

# ПОБУДОВА, ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕНЕРГОРИНКІВ

УДК 004.942:622.68

О.В. СТОГНІЙ, канд. техн. наук  
Інститут загальної енергетики НАН України, м. Київ

## МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА ЗАСОБИ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

*Розроблено моделі оптимізації комплексів видобувної техніки нового технічного рівня та оптимального розподілу навантаження між шахтами при заданих потребах на вугілля за марками. Моделі працюють в єдиному програмно-інформаційному комплексі «Вугілля України» і забезпечують оптимізацію реконструкції та планове функціонування вугільної галузі. Проаналізовано варіанти розвитку вуглевидобувного фонду України з виділенням найбільш імовірного.*

*Ключові слова:* математична модель, вугільна промисловість, оптимізація, розвиток.

З аналізу світових тенденцій розвитку видобутку вугілля випливає, що перспективність вуглевидобувних підприємств визначається, перш за все, гірничо-геологічними умовами, які є основним і вирішальним чинником рентабельності виробництва вугільної продукції у всьому світі.

В країнах із сприятливими гірничо-геологічними умовами, наприклад у США, вугільна промисловість рентабельна. В країнах з вичерпаними кращими запасами в результаті світової конкуренції вуглевидобуток визнаний економічно недоцільним (Франція, Бельгія, Голландія, Португалія, Японія).

В окремих країнах, таких як Німеччина, Іспанія, Угорщина, Чехія видобуток підтримується за рахунок державного субсидування. При цьому обсяги субсидій і видобуток постійно знижується. Наприклад, в Німеччині видобуток за останні 10 років зменшився вдвічі. Тому актуальною проблемою розвитку вугільної галузі є задача оптимального вибору видобувної техніки нового технічного рівня (НТР) для заданих гірничо-геологічних умов окремого вуглевидобувного підприємства.

© О.В. СТОГНІЙ, 2013

Математичну модель оптимізації комплексів видобувної техніки шахти, що розроблена для вирішення цієї задачі, представлено за допомогою рівнянь [1]:

$$I = \sum_{i=1}^N \bar{\mathcal{G}}_i \cdot \bar{\mu}_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\bar{\mathcal{G}}_i = \frac{\mathcal{G}_i}{\max(\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2, \dots, \mathcal{G}_N)}, \quad i=1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

$$\bar{\mu}_i = \frac{\mu_i}{\max(\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_N)}, \quad i=1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

де  $\bar{\mathcal{G}}_i$  – величина, яка характеризує продуктивність  $i$ -ї лави на одиницю спожитої електроенергії;

$\bar{\mu}_i$  – величина, яка характеризує продуктивність  $i$ -ї лави відносно фінансових витрат на модернізацію із врахуванням міжремонтного ресурсу;

$N$  – загальна кількість лав на шахтах галузі;  
 $\bar{\mathcal{G}}_i$  і  $\bar{\mu}_i$  – це нормовані на відрізок  $[0,1]$  абсолютні величини відповідних продуктивностей лав;

$\mathcal{G}_i$  – продуктивність  $i$ -ї лави на одиницю спожитої електроенергії, т/(кВт·год);

$\mu_i$  – продуктивність  $i$ -ї лави відносно фінан-

сових витрат на модернізацію із врахуванням терміну експлуатації нового обладнання до гарантійного ремонту, т/грн.

Комплексна характеристика продуктивності технічного комплексу в загальному випадку визначається з виробничо-технічних характеристик обладнання, на якому він ґрунтується, тобто є функцією складових комплексу:

$$\bar{g}_i \cdot \bar{\mu}_i = f_i(W), \quad (4)$$

де  $W$  – набір обладнання.

Алгоритм оптимізаційної задачі здійснює формування всіх можливих комбінацій параметрів у форматі кріплення–конвеєр–комбайн і надає оцінку кожної такої комбінації за критерієм енергетичної та технологічної продуктивності (формула (1)).

Основною особливістю формування комплексу видобувної техніки нового технічного рівня в цій задачі, як це впливає з її постановки, є забезпечення відповідності складових комплексу кріплення–конвеєр–комбайн конкретним геологічним умовам лави, а також їх взаємної сумісності.

Тому обов'язковою умовою цієї задачі є врахування додаткових обмежень на комплектацію комплексів. Виділення взаємно допустимих варіантів комплектації обладнання, що задаються множиною (5). Відповідність технічних характеристик обладнання геологічним умовам пласта конкретної шахти задається обмеженням:

$$\{w_i^{(j_1)}; w_i^{(j_2)}; \dots; w_i^{(j_M)}\} \in W_U, \quad (5)$$

$$\beta_i \leq \beta_{w_i^{(j_k)}}; j_k = j_1, j_2, \dots, j_M, \quad (6)$$

$$m_{w_i^{(j_k)}}^{\min} \leq m_i; j_k = j_1, j_2, \dots, j_M,$$

де  $W_U$  – область взаємно допустимих варіантів комплектації обладнання;

$M$  – кількість типів найменувань обладнання, що входить до складу комплексу;

$\beta_i$  – кут нахилу пласта, град;

$\beta_{w_i^{(j_k)}}$  – гранично допустима характеристика складових комплексу по падінню пласта, град;

$m_i$  – потужність пласта, м;

$m_{w_i^{(j_k)}}^{\min}$  – нижня межа допустимого діапазону технічної характеристики складових комплексу за потужністю пласта.

