

Пістунов І.М.

д.т.н., проф., ДВНЗ «Національний гірничий університет»

Литвиненко А.Г.

ДВНЗ «Національний гірничий університет»

ОПТИМІЗАЦІЯ ПЛАНУ ЗАКУПІВЛІ НОВОГО ОБЛАДНАННЯ ПАТ «ШАХТОУПРАВЛІННЯ «ПОКРОВСЬКЕ»

Від економічного та технічного стану вугільної та металургійної промисловості в значній мірі залежить економічний рівень Донецького регіону. Використання новітніх, модернізованих та якісних технологій впливає на рівень та розвиток кожного вуглевидобувного підприємства окремо та в цілому на всю вуглевидобувну галузь. Саме тому для кожного підприємства цієї галузі вирішальне значення має стан його технічних потужностей. У таких умовах гостро постає проблема вибору серед запропонованих варіантів нових технологій – найкращого, яке б задовольнило вимоги підприємства.

Вирішення цієї задачі знайдемо в постановці задачі розкладу.

Для цього створимо масив x_{ij} , для вибору прохідницького комплексу $x_{ij} \in \overline{0,1}$, де i – номер лави, $i = \overline{1, I}$; j – номер прохідницького комплексу, $j = \overline{1, J}$, причому, якщо

$$x_{ij} \begin{cases} x_{ij} = 1 - \text{обираємо прохідницький комплекс} \\ \quad j\text{-го типу для } i\text{-тої лави;} \\ x_{ij} = 0 - \text{не обираємо прохідницький комплекс} \\ \quad j\text{-го типу для } i\text{-тої лави.} \end{cases}$$

Аналогічно позначимо вибір очисного обладнання k_{in} , $k_{in} \in \overline{0,1}$, де i – номер лави, $i = \overline{1, I}$, n – номер очисного комплексу, $n = \overline{1, N}$.

$$k_{in} \begin{cases} k_{in} = 1 - \text{обираємо очисний комплекс} \\ \quad n\text{-го типу для } i\text{-тої лави;} \\ k_{in} = 0 - \text{не обираємо очисний комплекс} \\ \quad n\text{-го типу для } i\text{-тої лави.} \end{cases}$$

Рішенням задачі буде матриця виду табл. 1, в якій будуть розташовані нулі та одиниці, за якими і будуть обрані відповідні комплекси для кожної лави.

Таблиця 1

x_{ij}		Види прохідницьких / очисних комплексів			
		Комплекс 1	Комплекс 2	...	Комплекс J
Лави	Лава 1	x_{11} / k_{11}	x_{12} / k_{12}	...	x_{1J} / k_{1N}
	Лава 2	x_{21} / k_{21}	x_{22} / k_{22}	...	x_{2J} / k_{2N}

	Лава I	x_{I1} / k_{I1}	x_{I2} / k_{I2}	...	x_{IJ} / k_{IN}

Очевидним є вибір таких комплексів, які при мінімальних витратах на придбання та монтаж, забезпечать найбільший сумарний прибуток шахти за весь період дії інвестиційного проекту, який знаходиться, як різниця між доходами та витратами на реалізацію проекту.

Розрахунок виручки від реалізації вугільної продукції за весь період реалізації проекту

$$BP = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} (C_e \cdot PB_{in} \cdot t)), \quad (1)$$

де BP – виручка від реалізації вугільної продукції видобутої на лавах, де працює нове обладнання; C_e – ціна 1 тони вугілля (для спрощення приймаємо її постійною); PB_{in} – річний видобуток вугілля очисним комплексом n -го виду на i -тій лаві; t – строк реалізації інвестиційного проекту в роках.

Загальні витрати підприємства

$$ЗВ = ЗВВ + АП + ВП + ВМ, \quad (2)$$

де $ЗВВ$ – загальні витрати на видобуток вугілля; $АП$ – амортизація прохідницького обладнання; $ВП$ – витрати на проведення; $ВМ$ – витрати на монтаж очисних комплексів.

