

Економіка

УДК 330.46

Гейко Антон В'ячеславович

студент

Національного технічного університету України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Гейко Антон Вячеславович

студент

Национального технического университета Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Heiko Anton

Student of the

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Капустян Володимир Омелянович

доктор фізико-математичних наук, професор,

завідувач кафедри математичного моделювання економічних систем

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Капустян Владимир Емельянович

доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой

математического моделирования экономических систем

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского"

Kapustian Vladimir

Doctor of Physics and Mathematics, Professor,

Head of the Department of Mathematical Modeling of Economic Systems

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

**МОДЕЛЮВАННЯ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ ВУГІЛЬНОЇ ГАЛУЗІ
УКРАЇНИ В УМОВАХ КРИЗИ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ
ОТРАСЛИ УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА**

**MODELING OF DEVELOPMENT STRATEGY OF THE COAL
INDUSTRY OF UKRAINE IN THE CRISIS CONDITIONS**

***Анотація.** У статті проведений аналіз поточного стану вугільної галузі України, визначені причини та наслідки кризових явищ на енергетичного ринку держави. Автором побудована економіко-математична модель, що розглядає вихід із кризи за умови технічного переоснащення електрогенеруючих компаній, яка була вирішена методами нелінійного програмування. На основі отриманих результатів розроблені рекомендації щодо можливих напрямків розвитку галузі.*

***Ключові слова:** вугільна галузь, енергетична криза, антрацит, оптимальне керування, нелінійне програмування, Роттердам плюс.*

***Аннотация.** В статье проведен анализ текущего состояния угольной отрасли Украины, определены причины и последствия кризисных явлений на энергетическом рынке страны. Автором построена экономико-математическая модель, что рассматривает выход из кризиса при условии технического переоснащения электрогенерирующих компаний, которая была решена методами нелинейного программирования. На основе полученных результатов разработаны рекомендации касательно возможных направлений развития отрасли.*

***Ключевые слова:** угольная промышленность, энергетический кризис, антрацит, оптимальное управление, нелинейное программирование, Роттердам плюс.*

***Summary.** The article analyzes the current state of the coal industry in Ukraine, identifies the causes and consequences of the crisis on the country's*

energy market. The author has built an economic-mathematical model that considers a way out of the crisis under the condition of technical re-equipment of power generating companies, which was solved by non-linear programming methods. On the basis of the obtained results, recommendations were developed regarding the possible directions of development of the industry.

Key words: *coal industry, energy crisis, anthracite, optimal control, non-linear programming, Rotterdam plus.*

Постановка проблеми. Енергетичний комплекс є одною із ключових галузей економіки як на державному, так і на глобальному рівні. Світло в будинках, на вулицях, трасах, робота заводів, складів, офісів – все це завдяки безперервному виробництву електроенергії. Основними виробниками електричної енергії в Україні є атомні (АЕС) та теплові (ТЕС) електростанції. Роль останніх полягає у балансуванні добових коливань пікових навантажень у мережі. Головним джерелом енергії для ТЕС є тепло, яке утворюється в процесі згоряння палива (найчастіше вугілля). Але через масштабні кризові явища у вугільній галузі України можуть виникнути проблеми із безперебійним постачанням електричної енергії для населення і підприємств. Таке становище зумовлене розгортанням війни на сході України, де на відносно невеликій території видобувалося майже половина всього українського вугілля, у т.ч. майже 100 % антрациту – основного джерела ТЕС. Таким чином, Україна стала енергозалежною, кожного року вона змушена збільшувати валютні витрати на імпорт кам'яного вугілля. Тому перед нашим суспільством, теперішньою та майбутньою владою постає багато задач, адже одна із найбільш потужних галузей держави перебуває у стані занепаду.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика формування, функціонування та раціонального розвитку енергетичних ресурсів є предметом дослідження багатьох вітчизняних та зарубіжних

науковців. Серед останніх досліджень, що стосуються специфіки розвитку паливно-енергетичного комплексу України необхідно виділити Д. Бобро, А. Шевченко, С. Воробйов, В. Русан, Є. Белашов, М. Гончар, А. Чубік, О. Ішук, Д. Казанський, А. Некрасова, О. Савицький, Ю. Павлов, А. Смирнов та ін.