Очевидно, що розв'язок цієї задачі, тобто сукупність одиниць гірничо-добувних ком-

плексів нового технічного рівня, оптимізована під індивідуальні гірничо-геологічні умови шахтопідприємств, подає верхню межу сукупного вуглевидобутку в галузі. Цей (максимальний) рівень інтенсивності буде мати місце, коли всі гірничо-видобувні комплекси працюють з максимальною продуктивністю, або максимальним коефіцієнтом використання машинного часу.

Оскільки розрахована сукупність обладнання комплексів є оптимальною для гірничо-геологічних умов країни, вона визначає максимально досяжний рівень власного видобутку вугілля в Україні. Дана задача є важливою для економіки держави в контексті переведення газових технологій на спалювання вугілля [2]. Проте під час загальної економічної кризи в державі задача забезпечення максимального видобутку поступається оберненій за напрямком оптимізації задачі. Йдеться про підтримання деякого, можливо мінімального, рівня продуктивності всіх вуглевидобувних підприємств галузі при обмежених потребах споживачів вугільної продукції та мінімальних обсягах обігових коштів на рахунках підприємств.

Для вирішення цієї задачі побудовано модель оптимального розподілу навантаження між шахтами при заданих потребах на вугілля за марками, яка спирається на результати (розв'язки) попередньої моделі оптимізації (складу) комплексів видобувної техніки нового технічного рівня.

Математичну модель оптимізації вуглевидобування сформульовано враховуючи виробничо-технічні особливості нового обладнання, а також вимоги енергетичної безпеки держави. При визначенні ефективності використання нового обладнання зіставлено різночасові вартісні показники шляхом їх приведення до конкретного моменту часу. Для розрахунків коефіцієнтів дисконтування ( $r_\tau$ ) використаємо окремий період ( $\Delta t_\tau$ ) та норму дисконту ( $E_\tau$ ):

$$r_\tau = \frac{1}{(1 + E_d)^{\Delta t_\tau}}, \quad (7)$$

де  $\Delta t_\tau$  – розрахунковий період часу на загальному часовому відрізьку  $\Delta T$ :

$$\Delta t_\tau = t_\tau - t_{\tau-1}, \quad \tau = 1, \dots, g, \quad (8)$$

де  $g$  – кількість часових інтервалів на відрізьку  $\Delta T$ .

Загальний прибуток ( $P$ ), отриманий за період часу  $\Delta T$  у результаті впровадження нових прогресивних технологій у вуглевидо-

бувній галузі, визначиться як

$$P = \sum_{\tau=1}^g \left( r_{\tau} \cdot \Delta t^{\tau} \cdot \sum_{i=1}^n S_i^{\tau} \right), \quad (9)$$

де  $S_i^{\tau}$  – середньорічна величина прибутку  $i$ -ї шахти, отриманого в результаті реалізації вугільної продукції в період  $\Delta t^{\tau}$ ;

$n$  – загальна кількість видобувних підприємств галузі.

Величина загального прибутку кожного підприємства залежить від ефективності використання впровадженого на ньому обладнання.

Як критерій оптимальності структури вуглевидобування прийнято максимум прибутку від реалізації вугільної продукції, тобто

$$P = \sum_{\tau=1}^g \left( r_{\tau} \cdot \Delta t^{\tau} \cdot \sum_{i=1}^n S_i^{\tau} \right) \Leftrightarrow \max. \quad (10)$$

Змінними оптимізації цієї моделі є коефіцієнти використання машинного часу гірничовидобувних комплексів  $K_i$  (кріплення–конвеєр–комбайн), вибраних в результаті розв’язання попередньої задачі оптимізації вибору комплексів видобувної техніки нового технічного рівня.

Коефіцієнти цільової функції пропорційні ринковій вартості вугільної продукції за марками. Розв’язання цієї задачі мало на меті максимізувати сумарний прибуток вуглевидобутку за рахунок пріоритетності видобутку ліквідних марок вугілля.

Через ці величини визначаються обсяги видобутку шахт  $x_{ij}$ , які, в свою чергу, визначають критерій (10) даної задачі при обмеженнях:

– на допустимі обсяги видобутку, імпорту вугілля

$$\alpha_i^{\tau} p_i^{\tau} \leq \sum_{j=1}^m x_{ij}^{\tau} \leq p_i^{\tau}; \quad i = 1, \dots, n; \quad (11)$$

$$0 \leq \alpha_i < 1; \quad \tau = 1, \dots, g,$$

– на допустимі обсяги споживання і експорт вугілля

$$\sum_{i=1}^n \left[ K_i^{\tau} \cdot \left( q_{ij}^{\tau} / 29,3 \right) \cdot \vartheta_{ij}^{\tau} \right] \geq B_j^{\tau}; \quad (12)$$

$$j = 1, \dots, m; \quad \tau = 1, \dots, g,$$

де  $p_i$  – проектна потужність  $i$ -ї шахти, т/р;

$B_j$  – загальні потреби вугілля  $j$ -ї марки, т у.п./р;

$\vartheta_{ij}$  – продуктивність обладнання  $i$ -ї шахти, т/р;

$K_i$  – коефіцієнт використання машинного часу на  $i$ -й шахті (змінна величина:  $K_{min} \leq K_i \leq K_{max}$ );

$x_{ij} = K_i \vartheta_{ij}$  – обсяги видобутку вугілля  $i$ -ю шахтою  $j$ -ї марки, т/р;

$q_{ij}$  – середнє значення питомої теплоти згорання вугілля  $j$ -ї марки на  $i$ -й шахті, МДж/кг;

29,3 – вугільний еквівалент для перерахунку видобутого вугілля в умовне паливо, МДж/кг;

$n, m$  – кількість: шахт, марок;

