

## РОЗРОБКА КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.271.3:656.22.4

І.Є. Григор'єв, викл.

Криворізький технічний університет

## МЕТОД ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ КОМПЛЕКСНОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ

(Представлено д.т.н., проф. Завсєгдашнім В.О.)

Наведені результати апробації методу вибору структури комплексної механізації навантажувально-транспортних робіт, заснованого на використанні степеневих залежностей капітальних і експлуатаційних витрат від значень головних параметрів гірничого обладнання.

Вибір і обґрунтування раціональної структури комплексної механізації гірничих робіт є одним із актуальних питань, яке має важливе наукове і практичне значення. В сучасних умовах, коли розвиток гірничо-добувної промисловості України має тенденцію до збільшення обсягів видобування корисних копалин і на ринку гірничої техніки з'явилась велика кількість типорозмірів сучасного обладнання, це завдання має особливу важливість.

Цільова функція мінімуму річних приведених витрат при виборі раціональної структури комплексної механізації навантажувально-транспортних робіт має вигляд:

$$B = (E_E + E_H K_E) + (E_A + E_H K_A) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $(E_E + E_H K_E)$ ,  $(E_A + E_H K_A)$  – приведені витрати на навантажувальні й транспортні роботи, грн./рік;

$E_E, E_A$  – експлуатаційні витрати на навантажувальні й транспортні роботи, грн./рік;

$K_E, K_A$  – капітальні витрати на навантажувальне і транспортне обладнання, грн.;

$E_H = 0,15$  – коефіцієнт нормативної окупності для гірничодобувної промисловості.

У роботі [2] запропонований методичний підхід до моделювання техніко-економічних показників відкритих гірничих робіт, який заснований на використанні регресивно-статистичного аналізу звітних даних провідних виробників гірничотранспортного обладнання і досвіду роботи кар'єрів-аналогів. При цьому капітальні й експлуатаційні витрати головним чином залежать від значень основних робочих параметрів гірничотранспортного обладнання:

$$K = \sum_{i=1}^N N_i f_i(P_1^i, P_2^i, \dots, P_{M_i}^i); \quad (2)$$

$$E = \sum_{i=1}^N N_i g_i(P_1^i, P_2^i, \dots, P_{M_i}^i), \quad (3)$$

де  $N$  – кількість видів обладнання, яке використовується;

$N_i$  – кількість обладнання  $i$ -го виду;

$P_1^i, P_2^i, \dots, P_{M_i}^i$  – основні робочі параметри  $i$ -го виду;

$M_i$  – кількість параметрів, що характеризують  $i$ -й вид обладнання.

Вплив кожного технічного параметра гірничого обладнання на значення розрахункового показника витрат у рівняннях і (2), (3) різний. Запропонована методика [3] визначення головного параметра, який має найбільший вплив у моделі, для кожного виду гірничого обладнання і конкретного розрахункового показника витрат. При цьому капітальні витрати на обладнання та експлуатаційні витрати пропорційні його головному параметру ( $P$ ), піднесеним до степеня "с":

$$B = aP^c, \quad (4)$$

де  $a > 0$  – постійний коефіцієнт для визначеного виду гірничого обладнання;

$c$  – показник степеня.

Значення параметрів  $a$  і  $c$  визначаються на підставі обробки статистичних даних за вартістю обладнання та експлуатаційними витратами.

Використання степеневих функцій у розрахункових методах економічних показників обумовлюється їх властивостями:

- безперервність;
- наявністю похідної будь-якого ступеня;
- монотонністю збитків або приросту;
- можливістю отримання наочних результатів;
- мінімумом визначних параметрів;
- головними характеристиками (питоме значення, граничне значення, коефіцієнт еластичності), що розраховуються за компактними формулами.

З метою дослідження впливу головних параметрів обладнання на зміну витрат перша похідна функції витрат має такі ж властивості, як і питомі значення витрат на одиницю головного параметра  $B_{\Pi} = \frac{B}{P}$ . Тоді, якщо показник функції витрат менший одиниці, питомі витрати зменшуються при збільшенні головного параметра. Наприклад для капітальних витрат це свідчить про доцільність використання такого виду обладнання. І навпаки, коли показник функції витрат більший одиниці, питомі витрати збільшуються при збільшенні головного параметра.

Знак другої похідної функції витрат свідчить про характер її поведінки при зміні значень головного параметра.

Коефіцієнт еластичності використовується для оцінки відносного впливу зміни головного параметра на значення витрат (він показує на скільки відсотків збільшиться (зменшиться) значення витрат при збільшенні (зменшенні) значення головного параметра на 1 %).

Використання запропонованого методу розглянемо на прикладі обґрунтування структури комплексної механізації навантажувально-транспортних робіт при видобутку скельних розкривних порід у кар'єрі "Північний".

Кар'єр "Північний" державного науково-виробничого підприємства "Укрмеханобр" веде повторне відпрацьовування раніше загублених багатих залізних руд, видобуток яких виконувався підземним способом шахтами колишнього рудоуправління ім. Дзержинського. Родовище розташоване у Саксаганському районі м. Кривого Рогу, Дніпропетровської області на півночі від центра м. Кривий Ріг.

