

УДК 622.271

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Курехин Е.В., к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева,  
г. Кемерово

При проектировании параметров и показателей угледобывающих предприятий в настоящее время используются современные программные комплексы: Geosoft (Россия), Talpac, Haulsim, Dragsim, Surpac (Австралия); САМАРА, K-MINE (Украина), Bentley MicroStation (США) и др.

В практике проектирования горных выработок используют специализированные программные комплексы (Credo, Micromine и др.), AutoCAD, AutoCAD CIVIL 3D и др. Для представления технико-экономических расчетов используется конвертор, позволяющий выводить данные в табличном виде в Microsoft Office Excel.

Разработка специализированных программных комплексов, позволяющих на основе новых методических подходов при проектировании горных выработок (карьерных полей, внешних отвалов и др.) является актуальной задачей, позволяющей снизить трудоемкость расчетов, сократить сроки проектирования угледобывающих предприятий и повысить качество выполняемых работ.

Основными параметрами при моделировании параметров внешнего отвала являются: физико-технические свойства горных пород, высота отвала, угол откоса ярусов отвала, количество ярусов, форма отвала и др.

Следовательно, вышеперечисленные параметры будут влиять на величину площади основания внешнего отвала и технико-экономические показатели отвалообразования.

Площадь ( $m^2$ ) для размещения вскрышных пород определяется по выражению [1]:

при одноярусном отвале:

$$S_1 = \frac{V_{\Pi} \cdot k_p}{h_1}, \quad (1)$$

при двухярусном отвале:

$$S_1 = \frac{V_{\Pi} \cdot k_p}{h_1 + \eta_1 \cdot h_2}, \quad (2)$$

где  $V_{\Pi}$  – объем вскрышных пород за весь период разработки месторождения,  $\text{м}^3$ ;  $k_p$  – коэффициент разрыхления пород в отвале ( $k_p=1,15-1,4$ );  $h_1, h_2$  – высота соответственно первого и второго яруса отвала, м;  $\eta_1$  – коэффициент, учитывающий заполнение площади вторым ярусом ( $\eta=0,4-0,8$ ).

По выражению (1-2) можно определить площадь для размещения вскрышных пород в одноярусном и двухярусном отвале. Поэтому для определения параметров внешнего многоярусного отвала необходимо разработать методику, учитывающую взаимосвязь параметров отвалообразования и определить коэффициенты, учитывающие площадь использования второго и третьего яруса, землеемкость и стоимость отвальных работ.

*Методика определения параметров многоярусного (трехярусного) отвалообразования заключается в следующем:*

- определяется форма внешнего отвала (прямоугольная или квадратная);
- длина (L) и ширина (B) основания отвала определяются исходя из технико-экономических расчетов;
- в качестве исходных данных принимаются: высота яруса (10-30 м); угол откоса яруса (30-40°); высота отвала (30-90 м) с учетом устойчивости насыпи;
- определяются площадь (S) основания внешнего отвала с учетом объемов вскрышных пород, размещаемых во внешнем отвале за весь период эксплуатации участка (разреза);
- рассчитываются коэффициенты, учитывающие использование площади второго и третьего ярусов отвала;
- рассчитывается стоимость (р./ $\text{м}^2$ ) аренды земли для размещения вскрышных пород во внешнем отвале.

На основе моделирования параметров малых карьерных полей разработана компьютерная программа: «Метод расчета площадей и объемов элементов карьерного поля» (КузГТУ, 2012 г). В результате расчетов по данной программе объем вскрышных пород малого карьерного поля (глубиной 40-100 м, длиной в плане 1,5 км) составляет 10-100 млн. $\text{м}^3$  [2].

На рис. 1 показана модель многоярусного внешнего отвала (профиль и план).

Объем вскрышных пород внешнего трехярусного отвала,  $\text{м}^3$ :

$$V_B = V_1 + V_2 + V_3, \quad (3)$$

где  $V_1, V_1, V_3$  – объём вскрышных пород в первом, втором, третьем ярусе отвала (табл. 1),  $m^3$ .