$\alpha_h$  – коефіцієнт, що враховує соціальні умови працівників. Річ у тім, що робота на шахтах у шахтарських регіонах є основним джерелом наповнення сімейного бюджету і зміна професії шахтаря є болючим питанням для кожного з них. Очевидно, що в невеликих населених пунктах, де концентрація шахтарських професій вища, ця проблема є більш гострою. Все це може бути враховано при постановці задач оптимального вуглевидобутку, прогнозу ефективності капіталовкладень у вугільну галузь, де нижня межа в обмеженні на обсяги вуглевидобутку може бути скоригована за допомогою параметра  $\alpha_h$  таким чином, щоб забезпечити мінімальний рівень вуглевидобутку і, відповідно, робочі місця для працівників цієї галузі. Логічно визначити цей параметр за формулою

$$\alpha_h = \frac{\alpha_h^*}{\max(\alpha_1^*, \alpha_2^*, \dots, \alpha_n^*)}, \quad (13)$$

де  $\alpha_i^*$  – відношення чисельності працівників ( $N$ ) усіх шахт даного міста до загальної чисельності ( $M$ ) його жителів, тобто

$$\alpha_h^* = \frac{\sum_{i=1}^L N_i}{M}, \quad h = 1, \dots, r, \quad (14)$$

де  $L$  – кількість шахт у даному місті (шахтарському селищі);

$r$  – кількість шахтарських міст і селищ, де розташовані вуглевидобувні підприємства.

Основним моментом у реалізації розглянутої моделі є визначення величини  $S_{iq}$ . Об’єктивними і найбільш ваговими чинниками, що впливають на  $S_{iq}$ , є собівартість виробництва вугільної продукції і показники якості цієї продукції. Домінуючою складовою собівартості при вуглевидобуванні є витрати на електроенергію, тобто величина собівартості виробництва вугільної продукції може бути визначена як витрати на електроенергію на одиницю видобутого вугілля ( $C_{iq}$ ). Іншою складовою під час визначення загального прибутку

підприємств є оптова ціна вугільної продукції ( $Q_{iq}$ ), яка визначається на основі знижок і надбавок до базової ціни залежно від показників якості вугільної продукції [3]. Тому величина середньорічного загального прибутку  $i$ -ї шахти буде пропорційна величині

$$S_i^T = (Q_i^T - C_i^T) \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}^T. \quad (15)$$

Коефіцієнти цільової функції пропорційні ринковій вартості вугільної продукції за марками. Розв'язання цієї задачі мало на меті максимізувати сумарний прибуток вуглевидобутку за рахунок пріоритетності видобутку ліквідних марок вугілля.

Необхідно надати максимум функції сукупного прибутку (10), що залежить від режимів використання впроваджененого обладнання, при обмеженнях на допустимі обсяги видобутку (11), потреби на вугільну продукцію за марками (в умовному паливі) в економіці держави (12). Режим використання нового обладнання враховується коефіцієнтом машинного часу, що є показником рівня використання продуктивності обладнання.

Обсяги видобутку  $x_{ij}$  можна замінити на продуктивність впроваджененого обладнання, яка обчислюється за таким алгоритмом:

$$\vartheta_{\Gamma} = 60 \cdot b \cdot m_p \cdot \gamma \cdot V_{\Pi} \cdot K_M, \text{ т/год}, \quad (16)$$

де  $b$  – ширина захоплення робочого органу, м (для вітчизняних комплексів дорівнює 0,63–0,8 м);

$m_p$  – потужність пласта, м;

$\gamma$  – об'ємна вага вугілля, т/м<sup>3</sup> (для вугілля марок: Д – 1,16–1,33, Г – 1,23–1,28, Ж – 1,25–1,29, К – 1,25–1,31, ОС – 1,28–1,33, П – 1,31–1,36, А – 1,55–1,59 [4, 5]);

$V_{\Pi}$  – середня швидкість руху комбайна, м/хв;

$K_M$  – коефіцієнт машинного часу (коливається від 0,2 до 0,8 залежно від рівня організації праці).

Потужність пласта, ширина захоплення комбайна та об'ємна вага вугілля для конкретних умов експлуатації – величини практично сталі. Отже, підвищення продуктивності комплексу можливе насамперед за рахунок рівномірності його роботи і підвищення швидкості подачі. Ефективне використання машинного часу є значним резервом підвищення рівня концентрації робіт у лавах.

Розрахунок добової продуктивності механізованих комплексів проводиться за формулою

$$\vartheta_D = \vartheta_{\Gamma} \cdot T_{\Pi}, \quad (17)$$

де  $T_{\Pi}$  – час роботи комплексу за добу,

$$T_{\Pi} = n_z \cdot t, \text{ год}, \quad (18)$$

де  $n_z$  – кількість робочих змін,  $t = 6$  – тривалість зміни, год.

По деяких високопродуктивних комплексах розрахункова добова потужність може обмежуватись технічними можливостями конвеєра.

Річна продуктивність комплексу розраховується за формулою

$$\vartheta^P = 300 \cdot \vartheta^A, \quad (19)$$

де 300 – нормативна кількість діб роботи комплексу за рік (на практиці може досягати 350 діб і більше).