Загальні витрат на видобуток вугілля

$$ЗВВ = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ((A_{in} + ЗШВВ_{in} + ДВ_{in}) \cdot t)), \quad (3)$$

де $ЗВВ$ – загальні витрати на видобуток вугілля за весь строк реалізації проекту; A_{in} – амортизаційні відрахування очисного комплексу n -го виду на i -тій лаві; $ЗШВВ_{in}$ – загальношахтні витрати на видобуток вугілля очисним комплексом n -го виду на i -

тій лаві; $ДВ_{in}$ – дільничні витрати на видобуток вугілля очисним комплексом n -го виду на i -тій лаві; t – строк реалізації інвестиційного проекту в роках.

Амортизаційні відрахування прохідницьких комплексів

$$АП = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left(x_{ij} \cdot \left(\frac{Ц_j}{t_a} \cdot \frac{t_{ij}}{12} \right) \right), \quad (4)$$

де x_{ij} – вибір прохідницького комплексу j -го виду для i -тої лави; $Ц_j$ – ціна j -го прохідницького комплексу; t_a – строк амортизації прохідницького комплексу; t_{ij} – строк проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві, в місяцях.

$$t_{ij} = \frac{L_i}{V_j},$$

де L_i – відстань проходки лави, V_j – швидкість проходки.

Витрати на проведення розраховуються

$$ВП = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left(x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij}) \right), \quad (5)$$

де x_{ij} – вибір прохідницького комплексу j -го виду для i -тої лави; $ВП_{ij}$ – витрати на проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві; t_{ij} – строк проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві, в місяцях.

Витрати на монтаж

$$ВМ = \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ВМ_{in}), \quad (6)$$

де, $ВМ_{in}$ – витрати на монтаж очисного комплексу n -го виду на i -тій лаві.

Враховуючи (1) – (6) формула загальних витрат приймає вигляд

$$\begin{aligned} ЗВ = & \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ((A_{in} + 3ШВВ_{in} + ДВ_{in}) \cdot t)) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left(x_{ij} \cdot \left(\frac{Ц_j}{t_a} \cdot \frac{L_i/V_j}{12} \right) \right) + \\ & + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij})) + \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ВМ_{in}) \end{aligned}, \quad (7)$$

Позиковий капітал розраховується за формулою

$$ПК = \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (k_{in} \cdot (ВМ_{in} + Ц_n)) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij} + Ц_j)), \quad (8)$$

де C_n – ціна n -го очисного комплексу; BM_{in} – витрати на монтаж очисного комплексу n -го виду на i -тій лаві; BP_{ij} – витрати на проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві; t_{ij} – строк проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві, в місяцях; C_j – ціна j -го прохідницького комплексу.

Вартість позикового капіталу розраховуємо за умови, що сплата процентів за капітал та позикового капіталу буде здійснена в кінці періоду проведення інвестиційного проекту. Розраховується за формулою:

$$ВПК = \left(\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (k_{in} \cdot (BM_{in} + C_n)) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (BP_{ij} \cdot t_{ij} + C_j)) \right) \cdot s \cdot t, \quad (9)$$

де s – відсоткова ставка по кредиту.

Податкові зобов'язання підприємства перед державою розраховуються таким чином:

$$ПЗ = \left(\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} (C_g \cdot PB_{in} \cdot t)) - \left(\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ((A_{in} + ЗШВВ_{in} + ДВ_{in}) \cdot t)) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left(x_{ij} \cdot \left(\frac{C_j}{t_a} \cdot \frac{L_i / V_j}{12} \right) \right) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (BP_{ij} \cdot t_{ij})) + \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot BM_{in}) \right) \right) \cdot p, \quad (10)$$

де p – ставка податку на прибуток.