Відпрацьовування родовища виконується за транспортною схемою з рівнобіжним переміщенням фронту гірничих робіт і внутрішнім відвалоутворенням.

Родовище розкрите двома капітальними траншеями внутрішнього закладення. Південно-східна використовується для транспортування корисної копалини на дробильно-сортувальну фабрику, а західна – для транспортування розкривних порід у зовнішні відвали.

Гірничі роботи ведуться в північній частині кар'єрного поля на горизонтах з + 20 м до - 110 м, уступами висотою 10 метрів. Корисна копалина і розкривні породи відпрацьовуються з попереднім розпушуванням буро-вибуховим способом. Буріння свердловин здійснюється верстатами СБШ-250МН. Навантаження гірничої маси здійснюється екскаваторами ЕКГ 5А в автосамоскиди БелАЗ-7548 (вантажопідйомністю 40 тонн). Середня відстань транспортування корисних копалин і розкривних порід складає 2,0 км. На допоміжних роботах і при відвалоутворенні використовуються бульдозери Т-330 і ДЭТ-250.

Відповідно до календарного плану видобувних робіт передбачається нарощування виробничої потужності кар'єру до 1000 тис. тонн у 2005 році. Проектна річна продуктивність по розкривних породах, починаючи з 2005 року, складає 1800 тис. м<sup>3</sup>. Вона визначена з умов забезпечення нормативної кількості підготовлених до виїмки запасів, збереження робочих площадок і безпечного ведення гірничих робіт.

У зв'язку з цим виникла потреба в поповненні парку і заміні зношених автосамоскидів та екскаваторів.

Як базовий варіант прийнята існуюча система комплексної механізації навантажувально-транспортних робіт: екскаватори ЕКГ-5А, з об'ємом ковша  $E = 5 \text{ м}^3$  і автосамоскиди БелАЗ-7548 вантажопідйомністю  $G = 40 \text{ т}$ .

Альтернативні варіанти формуються шляхом повного перебору технологічно доцільних варіантів сполучення різних типів екскаваторів та самоскидів. Діапазони зміни головних параметрів обладнання наступні:

- об'єм ковша екскаватора від 4,6 до 15 м<sup>3</sup>;
- вантажопідйомність автосамоскидів від 30 до 120 тонн.

Із розгляду виключаються варіанти, для яких не виконується умова відповідності об'ємів кузова автосамоскида ( $V_A$ ) і ковша екскаватора ( $V_E$ ) [1]:

$$3 \leq \frac{V_A}{V_E} \leq 7. \quad (5)$$

Відповідно до методики [4] капітальні й експлуатаційні витрати продаються як ступеневі залежності головних параметрів обладнання. Для екскаваторів – це об'єм ковша ( $E$ ), автосамоскидів – вантажопідйомність ( $G$ ).

Розрахункові формули мають вигляд:

$$\begin{aligned} E_E &= 28,819E^{0,887}, \text{ грн./г}; & Q_E &= 48,822E^{0,840}, \text{ м}^3/\text{г}; & K_E &= 1555430E^{0,737}, \text{ грн.}; \\ F_E &= 6810E^{-0,04}, \text{ м}\cdot\text{г}/\text{р}; \\ E_A &= 2,173G^{0,932}, \text{ грн./г}; & Q_A &= 1,181G^{0,866}, \text{ м}^3/\text{г}; & K_A &= 58400G^{0,868}, \text{ грн.}; \\ F_A &= 1521G^{0,281}, \text{ м}\cdot\text{г}/\text{р}, \end{aligned}$$

де  $E_E, E_A$  – годинні експлуатаційні витрати грн./г;

$Q_E, Q_A$  – годинна продуктивність екскаваторів і автосамоскидів (середня відстань транспортування скельних розкривних порід у внутрішні відвали 2,0 км);

$K_E, K_A$  – капітальні витрати;

$F_E, F_A$  – кількість робочих машино-годин обладнання на рік.

Виконавши необхідні перетворення, розрахунок приведених витрат виконується за формулою:

$$\begin{aligned} B &= A(0,59E^{0,047} + 1,841G^{0,067}) + 233314E^{0,737} \text{ОКРУГЛ} \left[ \frac{A}{332512} E^{-0,8} \right] + \\ &+ 8760G^{0,868} \text{ОКРУГЛ} \left[ \frac{A}{1795} G^{-1,147} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

де ОКРУГЛ[ ] – функція округлення до найбільшого цілого;

$A$  – продуктивність кар'єру по скельним розкривним породам.