Таким чином, формула (15) буде мати вигляд

$$S_i^T = K_i^T \cdot (Q_i^T - C_i^T) \cdot \sum_{j=1}^m \vartheta_{ij}^T. \quad (20)$$

Для укрупнених розрахунків енерговитрат при впровадженні комплексів НТР на шахтах України необхідно орієнтуватись на питомі витрати електроенергії ( $W$ ) на видобування і транспортування по лаві 1 т вугілля (гірничої маси), тобто

$$W = (P_O + P_K + P_M) / \vartheta^{\Gamma}, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{т}, \quad (21)$$

де  $P_O$ ,  $P_K$ ,  $P_M$  – експлуатаційна потужність електроприводів очисного обладнання, конвеєра, маслостанції, відповідно, кВт:

$$P_O = N_O \cdot K_{3O}, \quad (22)$$

$$P_K = N_K \cdot K_{3K}, \quad (23)$$

$$P_M = N_M \cdot K_{3M}, \quad (24)$$

де –  $N_O$ ,  $N_K$ ,  $N_M$  – встановлена потужність електроприводів очисного обладнання, конвеєра, маслостанції, кВт,

$K_{3O}$ ,  $K_{3K}$ ,  $K_{3M}$  – коефіцієнт завантаження електроприводів очисного обладнання, конвеєра, маслостанції.

Обидві моделі працюють у складі єдиного програмно-інформаційного комплексу «Вугілля України» і забезпечують оптимізацію як реконструкції, так і поточного планового функціонування галузі, яке визначається потребами споживачів.

Комплекс реалізовано у табличному процесорі MS Excel. Комплекс містить інформаційну базу, алгоритми оптимізаційних розрахунків за критеріями оптимальності моделей, інтерфейс користувача, що дозволяє корегувати дані інформаційні бази та виконувати розрахунки.

До складу інформаційної бази входять:



1) таблиці з інформацією щодо технологій ведення очисних робіт, технічного оснащення лав;

2) таблиці з характеристиками очисного та транспортного обладнання за показниками електричної потужності та продуктивності;

3) інформація про гірничо-геологічні умови та показники якості вугілля в діючих шахтопластах.

Отриману модель та алгоритм розрахунку використано для визначення перспективних показників видобутку вугілля в розробці пропозицій щодо уточнення обсягів видобутку в Енергетичній стратегії України до 2030 року [6]. У цих розрахунках також враховувалась дина-

міка прогнозованого зниження питомих витрат електричної енергії до 2030 року за рахунок використання техніки нового технічного рівня.

Сумарні обсяги заощадження електроенергії за період 2006 – 2020 рр. можуть становити близько 12,7 млрд кВт·год, що в грошовому еквіваленті в цінах 2011 р. дорівнює 9,7 млрд грн. Ці дані враховувались при розрахунку коефіцієнтів  $C_i$  в критерії оптимізації (17) моделі прогнозування розвитку вугільної промисловості.

На рис. 1 наведено прогнозні розрахунки обсягів споживання та питомих витрат електроенергії на видобування вугілля.