Коэффициент, учитывающий использование площади второго яруса, ед.

$$\eta_2 = S_{я2} / S_0, \eta_2 = (B_2 + 2 \cdot (z + b)) \cdot L_2 / S_0, \quad (4)$$

где  $S_{я2}$  – площадь основания второго яруса отвала (табл. 1),  $m^2$ ;  $S_0$  – площадь основания отвала (табл. 1),  $m^2$ ;  $z$  – ширина рабочей площадки (табл. 1), м.;  $B_2$  – ширина верхней площадки второго яруса отвала (табл. 1), м.

Коэффициент, учитывающий использование площади третьего яруса, ед.

$$\eta_3 = S_{я3} / S_0, \eta_3 = (B_3 + 2 \cdot (z + c)) \cdot L_3 / S_0, \quad (5)$$

где  $S_{я3}$  – площадь основания третьего яруса отвала (табл. 1),  $m^2$ ;  $B_3$  – ширина верхней площадки третьего яруса отвала (табл. 1), м.

Стоимость изъятия (аренды) земли для складирования пород во внешнем отвале, р.:

$$C_{из} = Ц_3 \cdot S_0 \cdot K_K \cdot K_{и} = Ц_3 \cdot (B_1 + 2 \cdot a) \cdot L_1 \cdot K_K \cdot K_{и}, \quad (6)$$

где  $Ц_3$  – базовый размер арендной платы за земли открытых горных выработок ( $Ц_3=28,40$  р./ $m^2$ , 2013 г);  $K_K$  – доля земель нарушенная общекарьерными коммуникациями и сооружениями ( $K_K=1,15$ );  $K_{и}$  – коэффициент, учитывающий уровень инфляции на каждый год ( $K_{и}=1,055$ , 2012 г);  $B_1, L_1$  – ширина и длина основания отвала (табл. 1), м.;  $a$  – линейный параметр профиля отвала (табл. 1), м.