Для умов кар'єру "Північний"  $A = 1800000$  м<sup>3</sup>. Остаточна формула розрахунку приведених витрат має вигляд:

$$\begin{aligned} B &= 1062478E^{0,047} + 3313152G^{0,067} + 233314E^{0,737} \text{ОКРУГЛ} [5,414E^{-0,8}] + \\ &8760G^{0,868} \text{ОКРУГЛ} [1002,814G^{-1,147}]. \end{aligned} \quad (7)$$

Результати розрахунків за формулою (7) з використанням розробленої системи електронних таблиць у середовищі *MS Excel* наведені у табл. 1.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що у порівнянні з базовим існує варіант, у якого приведені річні витрати менші. Це – комплект обладнання, який включає екскаватор ЕКГ-10 і автосамоскиди БелАЗ-7549. Показники варіантів наведені у табл. 2.

Річний економічний ефект від впровадження комплексу ЕКГ-10 БелАЗ-7559 розраховується за формулою:

$$E_P = (E^B - E^П) + E_H(K^B - K^П), \text{ грн./рік} \quad (8)$$

де  $E^B, E^П$  – річні експлуатаційні витрати, відповідно за базовим та пропонованим варіантами, грн./рік;

$K^B, K^П$  – капітальні витрати, відповідно за базовим і пропонованим варіантами, грн;

$E_H = 0,15$  – коефіцієнт нормативної окупності.

$$\begin{aligned} E_P &= [(996885 - 1184379) + (4062627 - 4435915)] + 0,15[(1019000 - 8493000) + \\ &+ (21500000 - 18308000)] = 172568 \text{ грн./рік}. \end{aligned}$$

Таблиця 1

Приведені витрати по гірничо-транспортному комплексу кар'єру "Північний" залежно від поєднання типів автосамоскидів та екскаваторів

Вантажопідйомність автосамоскида, тонн	Об'єм ковша екскаватора, м. куб					
	4,6	5	8	10	12,5	15
30	10104048	10347872				
40	9891706	9813021	10794105			
50	9861238	10105062	10763636	9888562		
60	9839080	10082904	10741478	9866404	10059882	
70	9866517	9866409	10524984	9649910	9843387	
80			10515276	9502896	9833680	10106851
90			10411159	9666440	9729563	10002734
100			10692190	9817116	10010593	10283765
110				9574897	9768374	10041545
120				9803988	9997465	10270637

Таблиця 2

Результати розрахунків з вибору раціональної структури комплексної механізації навантажувально-транспортних робіт для видобування скельних розкривних порід в умовах кар'єру "Північний"

№ з/п	Найменування показників	Одиниці вимірювання	Базовий варіант	Пропонований варіант
1	2	3	4	5
1	Річний обсяг скельних порід	м <sup>3</sup>	1800000	1800000
2	Відстань транспортування гірничої маси	км	2,0	2,0
Навантажувальні роботи				
3	Марка екскаватора		ЕКГ-5	ЕКГ-10
4	Об'єм ковша екскаватора	м <sup>3</sup>	5	10
5	Кількість екскаваторів	одиниць	2	1
6	Капітальні витрати	тис. грн.	10190	8493
7	Експлуатаційні витрати	грн./год.	120,15	222,21
8	Загальна річна кількість робочих годин	година	8297	5330
9	Річні експлуатаційні витрати	грн.	996885	1184379
Транспортування гірничої маси				
10	Марка автосамоскида		БелАЗ-7548	БелАЗ-7549
11	Вантажопідйомність автосамоскида	т	40	80
12	Кількість автосамоскидів	одиниць	15	7
13	Капітальні витрати	тис. грн.	21500	18308
14	Експлуатаційні витрати	грн./год.	67,68	129,15
15	Загальна річна кількість робочих годин	година	60027	34347
16	Річні експлуатаційні витрати	грн.	4062627	4435915

На підставі викладеного вище можна зробити висновок, що запропонований метод вибору структури комплексної механізації навантажувально-транспортних робіт, заснований на використанні степеневих залежностей капітальних і експлуатаційних витрат від значень головних параметрів гірничого обладнання, дозволяє забезпечити необхідну точність проектних розрахунків, і його доцільно використовувати при розв'язуванні практичних проектних задач.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Нормы технологического проектирования горнорудных предприятий черной металлургии с открытым способом разработки. – Ленинград: Гипроруда, 1986. – 264 с.
2. *Завсегдашній В.О., Максимчук А.Г., Романенко О.В., Григор'єв І.Є.* Розрахункові принципи економічних показників гірничих робіт залізорудних кар'єрів // *Качество минерального сырья: Сборник научных трудов.* – Кривий Ріг: КТУ, 2002. – С. 103–105.
3. *Григорьев И.Е.* Предпроектная оценка экономических показателей открытой разработки месторождений полезных ископаемых // *Разраб. руд. месторожд.* – Кривой Рог: КТУ, 2004. – Вып. 84. – С. 35–40.
4. *Григорьев И.Е.* Методические указания к выполнению предпроектной оценки эффективности открытой разработки месторождений полезных ископаемых. – Кривой Рог: Минерал, 2001. – 27 с.

ГРИГОР'ЄВ Ігор Євгенійович – старший викладач кафедри економічної кібернетики Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

- проектування і планування відкритих гірничих робіт.

Подано 07.10.2004