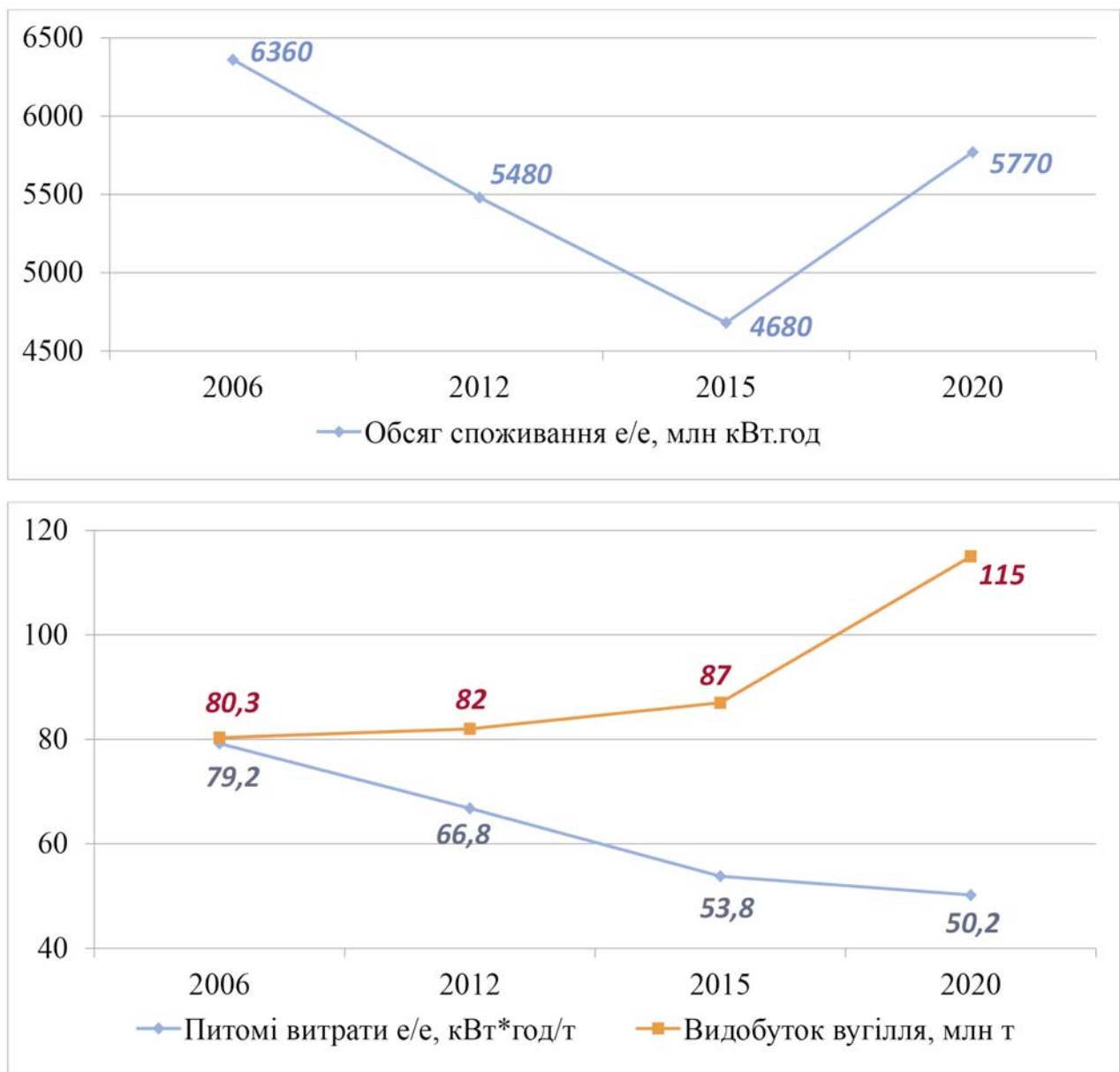


Рис. 1. Прогноз енергетичної ефективності видобутку вугілля до 2020 року

За допомогою комплексу виконано розрахунки оптимальних коефіцієнтів машинного часу вуглевидобувних комплексів шахт України за умов використання обладнання НТР (див. табл. 1).

При цьому загальна кількість лав зменшилась на 30% (415–289/415 лав) при збільшенні видобутку вугілля на 25 млн т та зменшенні питомих витрат електроенергії на 21%. Це зменшення враховувалось у коефіцієнті  $C_i$  критерію оптимальності. Крім того, в собівартості враховано зниження зольності на 7% під час видобування вугілля за рахунок зменшення присічки шляхом оптимального підбору видобувної техніки до гірничо-геологічних умов окремої лави.

На кінець 2011 року за даними Мінералогічного фонду в роботі знаходилося 143 шахти (96 – державної форми власності і 47 – приватні). Видобуток становив 82,1 млн т, в тому числі 57,1 млн т енергетичного вугілля і 25 млн т коксівного вугілля. Тому для прогнозування перспектив розвитку шахтного фонду України на період до 2030 року було розглянуто такі варіанти:

#### **Варіант 1**

До 2015 року з існуючого державного шахтного фонду вибуває (закривається) 18 шахт, які вичерпали свої запаси, або подальша робота яких є економічно недоцільною. Сумарний видобуток цих шахт в 2011 році дорівнював 1,3 млн т (в середньому 74 тис. т на шахту).

Очікувані обсяги видобутку вугілля становитимуть в 2015 році – 94,2 млн т, в 2020 році – 97,8 млн т і в 2030 році – 94,9 млн т (табл. 2).

#### **Варіант 2**

З існуючого державного шахтного фонду вибуває 18 шахт. Всі інші державні вуглевидобувні підприємства (78 шахт) передаються в концесію або в оренду приватним інвесторам. При цьому буде задіяне 19,2 млрд грн інвестицій, в т. ч. 10,2 млрд грн на технічне переоснащення шахт і 9,0 млрд грн на капітальне будівництво.

Очікувані обсяги видобутку вугілля становитимуть в 2015 році – 115,6 млн т, в 2020 році – 115,7 млн т і в 2030 році – 111,0 млн т.

У процесі експлуатації до 2030 року вибуває з експлуатації ще 12 шахт.

#### **Варіант 3**

Заходи ті самі, що й у варіанті 2, тільки приватизуються найбільш привабливі шахти (48

шахт). Шахти, які навіть при проведенні модернізації не вийдуть на рівень видобутку більше 500 тис. т підлягають консервації або закриттю.

За цим варіантом обсяг інвестицій становитиме 16,6 млрд грн, в т. ч. 8,3 млрд грн на технічне переоснащення шахт і 8,3 млрд грн на капітальне будівництво.

Очікувані обсяги видобутку вугілля становитимуть в 2015 році – 106,0 млн т, в 2020 році – 106,8 млн т і в 2030 році – 102,7 млн т.

#### **Варіант 4 (найбільш імовірний)**

З існуючого державного шахтного фонду вибуває 18 шахт, які вичерпали свої запаси, або подальша робота яких є економічно недоцільною. Приватизуються найбільш привабливі шахти (48 шахт). Всі інші шахти залишаються в державному фонді.

Інвестиції за цим варіантом будуть такими самими, як і в варіанті 3.

Очікувані обсяги видобутку вугілля становитимуть в 2015 році – 111,9 млн т, в 2020 році – 113,3 млн т і в 2030 році – 109,3 млн т.

На заміну потужностям, що вибувають, можуть бути введені такі шахти:

До 2015 року – шахта «Нововолинська №10» потужністю 900 тис. т.

До 2020 року – шахти: «Добропільська-Капітальна» потужністю 2,4 млн т; «Краснолиманська-Глибока» потужністю 3,0 млн т; «Західно-Донбаська №6/42» потужністю 1,5 млн т; «Любельська №1-2» потужністю 5,2 млн т; «Краснолучська-Північна» потужністю 2,0 млн т.

До 2030 року – шахти: «Новосвітловська №3-4» потужністю 3,0 млн т; «Червоноградська №3» потужністю 2,1 млн т; «Тягівська №1» потужністю 1,5 млн т.

Обсяги додаткового видобутку вугілля за рахунок введення нових шахт наведено в табл. 3. В 2015 році додатковий видобуток може дорівнювати 0,9 млн т, в 2020 році – 15,0 млн т і в 2030 році – 21,6 млн т.