Постановка задачі. В умовах кризи теплові електростанції (ТЕС) поступово переходять до використання газових сортів вугілля замість дефіцитних антрацитових шляхом технічного переоснащення. Враховуючи дану умову та використовуючи наявну помісячну статистичну інформацію про діяльність вугільної галузі за чотири останні роки, потрібно врахувати значення таких керуючих параметрів як: ціна вугілля на шахтах державної власності, інвестиції, компенсації, податкові пільги, податкові навантаження при яких відбувається зниження сукупних витрат енергосистеми на вугілля і досягнення беззбитковості державними шахтами.

Виклад основного матеріалу. Україна володіє великими запасами кам'яного вугілля. За даними транснаціональної нафтогазової компанії British Petroleum станом на 2017 рік наша держава посідає сьоме місце у світі за наявністю розвіданих запасів кам'яного вугілля та зосереджує на своїй території 3,3 % (34375 млн. тон) ресурсу. Однак, не зважаючи на такий великий потенціал, починаючи із середини 80-х років минулого століття виробництво в галузі зменшувалось швидкими темпами, наприклад, видобуток українського вугілля у 2017 році впав на 17,8% порівняно із попереднім 2016 роком [1].

Однією із причин такого тривалого спаду видобутку ресурсу (за останні тридцять років на 82%) є зношення основних знарядь праці гірничодобувних підприємств. За даними Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 50% шахт мають більше, ніж п'ятдесятирічний термін роботи, а промислово-виробничі фонди вугледобувних підприємств зношені в середньому на 65%. З 10 тисяч

одиниць основного стаціонарного обладнання більше чверті повністю вичерпали свій нормативний ресурс експлуатації. На шахтах, які розробляють круті пласти, біля 70% видобутку вугілля ще й досі проводиться відбійними молотками [2].

Оскільки значна частина вугільних підприємств має державну форму власності і є стратегічно важливими для України, то вони підтримуються рядом дотаційних програм. Але останні є лише корупційними схемами чиновників і виділені кошти не повністю витрачаються на цільове призначення. Так, за результатами перевірки контрольно-ревізійного управління у 2011 році було встановлено, що грубі порушення фінансової та бюджетної дисципліни у ДП «Макіїввугілля» сумарно завдали збитків розміром 1 млрд. 823 млн. 550 тис. грн. [3, ст. 32-33], а у 2013 обсяг державних дотацій склав 13,3 млрд. грн., що склало 4,4% сукупних державних видатків України [4].

І звичайно, наразі найбільшою перешкодою розвитку вугільної промисловості є розгорнення воєнних дій на Сході. Через самопроголошені Донецькі та Луганські народні республіки Україна втратила контроль над 85 шахтами різної форми власності, що становить 57% від загальної кількості [4]. А найбільш критичним є той факт, що на окупованій території зосереджено 100% видобутку антрациту, який являється енергоносієм семи із чотирнадцяти ТЕС України. Така ситуація суттєво відобразилася на енергетичній галузі країни. Якщо ще в 2013 році теплові електростанції контролювали майже 50% всього ринку [5], то станом на перший квартал 2018 на їх долю припало лише 29,7% виробленої електроенергії [6].

Вказані вище причини змушують Україну збільшити імпорт вугілля, тим самим створюючи нову залежність для держави – вугільну. Так, у 2016р. Україна імпортувала вугілля на суму \$1,467 млрд., загальний обсяг поставленої до країни вугільної продукції у 2016р. склав 15,648 млн. т. [7, ст. 60-61].

Кризові явища становлять загрозу енергетичній безпеці країни, тому у 2016 році була розроблена стратегія Роттердам +, яка мала на меті подолати збитковість шахт через підняти внутрішньої ціни на вугілля до рівня ціни на біржі в порту Роттердам плюс вартість доставки в Україну.

Крім того, одним із способів подолання проблеми залежності від імпортованих енергоресурсів є переобладнання вітчизняних ТЕС з антрацитового на газове вугілля. У 2016 році відбулися перші зрушення у цьому напрямі, зокрема вдалося розробити систему, яка дає можливість маневрування в генерації, поступово виводячи з неї антрацитове вугілля, тим самим збільшуючи частку газового [7, ст. 61]. На сьогодні частина енергоблоків Придніпровської та Зміївської ТЕС вже переоснащено [8]. Перехід призведе до фізичного скорочення рівня споживання антрацитового вугілля.