Чистий прибуток підприємства при використанні обраних видів обладнання є цільовою функцією оптимізаційної моделі. Враховуючі всі вище наведені формули розрахунків, формула (11) прийме наступний вигляд, з наступними умовними позначеннями:

де C_g – ціна 1 тони вугілля; PB_{in} – річний видобуток вугілля очисним комплексом n -го виду на i -тій лаві; t – строк реалізації інвестиційного проекту в роках; A_{in} – амортизаційні відрахування очисного комплексу n -го виду на i -тій лаві; $ЗШВВ_{in}$ – загальношахтні витрати на видобуток вугілля очисним комплексом n -го виду на i -тій лаві; $ДВ_{in}$ – дільничні витрати на видобуток вугілля очисним комплексом n -го виду на i -тій лаві; x_{ij} – вибір прохідницького комплексу j -го виду для i -тої лави; C_j – ціна j -го прохід-

ницького комплексу; t_a – строк амортизації прохідницького комплексу; t_{ij} – строк проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві, в місяцях; $ВП_{ij}$ – витрати на проведення прохідницьким комплексом j -го виду в i -тій лаві; $ВМ_{in}$ – витрати на монтаж очисного комплексу n -го виду на i -тій лаві; s – відсоткова ставка по кредиту; p – ставка податку на прибуток.

$$\begin{aligned}
 ЧП = & \left(\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} (\Pi_n \cdot PB_{in} \cdot t)) - \left(\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ((A_{in} + 3ШВВ_{in} + ДВ_{in}) \cdot t)) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left(x_{ij} \cdot \left(\frac{\Pi_j}{t_a} \cdot \frac{L_i}{12} \right) \right) + \right. \\
 & \left. \left. + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij})) + \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ВМ_{in}) \right) \right) - \\
 & - \left(\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (k_{in} \cdot (ВМ_{in} + \Pi_n)) + \right. \\
 & \left. + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij} + \Pi_j)) \right) - \left(\sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (k_{in} \cdot (ВМ_{in} + \Pi_n)) + \right. \\
 & \left. + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij} + \Pi_j)) \right) \cdot s \cdot t - \\
 & - \left(\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} (\Pi_n \cdot PB_{in} \cdot t)) - \left(\sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ((A_{in} + 3ШВВ_{in} + ДВ_{in}) \cdot t)) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I \left(x_{ij} \cdot \left(\frac{\Pi_j}{t_a} \cdot \frac{L_i}{12} \right) \right) + \right. \\
 & \left. \left. + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij})) + \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I (k_{in} \cdot ВМ_{in}) \right) \right) \cdot p \rightarrow \max \quad (11)
 \end{aligned}$$

Обмеження цієї моделі наступні:

$$\begin{cases}
 \sum_{i=1}^I x_{ij} = 1; \\
 \sum_{i=1}^I k_{in} = 1; \\
 x_{ij}, k_{in} \in \overline{0, 1}; \\
 ПК \leq S \Rightarrow \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N (k_{in} \cdot (ВМ_{in} + \Pi_n)) + \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (x_{ij} \cdot (ВП_{ij} \cdot t_{ij} + \Pi_j)) \leq S
 \end{cases} \quad (12)$$

де S – максимальна сума кредиту.

Покажемо, як була використана розроблена модель (11) – (12) для ПАО «ШУ «Покровське», що планує закупити нове обладнання для реалізації інвестиційного проекту. Планується покупка прохідницького та очисного обладнання для видобутку вугілля в чотирьох лавах. Кожна лава має специфічні геологічні умови, а тому наступні показники відрізняються один від одного: темпи видобутку вугілля; строк виконання прохідницьких робіт; витрати на проведення прохідницьких робіт; дільничні на загальношахтні витрати.

В розрахунках були виконані деякі спрощення (наприклад, плата за кредит сплачується в кінці строку реалізації проекту та витрати на капітальний ремонт). Сума позикового капіталу спочатку витрачається на придбання обладнання, проведення прохідницьких робіт та монтаж очисного обладнання. У суму не враховано початкові витрати на початок видобутку вугілля. Сума кредиту повертається з ЧП через амортизаційні відрахування, ліквідаційну вартість обладнання, вартість прохідницьких та монтажних робіт. Вартість прохідницьких комплексів, надана підприємством, наведена в табл. 2.