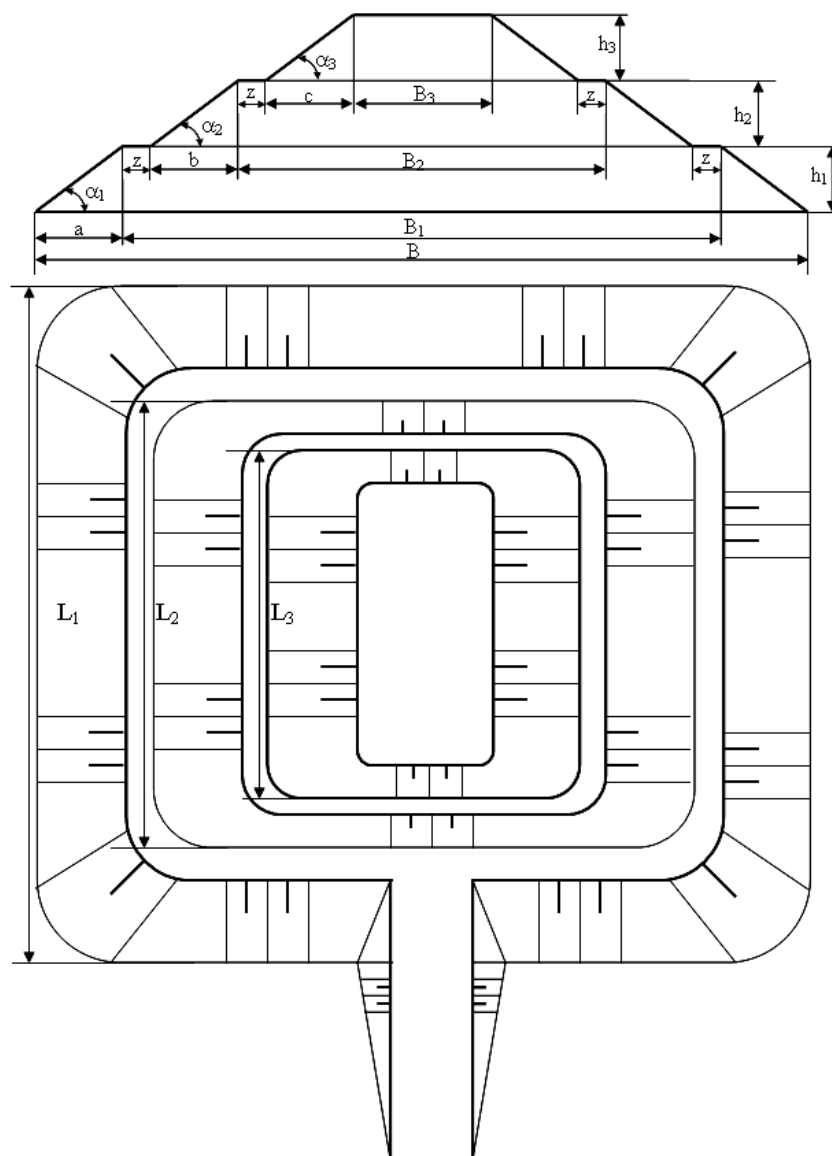


Рис. 1. Профиль и план внешнего трехярусного отвала

Методика определения параметров многоярусного (трехярусного) отвалообразования представлена в табл. 1.

Таблица 1  
 Параметры внешнего многоярусного (трехярусного) отвала

Ярус	Линейные параметры в профиле отвала	
1	$a = h_1 / \operatorname{tg} \alpha_1$	$B_1 = B - 2 \cdot a$

2	$b = h_2 / \operatorname{tg} \alpha_2$	$B_2 = B_1 - 2 \cdot (z + b)$
3	$c = h_3 / \operatorname{tg} \alpha_3$	$B_3 = B_2 - 2 \cdot (z + c)$
Площадь профиля отвала, м <sup>2</sup>		
1	$S_1 = 2 \cdot a \cdot h_1 + B_1 \cdot h_1$	
2	$S_2 = 2 \cdot b \cdot h_2 + B_2 \cdot h_2$	
3	$S_3 = 2 \cdot c \cdot h_3 + B_3 \cdot h_3$	
Длина основания отвала, м		
1	$L_1$ (исходные данные)	
2	$L_2 = L_1 - 2 \cdot z - 2 \cdot h_2 / \operatorname{tg} \alpha_2$	$Z = T + 2 \cdot K$
3	$L_3 = L_2 - 2 \cdot z - 2 \cdot h_3 / \operatorname{tg} \alpha_3$	$Z = T + 2 \cdot K$
Площадь отвала, м <sup>2</sup>		
1	$S_O = B \cdot L_1$	
2	$S_{я2} = B_2 \cdot L_2$	
3	$S_{я3} = B_3 \cdot L_3$	
Объём вскрышных пород, м <sup>3</sup>		
1	$V_1 = S_1 \cdot L_1 \cdot k_P$	
2	$V_2 = S_2 \cdot L_2 \cdot k_P$	
3	$V_3 = S_3 \cdot L_3 \cdot k_P$	
	$V_B = V_1 + V_2 + V_3$	

Примечание.  $h_1, h_2, h_3$  – высота 1, 2, 3 яруса, м;  $B$  – ширина основания отвала (исходные данные), м;  $L_1$  – длина основания отвала, м;  $B_1, B_2, B_3$  – проекция основания ширины площадки 1, 2, 3 яруса отвала, м;  $S_1, S_2, S_3$  – площадь основания 1, 2, 3 яруса отвала, м<sup>2</sup>;  $S_0$  – площадь основания внешнего отвала, м<sup>2</sup>;  $z$  – ширина рабочей площадки на втором и третьем ярусе отвала, м;  $T$  – ширина транспортной полосы, м;  $k$  – ширина дорожного кювета, м;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  – угол откоса 1, 2, 3 яруса отвала, град.;  $L_2, L_3$  – длина основания 2, 3 яруса отвала, м;  $V_1, V_2, V_3$  – объём вскрышных пород в 1, 2, 3 ярусе отвала, м<sup>3</sup>;  $V_B$  – объём вскрышных пород внешнего отвала, м<sup>3</sup>.