Далі ми розглянемо економіко-математичну модель, яка дозволить визначити оптимальну стратегію розвитку галузі за умов технічного переоснащення:

$$\frac{12}{N} \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=1}^M (p_j^{(i)} x_j^{(i)} + q_j^{(i)} z_j^{(i)} + (1 + \tau^{(i)}) c_j^{(i)} y_j^{(i)}) \rightarrow \min$$

$$x_j^{(i+1)} - x_j^{(i)} = \alpha_j (p_{\text{сеп}}^{(i)} - p_j^{(i)}) + \beta_j x_j^{(i)} + \gamma_j, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

або

$$x_j^{(i+1)} = \alpha_j (p_{\text{сеп}}^{(i)} - p_j^{(i)}) + (\beta_j + 1) x_j^{(i)} + \gamma_j, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

$$p_j^{(i)} = S_j (K_j^{(i)}, x_j^{(i)}) + \pi_j^{(i)} = R_j (K_j^{(i)}, x_j^{(i)}) + L_j (K_j^{(i)}, x_j^{(i)}, 3\Pi) + \pi_j^{(i)},$$

$$i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

$$K_j^{(i+1)} - K_j^{(i)} = -\mu K_j^{(i)} + I_j^{(i)}, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

або

$$K_j^{(i+1)} = (1 - \mu_j) K_j^{(i)} + I_j^{(i)}, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

$$x_j^{(i)} + y_j^{(i)} + z_j^{(i)} - X_j^{(i)} = 0, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

$$\sum_{j=1}^{M_{\text{имп}}} (1 + \tau^{(i)}) c_j^{(i)} y_j^{(i)} \leq \lambda^{(i)} \sum_{j=1}^{M_{\text{ш}}} p_j^{(i)} x_j^{(i)}, \quad i = \overline{0, N-1}$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=1}^M I_j^{(i)} \leq I_{max}$$

$$\pi_j^{(i)} \geq 0, \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

$$0 \leq x_j^{(i)} \leq X_j^{max}(K_j^i), \quad i = \overline{0, N-1}, \quad j = \overline{1, M}$$

де $x_j^{(i)}$ – обсяг виробництва вугілля марки j державними шахтами за місяць i ,

$z_j^{(i)}$ – обсяг виробництва вугілля марки j приватними шахтами за місяць i

$y_j^{(i)}$ - обсяг імпортування вугілля марки j за місяць i ,

$p_j^{(i)}, q_j^{(i)}, c_j^{(i)}$ - ціна вугілля марки j державними, приватними та іноземними виробниками в місяць j ,

$\tau^{(i)}$ - мито на імпорт вугілля,

$p_{сер}^{(i)}$ - середньозважена ціна на ринку,

$\alpha_j, \beta_j, \gamma_j$ - параметри лінійної регресії,

$\pi_j^{(i)}$ - прибуток (збиток) вітчизняних підприємств при виробництві марки вугілля j в місяць i ,

$K_j^{(i)}$ - вартість основних засобів вітчизняних підприємств, що виробляють марку вугілля j в місяць i ,

μ – коефіцієнт місячного зносу основних засобів,

$I_j^{(i)}$ - сума інвестицій в підприємство для виробництва марки вугілля марки j в місяць i ,

$X_j^{(i)}$ – потреби країни в марці вугілля j в місяць i ,

$\lambda^{(i)}$ - обмеження на імпорт вугілля,

I_{max} - обмеження на суму капітальних інвестицій у державні шахти,

M – кількість марок вугілля, що виробляються,

N – кількість місяців моделювання.

X_j^{max} - максимально можливий обсяг виробництва марки вугілля j за заданого рівня оснащення.

Період моделювання оберемо 5 років, отже $N = 60$. Нормативний термін експлуатації шахтного обладнання 6-8 років, отже коефіцієнт місячного зносу μ буде рівним 0,01042. Середню заробітну плату в галузі візьмемо рівну 12957,81 грн. (серпень 2018) із щомісячною індексацією на 1,486%. Застосуємо модель для двох марок енергетичного вугілля: газового (Г) і антрацитового (А). Прогнозована структура їх споживання відображена на рисунку 1.

Для мінімізації цільової функції використаємо метод Ньютона, алгоритм якого вбудований в програмне забезпечення R Studio (пакет Non-Linear Minimization). Мова програмування R є спеціалізованою для виконання розрахунків з великими об'ємами даних.