Таблиця 2

Вартість прохідницьких комплексів

Види прохідницьких комплексів	Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Вартість прохідницьких комплексів, тис.грн	11 000	17 024	19 000	12 790

Підприємство планує покупку очисних комплексів для 4 лав, які ще не були задіяні у видобутку вугілля. Для вибору обладнання запропоновано 4 види очисних комплексів.

Перший очисний комплекс складається з наступних агрегатів: Струг GH9-38VE-5,7N; Конвеєр PF-3/822; Механізоване кріплення MVPO-3200; Піддавне обладнання PF-4/932.

Другий комплекс: Комбайн очисний MB-220; Механізоване кріплення MVPO-3200; Конвеєр CZK-228/800 Піддавне обладнання PZF-05/932

Третій комплекс: Комбайн очисний JOY 4LS22; Конвеєр скребковий забійний JOY AFC; Перевантажувач JOY BSL; Конвеєр стрічковий SZN-WARAN; Механізоване кріплення МКЮ4У.

Четвертий очисний комплекс: Комбайн очисний МВ – 450Е; Конвеєр SZK 228/800; Механізоване кріплення ЗКД-90Т.

Вартість очисних комплексів, надана підприємством, наведена в табл.3.

Для визначення періоду проведення прохідницькими комплексами, нам необхідно знати швидкість кожного прохідницького комбайну та довжину проходку. Підприємством надані швидкості проходки кожним комбайном, з паспортних даних комбайнів, наведені в табл.4.

Таблица 3

Вартість очисних комплексів

Види прохідницьких комплексів	Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Вартість очисних комплексів, тис.грн	107 208	76 003	89 400	72 275

Швидкість прохідницьких комбайнів наведена в табл. 4

Таблица 4

Швидкість прохідницьких комбайнів

Види прохідницького комбайну	КСП-42	MR-620	AVSA	КСП-21
Швидкість прохідницьких комбайнів, м/міс.	240	500	400	200

Довжина необхідної проходки надана підприємством, з даних геологічного дослідження, наведені в табл. 5.

Таблица 5

Довжини проходки лав

Лави	Лави 1	Лави 2	Лави 3	Лави 4
Довжина проходки, м	1790	2167	1351	2894

Річні обсяги видобутку вугілля очисними комплексами в кожній лаві, з урахуванням геологічних умов кожної лави та технічних умов, і потужності очисних комплексів, надані підприємством і наведені в табл. 6. Ціна однієї тони вугілля надана підприємством і становить – 350 грн/т. Строк амортизації прохідницького і очисного обладнання надано підприємством, він становить – 5 років.

Витрати на проведення кожної лави прохідницькими комплексами, з урахування геологічних умов лав та потужності прохідницьких комплексів, надана підприємством та наведена в табл.7

Вартість монтажу очисних комплексів залежить від геологічних умов лав та технічних умов очисних комплексів, надана підприємством і наведена в табл.8.

Періоди проходки кожної лави прохідницькими комплексами розраховуємо, користуючись даними наведеними в табл.4-5, а строки

проведення кожної лави кожним прохідницьким комплексом, представлені в табл.9.

Таблиця 6

Річний видобуток вугілля очисними комплексами в кожній лаві

Річний видобуток вугілля, тис. т		Види очисних комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лави 1	590	524	588	490
	Лави 2	625	513	485	439
	Лави 3	618	510	590	570
	Лави 4	587	519	628	560

Таблиця 7

Витрати на проходку кожної лави прохідницькими комплексами

Витрати на проведення, тис.грн/міс		Види прохідницьких комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лави 1	4 367	4 709	3 750	4 109
	Лави 2	4 138	3 804	3 698	4 390
	Лави 3	5 898	4 786	2 779	5 007
	Лави 4	4 407	3 798	3 901	4 630

Таблиця 8

Вартість монтажу очисних комплексів

Вартість монтажних робіт, тис. грн.		Види очисних комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лави 1	5 000	4 500	3 300	6 200
	Лави 2	5 500	4 600	4 300	5 800
	Лави 3	5 200	5 200	3 400	6 600
	Лави 4	4 800	5 000	4 300	5 500

Таблиця 9

Періоди проведення кожної лави прохідницькими комплексами

Період проведення кожної лави,міс		Види прохідницьких комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лави 1	7	4	4	9
	Лави 2	9	4	5	11
	Лави 3	10	5	6	12
	Лави 4	12	6	7	14

Періоди проведення монтажних робіт залежать від особливостей очисних комплексів та геологічних умов лав, надані підприємством і наведені в табл.10.