## **ВИСНОВКИ**

1. Аналіз світового досвіду свідчить про те, що основним чинником перспективності видобутку вугілля є гірничо-геологічні умови, які визначають рівень рентабельності видобування.

2. Розроблено модель оптимізації комплексів видобувної техніки нового технічного рівня, а

Таблиця 1 – Показники роботи шахт до і після технічного переоснащення

Код	Шахта, найменування вибою	Встановлена потужність, тис. т	Проектна потужність, тис. т	Марка вугілля	Потужність, М	Фактичний стан			Видобуток, тис. т	Коефіцієнт машинного часу	Витрати е/е на видобування, кВт·год/т	Зольність, %	Після переоснащення				Зольність, %	
						Тип комплексу	Тип вимірної машини	Тип конвеєра					Тип комплексу	Тип вимірної машини	Тип конвеєра	Коефіцієнт машинного часу		Видобуток, тис. т
010309	Ш.Північна	350	750	ПС	1,02	МКД-80	ПК-101У	СП-250	184,11	0,25	8,29	35	УКД-300	КСД-26В	0,24	347	5,01	24
	ЗВОС ДЦБ,МЗ			ПС	1,02		ОМ	СП-48	22,25		8,29	35				347	5,01	24
	ЦЕДЛЖЕ ЦБ,МЗ			ПС	1,02													
010303	Ш.М.В.Леніна	400	850	К	0,73	МКД-90	ПК-101	СП-202	161,29	0,21	14,10	41	УКД-200	СП-26У	0,3	401	10,05	37
	ЛАВА 9 Л2			К	0,73	МКД-90	ПК-101	СП-202	51,81	0,21	13,96	40	МКД-90	СП-26У	0,3	209	11,56	39
	ЗСВБ,ЛЛ1			К	1,17	МКД-90	ПК-101	СП-202	109,53	0,05	63,84	34	МКД-90	СП-26У	0,28	192	8,41	36
	ЛАВА 1 Л21			К	0,73	МКД-90	ПК-101	СП-202	0,15	0,05	63,84	34						
010404	Ш.Родінська	250	300	Г	0,86	КМК-98	ПК-101У	СП-250	81,60	0,20	14,94	33	УКД-200	СП-250	0,3	242	13,34	21
	2СВДУКЛПКСВ			Г	0,86	КМК-98	ПК-101У	СП-250	72,10	0,20	13,01	32	МКД-90	СП-26У	0,26	112	14,37	21
	7СВДУКЛПКСВ			Г	0,86	МКД-90	ПК-101У	КСД-26	9,50	0,08	29,57	38	МКД-90	СП-26У	0,22	168	14,38	28
010401	Ш.Центральна	350	700	Г	0,95	КМ-88	ПК-101	СП-250	147,20	0,03	22,70	32	МКД-90	СП-26У	0,25	186	13,01	29
	1СВБ,ЛОЖН УКСВ7			Г	0,95	МКД-80	ПК-101	СП-26	12,50	0,03	11,86	32	МКД-90	СП-26У	0,25	168	14,38	28
	3ЮЖН Л УКСЛ1 К7			Г	0,92	МКД-80	ПК-101	СП-26	134,70	0,21	14,42	32	МКД-90	СП-26У	0,25	186	13,01	29
011106	Ш.Гловайська	270	300	П	0,68	МКД-80	УКД-200	СП-250	143,50	0,22	13,24	50	МКД-80	УКД-200	0,24	167	14,48	41
	ЛАВА №43			П	0,68	МКД-80	УКД-200	СП-250	143,30	0,22	13,22	50	МКД-80	УКД-200	0,24	167	14,48	41
	ЛАВА №27 БИС			П	0,71		КРОВОБЕЗ	СК-38	0,20	0,07	26,41	28	МКД-90	ПК-101У	0,2	107	15,53	28
011318	Ш.Зоря	810	810	А	0,71	МКД-80	ПК-101У	СП-202	360,40	0,14	10,10	62	МКД-90	ПК-101У	0,2	107	15,53	28
	ЛАВА № 8			А	0,71	МКД-80	ПК-101У	СП-202	233,10	0,14	9,74	61	МКД-90	ПК-101У	0,2	107	15,53	28
	ЛАВА № 19			А	0,76	МКД-80	УС1-4	СП-250	2,70	0,09	11,11	45	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	ЛАВА № 9			А	0,71	МКД-80	ПК-103	СП-250	0,00	0,00		61	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	Л.ПБИС.ЗАП.ЛН6			А	0,71	МКД-80	ПК-103	СП-163	124,60	0,05	10,77	64	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
020101	Ш.Угуанське	1500	2250	Д	0,71	МКД-80	ПК-103	СП-163	1195,80	0,05	10,77	64	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	153АППАНЛ1			Д	0,52	МКД-80	ПК-101У	СП-250	509,80	0,59	4,46	54	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	БЗАПАНЛ6-Н			Д	0,84	МКД-80	ПК-101У	СП-250	229,00	0,55	6,46	42	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	ГОВОСУКЛ6-Н			Д	0,74	МКД-80	ПК-101У	СП-202М	99,90	0,43	5,27	49	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	33АППАНЛ6			Д	0,74	МКД-80	ПК-101У	СП-202М	46,60	0,52	3,95	47	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
	8ВКУСЛП6			Д	0,74	МКД-80	ПК-101У	СП-26У	310,50	0,62	3,80	47	МКД-80	УС1-4	0,12	238	8,73	45
020606	Ш.Краснокутська	1000	1200	А	0,70	КМП	КШП-КУ	СП-202	192,60	0,18	8,63	55	МКД-90	ПК-101	0,2	405	4,95	52
	КОРЕННАЯ ЛАВА			А	1,28	КМП	КШП-КУ	СП-202	0,00	0,00	8,63	55	МКД-90	ПК-101	0,2	405	4,95	52
020802	Ш.У Ровеньківське	380	600	А	0,96	КМП-1,5	ПК-101	СП-87	617,70	0,08	15,37	31	МКД-90	ПК-101	0,2	405	4,95	52
	460Н8			А	0,96	КМП-1,5	ПК-101	СП-87	91,80	0,08	22,28	37	МКД-90	ПК-101	0,2	405	4,95	52
	180Н10			А	0,76	КМК-98	ПК-101	СП-202	48,10	0,06	36,83	41	МКД-90	УКД-200	0,2	145	13,85	24
	439Н8			А	1,09	КМП-1,5	КШП-КУ	СП-301	53,80	0,04	46,20	35	МКД-90	КШП-КУ	0,2	234	7,11	30
	393Н7			А	0,92	КМП-1,5	КШП-КУ	УС1К	206,90	0,10	7,40	30	МКД-90	УС1К	0,15	233	5,36	22
	ПВОС П10			А	0,85	СПУТНИК	ПК-101	СП-202	217,10	0,30	8,02	28	УС1-2М	УС1К	0,15	233	5,36	22
020807	Ш.М.Космонавтів	480	400	А	1,05	2МКД-80	УКД-200	СП-250	564,10	0,25	24,99	37	МКД-90	УКД-200	0,25	569	10,56	27
	17ЮН10			А	0,96	2МКД-80	ПК-101	СП-202В	2,80	0,003	7,93	37	МКД-90	УКД-200	0,25	271	7,40	27
	18ЮН10			А	0,96	2МКД-80	ПК-101	СП-202В	2,80	0,003	7,93	37	МКД-90	УКД-200	0,25	271	7,40	27
	20ЮН10			А	0,96	2МКД-80	ПК-101	СП-202В	23,30	0,03	598,50	27	МКД-90	УКД-200	0,15	149	13,43	27
	5ПН10			А	0,75	СПУТНИК	ПК-103М	СП-202В	54,90	0,04	47,15	34	МКД-90	УКД-200	0,15	149	13,43	27
	22Н10			А	0,70	СПУТНИК	ПК-103М	СП-202В	25,70	0,02	98,88	34	МКД-90	УКД-200	0,15	149	13,43	27
	6ПН10			А	0,63	СПУТНИК	ПК-103М	СП-202В	84,10	0,06	30,95	46	МКД-90	УКД-200	0,15	149	13,43	27