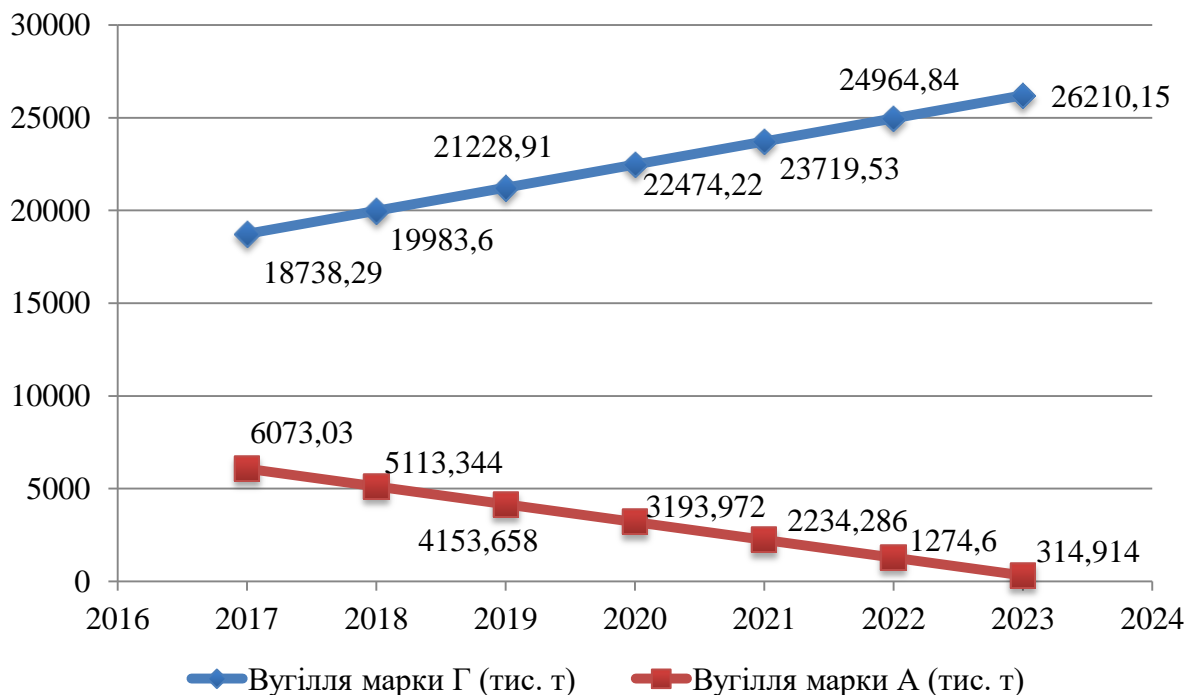


Рис. 1. Заплановане споживання енергетичного вугілля по рокам

Джерело: розробка автора

Отримані результати: оптимальною стратегією за даних умов буде збільшення капітальних інвестицій в державні шахти з 247,9 млн грн. до

1028,785 млн. грн. в рік (на 315%). В результаті відбудеться зростання середньорічного обсягу видобутку газових сортів вугілля на державних шахтах на 4,8 млн. т. в рік, а величина імпорту вугілля знизиться на 87%. Собівартість виробництва 1т зменшиться з 3098,63 грн. до 2032,15 грн за 1т. (на 34,42 %). Це збільшить конкурентоспроможність державних шахт і знизить рівень цін на їхню продукцію (рис.2).

За даних умов буде доцільно відмовитись від стратегії ціноутворення Роттердам плюс.