Расчет параметров и показателей многоярусного (трехярусного) отвалообразования выполнен в программе Microsoft Office Excel (табл. 2).

Таблица 2

Параметры внешнего отвала

Параметры отвала	Параметры ярусов отвала		
	1 ярус	2 ярус	3 ярус
Высота яруса (h <sub>я</sub> =10 м)			
L <sub>1</sub> , м	500	433	366
B, м	500	473	406
S <sub>0</sub> , м <sup>2</sup>	250 000	205 208	149 277
η, ед.	1,0	0,82	0,60
Z <sub>0</sub> , тыс.м <sup>2</sup> /млн.м <sup>3</sup>	36,39		
V <sub>i</sub> , м <sup>3</sup>	3 000 000	2 254 453	1 615 229
V <sub>в</sub> , млн.м <sup>3</sup>	6,86		
C <sub>из</sub> , млн.р. (р./м <sup>3</sup> )	8,61 (1,25)		
Высота яруса (h <sub>я</sub> =20 м)			
L <sub>1</sub> , м	500	406	313
B, м	500	446	353
S <sub>0</sub> , м <sup>2</sup>	250 000	181 828	110 998
V <sub>i</sub> , млн. м <sup>3</sup>	6,00	3,97	2,36
η, ед.	1,0	0,73	0,44
Z <sub>0</sub> , тыс.м <sup>2</sup> /млн.м <sup>3</sup>	20,27		
V <sub>i</sub> , млн. м <sup>3</sup>	6,00	3,97	2,36
V <sub>в</sub> , млн.м <sup>3</sup>	12,33		
C <sub>из</sub> , млн.р. (р./м <sup>3</sup> )	8,61 (0,69)		
Высота яруса (h <sub>я</sub> =30 м)			
L <sub>1</sub> , м	500	380	260
B, м	500	420	300
S <sub>0</sub> , м <sup>2</sup>	250 000	159 858	78 362
η, ед.	1,0	0,64	0,31
Z <sub>0</sub> , тыс.м <sup>2</sup> /млн.м <sup>3</sup>	15,01		
V <sub>i</sub> , млн. м <sup>3</sup>	9,00	5,20	2,44
V <sub>в</sub> , млн.м <sup>3</sup>	16,65		
C <sub>из</sub> , млн.р. (р./м <sup>3</sup> )	8,61 (0,51)		

Примечание.  $Z_0$  – средняя землеемкость отвальных работ рассчитывалась по методике [3]. Расчетные значения объемов вскрышных пород приняты при коэффициенте разрыхления породы в отвале  $k_p=1,2$ .

На основе исследований получены следующие выводы.

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
17-19 ноября 2015 г.

1. Объем вскрышных пород подлежащий размещению во внешнем отвале (квадратной формы) 500×500 м, высотой ярусов 10, 20, 30 м, высотой отвала 30, 60, 90 м, составляет соответственно 6,86; 12,33; 16,65 млн.м<sup>3</sup>.

2. Коэффициент, учитывающий заполнение площади второго и третьего ярусов отвала зависит от параметров отвала и изменяется в диапазоне  $\eta=0,31-0,82$ .

3. Стоимость изъятия (аренды) земли площадью 250,0 тыс.м<sup>2</sup> составляет 8,61 млн.р. (0,51-1,25 р./м<sup>3</sup>).

### Список литературы:

1.Трубецкой М.Г., Потапов М.Г., Винницкий К.Е., Мельников Н.Н. и др. Справочник. Открытые горные работы. – М.: Горное бюро, 1994. – 590 с.

2. Курехин Е.В. Открыто-подземная разработка месторождений полезных ископаемых / Е.В. Курехин, А.С. Ташкинов, А.И. Корякин; Мин-во образования и науки РФ, Кузбасский гос. техн. ун-т. Имени Т.Ф. Горбачева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2011. - 184 с.

3. Курехин Е.В. Оценка земельных ресурсов при открытой разработке угольных месторождений с учетом снижения интенсивности изъятия земель // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики - 9-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Сборник научных трудов: БНТУ. – Минск. 2013. - т.1. - с. 352-359.