Таблиця 2 – Обсяги вугілля за варіантами перспектив розвитку вугільної промисловості, тис. т

Варіант	Марка вугілля	2015			2020			2030		
		Всього	Е	К	Всього	Е	К	Всього	Е	К
Варіант 1	Д	400	400	-	500	500	-	600	600	-
	ДГ	15750	14950	800	16550	15450	1100	13600	12500	1100
	Г	21280	19015	2265	21680	19415	2265	21180	18915	2265
	Ж	11960	300	11660	11740	-	11740	11090	-	11090
	К	11175	-	11175	14425	-	14425	16625	-	16625
	ПС	1100	-	1100	1500	-	1500	1750	-	1750
	П	11115	11115	-	11485	11485	-	11485	11485	-
	А	21380	21380	-	19930	19930	-	18530	18530	-
	<b>Всього</b>	<b>94160</b>	<b>67160</b>	<b>27000</b>	<b>97810</b>	<b>66780</b>	<b>31030</b>	<b>94860</b>	<b>62030</b>	<b>32830</b>
Варіант 2	Д	1180	1180	-	1180	1180	-	1180	1180	-
	ДГ	19860	18760	1100	19860	18760	1100	16660	15560	1100
	Г	29985	26780	3205	29585	26380	3205	28615	25410	3205
	Ж	11850	300	11550	11550	-	11550	10900	-	10900
	К	12540	-	12540	15540	-	15540	17540	-	17540
	ПС	2460	-	2460	2460	-	2460	2460	-	2460
	П	13330	13330	-	13330	13330	-	13330	13330	-
	А	24425	24425	-	22225	22225	-	20355	20355	-
	<b>Всього</b>	<b>115630</b>	<b>84775</b>	<b>30855</b>	<b>115730</b>	<b>81875</b>	<b>33855</b>	<b>111040</b>	<b>75835</b>	<b>35205</b>
Варіант 3	Д	1180	1180	-	1180	1180	-	1180	1180	-
	ДГ	18250	17150	1100	18250	17150	1100	15050	13950	1100
	Г	28275	25510	2765	28275	25510	2765	27505	24740	2765
	Ж	11220	-	11220	11220	-	11220	10570	-	10570
	К	11250	-	11250	14250	-	14250	16250	-	16250
	ПС	820	-	820	820	-	820	820	-	820
	П	12110	12110	-	12110	12110	-	12110	12110	-
	А	22895	22895	-	20695	20695	-	19195	19195	-
	<b>Всього</b>	<b>106000</b>	<b>78845</b>	<b>27155</b>	<b>106800</b>	<b>76645</b>	<b>30155</b>	<b>102680</b>	<b>71175</b>	<b>31505</b>
Варіант 4	Д	1180	1180	-	1180	1180	-	1180	1180	-
	ДГ	19000	17900	1100	19150	18050	1100	15950	14850	1100
	Г	29325	26360	2965	29075	26110	2965	28205	25240	2965
	Ж	11800	300	11500	11550	-	11550	10900	-	10900
	К	12150	-	12150	15400	-	15400	17600	-	17600
	ПС	1620	-	1620	1970	-	1970	2170	-	2170
	П	12980	12980	-	13180	13180	-	13180	13180	-
	А	23865	23865	-	21765	21765	-	20165	20165	-
	<b>Всього</b>	<b>111920</b>	<b>82585</b>	<b>29335</b>	<b>113270</b>	<b>80285</b>	<b>32985</b>	<b>109350</b>	<b>74615</b>	<b>34735</b>

також модель оптимального розподілу навантаження між шахтами при заданих потребах на вугілля за марками, які працюють в єдиному програмно-інформаційному комплексі «Вугілля України» і забезпечують оптимізацію як реконструкції, так і поточного планового функціонування галузі.