Дільничні витрати на видобуток вугілля по кожній лаві, очисними комплексами, залежать від чисельності необхідних працівників, обсягу необхідних паливно-мастильних матеріалів, використання електроенергії кожним комплексом тощо, надані підприємством та наведені в табл.11.

Таблиця 10

Періоди проведення монтажних робіт

Період монтажних робіт, міс		Види очисних комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лава 1	2,5	3,5	2,0	2,5
	Лава 2	2,0	2,5	1,5	2,0
	Лава 3	2,5	2,0	2,0	2,5
	Лава 4	3,0	4,0	2,0	3,5

Таблиця 11

Дільничні витрати на видобуток вугілля

Дільничні витрати, тис. грн.		Види очисних комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лава 1	46 750	30 970	35 920	52 018
	Лава 2	38 440	47 920	44 500	36 040
	Лава 3	35 410	32 044	38 044	37 412
	Лава 4	45 202	36 268	48 550	39 700

Загальношахтні витрати включають в себе витрати на оплату праці робітників допоміжних ланок та адміністративні витрати підприємства, а також враховують характеристики обладнання, вартість ремонтів обладнань допоміжних та основних ланок, тощо, надані підприємством і наведені в табл.12.

Таблиця 12

Загальношахтні витрати на видобуток вугілля

Загальношахтні витрати, тис. грн.		Види очисних комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лава 1	40 063	28 228	31 940	44 014
	Лава 2	33 830	40 940	38 375	32 030
	Лава 3	31 558	29 033	33 533	25 559
	Лава 4	38 902	32 201	41 413	34 775

Строк реалізації інвестиційного проекту надано підприємством і він становить – 6 років.

Максимальна сума кредиту, яку може отримати підприємство надана підприємством і становить – 600 000 тис.грн.

Ставка відсотку за кредит наданий підприємству надана підприємством і становить – 23%.

Ставку податку на прибуток – 19%.

Розрахунки за моделлю (11) – (12) проводилися із застосуванням електронних таблиць Excel. Оскільки модель є нелінійною, використовувався метод ОПГ. Після проведення розрахунків було обрано види обладнання наведені в табл. 13 та табл.14.

Таблиця 13

Оптимальний план покупки прохідницького обладнання

x_{ij}		Види прохідницьких комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лави 1	0	1	0	0
	Лави 2	0	1	0	0
	Лави 3	0	0	1	0
	Лави 4	0	1	0	0

Таблиця 14

Оптимальний план покупки очисного обладнання

k_{in}		Види очисних комплексів			
		Комплекс №1	Комплекс №2	Комплекс №3	Комплекс №4
Лави	Лави 1	0	0	1	0
	Лави 2	1	0	0	0
	Лави 3	0	0	1	0
	Лави 4	0	0	1	0

Чистий прибуток від реалізації проекту при використанні обраних видів комплексів становить – 386 843 тис.грн.

При цьому необхідно використання позикових коштів у розмірі – 573 641 тис.грн.

Загальні витрати на реалізацію проекту будуть становити – 2 011 221 тис.грн.

Дана модель може бути використана на будь-якому вуглеводобувному підприємстві для оптимізації вибору виробничого обладнання, так як в ній використовуються загальні показники роботи вуглеводобувного підприємства та показники роботи прохідницького та очисного обладнання. Крім того модель враховує геологічні особливості конкретної ділянки видобутку при використанні певного виду обладнання.