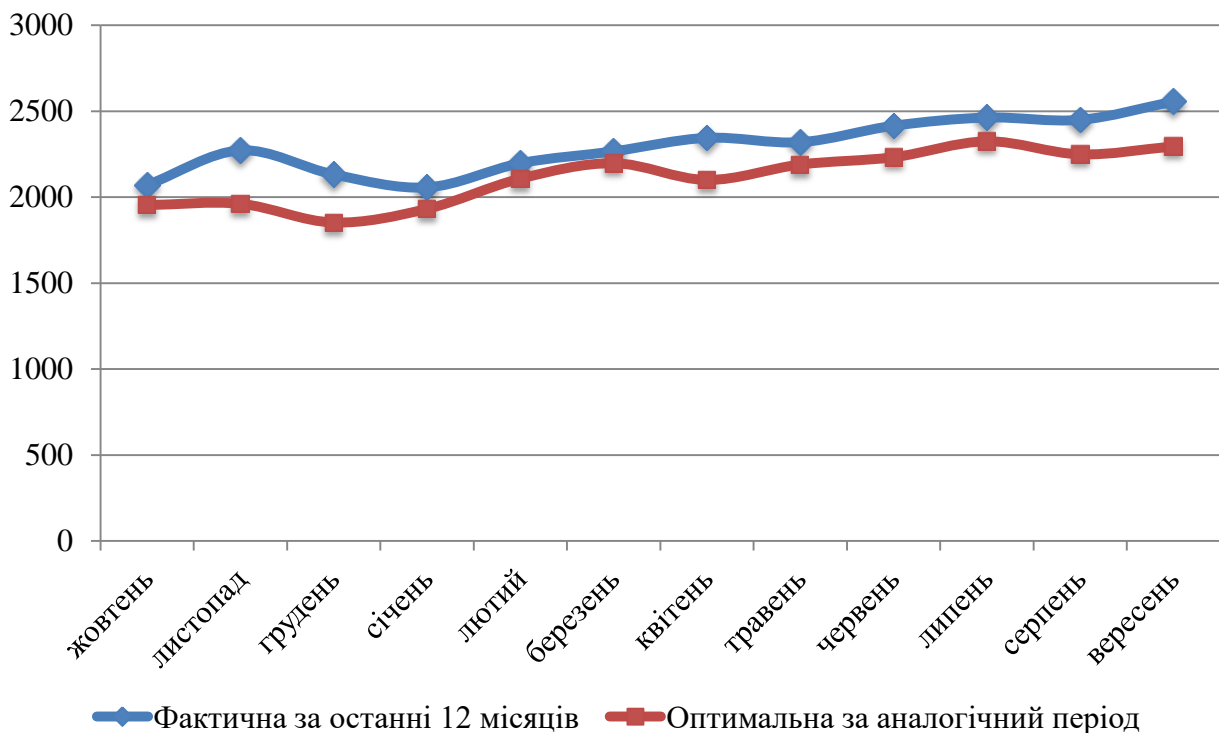


Рис. 2. Ціна за 1т газового вугілля, виробленого державними шахтами

Джерело: розробка автора

Висновок. Результати розрахунків свідчать про економічну доцільність відмови від розрахунку ціни на основі Роттердам+ в умовах переобладнання генеруючих потужностей з антрацитових марок вугілля на газові.

Відхід від світової ціни та її розрахунок відповідно до собівартості виробництва призведе до появи цінової конкуренції на внутрішньому ринку України і зниженню ціни на вугілля.

Зменшення попиту на дорогі імпорتنі антрацитові групи, а збільшення попиту на вітчизняні газові групи забезпечать шахтарів роботою і безперебійною виплатою заробітної плати.

Очікувані сукупні річні витрати на енергетичне вугілля зменшаться з 64, 498 млрд. грн. до 58, 843 млрд. грн.

Література

1. BP. Statistical Review of World Energy. – 2018. – №67. – С. 36–38
2. Сучасний стан та основні напрямки розв'язання проблем вугільної промисловості України [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=93947&cat_id=35082
3. «Справжня ціна вугілля в умовах війни на донбасі: погляд крізь призму прав людини» / Д. Казанський, А. Некрасова, О. Савицький, Ю. Павлов, П. Смірнов, С. Тарабанова, Г. Янова ; за заг. ред. А. Некрасової та В. Щербаченка // ГО «Східноукраїнський центр громадських ініціатив». – Київ : Видавництво ТОВ «АРТ КНИГА», 2017. – 140 с.
4. Бобро Д. Г. "Вугільна промисловість України в умовах гібридної війни". Аналітична записка [Електронний ресурс] / Д. Г. Бобро – Режим доступу: <http://www.niss.gov.ua/articles/1890/>
5. Виробництво електроенергії та окремі техніко-економічні показники роботи електростанцій в Україні за 2013 рік / Державна служба статистики України. – 2014.
6. Виробництво та споживання електроенергії в Україні [Електронний ресурс] // Слово і Діло. – 2018. – Режим доступу: <https://www.slovoidilo.ua/2018/06/06/infografika/suspilstvo/vyrobnyctvo-ta-spozhyvannya-elektroenerhiyi-ukrayini>
7. Енергетична галузь України: підсумки 2016 року / "Заповіт". – 2017.

8. ДТЕК Енерго перевів третій за рахунком енергоблок Придніпровської ТЕС на газове вугілля [Електронний ресурс] // "Сьогодні". – 2018. – Режим доступу: https://ukr.segodnya.ua/economics/comp_news/dtek-energo-perevel-tretyi-po-schetu-energoblok-pridneprovskoy-tes-na-gazovyy-ugol-1187112.html