3. Розроблений програмно-інформаційний комплекс порівняння варіантів реконструкції шахт містить інформаційну базу технічних

параметрів вуглевидобувних комплексів, капітальних та експлуатаційних витрат при їх впровадженні. Завдяки поєднанню інформаційної бази з галузево специфічними алгоритмами ранжування вуглевидобувних підприємств на основі запропонованого багатокритеріального підходу розв'язано задачу технічного переобладнання шахтного фонду шляхом оптимального вибору варіантів комплектації вугле-



Таблиця 3 – Обсяги додаткового видобутку вугілля в 2015–2030 рр., тис. т

Марка вугілля	2015			2020			2030		
	Всього	Енерг.	Коксів.	Всього	Енерг.	Коксів.	Всього	Енерг.	Коксів.
Д	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ДГ	-	-	-	-	-	-	-	-	2100
Г	900	900	-	4800	2400	2400	9300	2400	6900
Ж	-	-	-	3000	-	3000	3000	-	3000
К	-	-	-	5200	-	5200	5200	-	5200
ПС	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П	-	-	-	-	-	-	-	-	-
А	-	-	-	2000	2000	-	2000	2000	-
<b>Всього</b>	<b>900</b>	<b>900</b>	<b>-</b>	<b>15000</b>	<b>4400</b>	<b>10600</b>	<b>21600</b>	<b>4400</b>	<b>17200</b>

видобувних комплексів із використанням критерію максимальної продуктивності за мінімальних капітальних витрат на переобладнання та енергетичних витрат при їх експлуатації.

4. Виконано розрахунки оптимізації прибутку за коефіцієнтом використання машинного часу нової техніки. Розрахунки показують, що для максимально ефективного використання обладнання при забезпеченні заданих потреб на вугільну продукцію коефіцієнт використання машинного часу змінюється в межах від 0,12 до 0,6. Ці результати отримано для поточної потреби при нормативних значеннях 0,4–0,6. Це дає підстави стверджувати, що прогнозовані обсяги видобутку в оновленій Енергетичній стратегії України до 2030 року можуть бути досягнуті за рахунок підвищення коефіцієнта використання машинного часу. Це може бути забезпечено шляхом скорочення лав з низьким рівнем продуктивності. За рахунок цього відбудеться підвищення концентрації видобувних робіт у лавах шахт.

5. Визначено варіанти розвитку вуглевидобувного фонду України з виділенням найбільш імовірного варіанта. Практично у всіх цих варіантах видобуток вугілля в 2030 році буде знаходитись в діапазоні 95–110 млн т з врахуванням потужностей, що вибувають. Із врахуванням введення в експлуатацію до 2015 року – шахти «Нововолинська №10» потужністю 900 тис. т, до 2020 року – шахти: «Добропільська-Капітальна» потужністю 2,4 млн т, «Краснолиманська-Глибока» потужністю 3,0 млн т, «Західно-Донбаська № 6/42» потужністю 1,5 млн т, «Любельська № 1-2» потужністю 5,2 млн т, «Краснолучська-Північна» потужністю 2,0 млн т та до 2030 року – шахти: «Новосвітловська № 3-4» потужністю 3,0 млн т, «Червоноградська № 3» потужністю 2,1 млн т, «Тягівська № 1» потужністю

1,5 млн т обсяги видобування за результатами досліджень становитимуть 115–135 млн т.

1. *Стогній О.В., Макортецький М.М.* Математична модель оптимізації впровадження передової техніки у вуглевидобувній галузі України // Проблеми загальної енергетики. – 2012. – № 2(29). – С. 27–34.
2. *Стогній О.В., Макаров В.М., Каплін М.І., Білан Т.Р.* Визначення оптимальної марки вугілля ТЕЦ при переведенні їх котлоагрегатів на пиловугільне спалювання // Проблеми загальної енергетики. – 2013. – № 1(3) – С. 28–37.
3. *Про затвердження «Прейскуранта оптових регульованих цін на вугілля, продукти збагачення та брикети».* Наказ Мінвугілля № 158 (0239-96) від 29.04.96.
4. *ДСТУ 3550–97 (ГОСТ 4790–93) (ISO 7936–92).* Паливо тверде. Визначення та наведення показників фракційного аналізу. Загальні вимоги до апаратури та методики.
5. *Справочник по обогащению углей /* Под ред. И.С. Благова. 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Недра, 1984. – 612 с.
6. *Стогній О.В., Макаров М.І., Каплін М.І.* Потенціал видобутку вугілля в Україні // Проблеми загальної енергетики. – 2011. – № 2(25). – С. 11–16.

Надійшла до редколегії 13.09.2013

Рецензент  
Учений секретар ІЗЕ НАН України,  
канд. техн. наук, ст. наук. співр.  
І.Ч. Лещенко