт остается неизменным. Тогда производительность автомобильно-железнодорожного транспорта должна быть:

$$V_{2H} = V_H - V_1.$$

IX. Определяем на сколько должна быть увеличена производительность автомобильно-железнодорожного транспорта по выемке вскрышных пород.

$$\Delta V = V_{2H} - V_2$$

X. Производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород может быть повышена на величину  $\Delta V$  путем:

а) добавления дополнительных единиц автомобильного транспорта за счет переноса пункта ЦПТ и сокращения при этом расстояний перевозок по добыче руды.

б) более глубокого ввода железнодорожного транспорта и переноса на нижние горизонты перегрузочного пункта для перегрузки вскрыши с автомобильного в железнодорожный транспорт и сокращения расстояний перевозок.

в) увеличения грузоподъемности автосамосвалов.

Пример определения производительности комплекса по выемке вскрышных пород.

Исходные данные (применительно к условиям карьера №3 ЦГОКа (Петровского)):

- |   |   |
|---|---|
| 1. Производственная мощность карьера по руде $Q = 3,5$ млн.т. = 1,1 млн.м <sup>3</sup> /год |   |
| 2. Производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород                  | $\Sigma V = 4,1$ млн.м <sup>3</sup> /год; |
| 3. Плотность руды   | $\gamma = 3,3$ т/м <sup>3</sup> ;         |
| 4. Угол откоса борта карьера во вскрышной рабочей зоне                                      | $\beta_B = 20^0$ ;                        |
| 5. Средний угол откоса нерабочего борта карьера   | $\beta_{CP} = 35^0$ ;                     |
| 6. Общая длина рудного фронта работ   | $L_P = 1200$ м;                           |
| 7. Конечная глубина карьера   | $H_K = 300$ м;                            |
| 8. Глубина карьера  | $H = 250$ м;                              |
| 9. Срок службы карьера при отработке его запасов с заданной производительностью             | $T = 10$ лет;                             |
| 10. Высота уступа   | $h_Y = 15$ м;                             |
| 11. Ширина рабочих площадок по руде   | $Ш_P = 55$ м;                             |
| 12. Общая длина фронта работ по вскрыше   | $L_{O.B.} = 9600$ м.                      |

Последовательность выполнения расчета.

1. Определяем необходимую скорость понижения горных работ для обеспечения производственной мощности карьера по руде

$$h_{Г.Н.} = \frac{Q \cdot (1 - \nu)}{S \cdot \gamma \cdot (1 - \beta)} = \frac{Q \cdot (1 - \nu)}{Ш_P \cdot L_{CP} \cdot (1 - \beta)} = \frac{1,1 \cdot 10^6 \cdot (1 - 0,05)}{55 \cdot 1200 \cdot (1 - 0,05)} = 16,7 \text{ м/год.}$$

2. Определяем скорость понижения горных работ, которая может быть достигнута при заданной производительности вскрышного комплекса.

$$h_{Г.В.} = \frac{\Sigma V}{h_Y \cdot L_{O.B.}} \cdot \text{tg} \beta_B = \frac{4,1 \cdot 10^6}{15 \cdot 9600} \cdot \text{tg} \cdot 20 = 10,4 \text{ м/год.}$$

3. Из пунктов 1, 2 следует, что  $h_{Г.В.} < h_{Г.Н.}$ , т.е. необходимо увеличение производительности вскрышного комплекса.

4. Определим необходимую производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород.

$$V_H = h_{Г.Н.} \cdot h_Y \cdot L_{O.B.} \cdot \frac{1}{\text{tg} \beta_B} = 16,7 \cdot 15 \cdot 9600 = 6,6, \text{ млн.м}^3/\text{год}$$

5. Определим на какую величину должна быть увеличена производительность технологического комплекса по выемке вскрышных пород



$$\Delta V = V_H - \sum V = 6,6 - 4,1 = 2,5 \text{ млн.м}^3$$

### **Выводы.**

Площадь рудной залежи уменьшается с понижением горных работ как в связи с горногеометрическими параметрами карьера, так и технологическими факторами: внутрикарьерные перегрузочные пункты, внутренние отвалы. Это требует для обеспечения производственной мощности карьера более интенсивного понижения горных работ и ввода дополнительных мощностей по выемке вскрышных пород.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Четверик М.С., Медведева О.А. Производственная мощность глубоких карьеров и технологические комплексы. //Форум гірників 2005, матеріали міжнародної конференції 12-14 жовтня 2005 р, том 4 (П-Я), Дніпропетровськ НГУ. 2005. - С. 219-229.
2. Медведева О.А. Производительность по руде и вскрышным породам горнотранспортных комплексов карьера. / Геотехническая механика. Межвед. сб. научн. трудов. Днепропетровск, 2003. - №47. – С. 272-277.
3. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. - М.: Недра, 1970. - 319 с.
4. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов.-4-е изд., перераб. и дополн.-М.: Недра,1985. -509 с.
5. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть II. Технология и комплексная механизация.- 4-е изд., перераб. и дополн.- М.: Недра, 1985. - 549 с.
6. Новожилов М.Г., Тартаковский Б.Н., Четверик М.С. Горногеометрический анализ и режим горных работ карьеров.- К.: Наукова думка, 1971. - 144 с.
7. Новожилов М.Г., Дриженко А.Ю., Маевский А.М. и др. Высокопроизводительные глубокие карьеры.- М.: Недра, 1984. - 187 с.
8. Четверик М.С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте. - К.: Наукова думка, 1986. - 188 с.