

УДК 620.9

**Б.А. КОСТЮКОВСЬКИЙ**, канд. техн. наук, **О.О. МАКСИМЕЦЬ**, **А.І. СПІТКОВСЬКИЙ**, канд. біол. наук,  
**Д.П. САС**, **М.В. ПАРАСЮК** (Інститут загальної енергетики НАН України, Київ)

## ФОРМУВАННЯ УЗГОДЖЕНИХ ПРОГНОЗІВ РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОПТИМІЗАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Представлено принципи побудови узгоджених прогнозів розвитку економіки та енергетики при забезпеченні виконання екологічних обмежень для прогнозування розвитку систем енергозабезпечення країни з використанням оптимізаційних моделей.

За умов сьогодення глобалізація та лібералізація світової економіки та енергетики призводять до відкритості внутрішніх ринків окремих країн, значного зростання конкуренції за можливість збуту товарів на них, постійного перепливу капіталу та виробничих потужностей з одних країн в інші.

В Україні розробка макропрогнозів додатково ускладнюється перехідним періодом розвитку економіки. Особливості прогнозування економічних процесів у цей період полягають в тому, що:

- процеси, що прогнозуються, належать до класу нестационарних, параметри яких змінюються з часом;

- макроекономічні процеси тісно пов'язані один із одним, проте характер цих залежностей є складним, а їх вигляд, як правило, невідомий;

- вихідна інформація про ці процеси, як правило, є неповною, недостовірною та обмеженою в часі (має короткі ретроспективні вибірки).

Отже, при проведенні досліджень з прогнозування розвитку паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) визначення перспектив розвитку національної економіки та її окремих секторів, внутрішнього попиту тощо може базуватися здебільшого на використанні методів обробки експертних оцінок.

Глобалізація та лібералізація енергетичних ринків передбачає роботу всіх учасників цих ринків на конкурентних засадах. Тому необхідним є визначення та формування шляхів створення досконаліших умов функціонування всіх галузей ПЕК у ринкових умовах із забезпеченням їх ефективності та прибутковості.

Протягом багатьох років для прогнозування розвитку систем енергозабезпечення країни застосовувались методичні підходи, базовані на використанні ітераційної процедури, яка передбачала:

- розробку прогнозу (сценарію) розвитку економіки країни, для чого використовувались моделі міжгалузевого балансу, різноманітні виробничі функції та методи екстраполяції;

- розрахунок перспективної потреби в паливно-енергетичних ресурсах (ПЕР) на основі прямого розрахунку з використанням методів екстраполяції або експертних оцінок для визначення питомих показників енергоємності;

- формування варіанта розвитку ПЕК з використанням оптимізаційних моделей на основі критерію мінімізації витрат на забезпечення перспективних потреб у ПЕР;

- деталізацію сформованого варіанта з використанням оптимізаційних моделей рівня галузей ПЕК з урахуванням локальних екологічних обмежень.

З позицій сьогодення такі підходи не забезпечують можливість коректної розробки обґрунтованих прогнозів розвитку національних систем енергозабезпечення та формування на їх основі довгострокової державної енергетичної політики, що зумовлено низкою взаємопов'язаних чинників. Визначальну роль серед них відіграють глобалізація та лібералізація світової економіки, зокрема ринків палива та енергії, наднаціональні зобов'язання стосовно екологічних вимог та обмежень, зростання конкуренції за всі види ресурсів: природні, людські та фінансові. Ці чинники зумовлено притаманними сьогоденню особливостями, а саме:

- значна взаємозалежність між розвитком економіки та енергетики майже виключає можливість послідовного формування варіантів їх розвитку, зокрема через те, що екологічні обмеження, визначені на міжнародному рівні, є загальними як для економіки, так і для енергетики;

- в умовах лібералізації та глобалізації традиційні методи визначення показників розвитку економіки, які базуються на методах міжгалузевого балансу, різноманітних виробничих функціях та екстраполяції, є неприйнятними, оскільки можуть ефективно працювати лише для умов замкнутої економіки країни зі слабкими зовнішніми зв'язками або за наявності постійних (стабільних) зв'язків з економіками інших країн;

- використання за критерієм оптимізації мінімуму наведених витрат для визначення доціль-

них до реалізації варіантів розвитку ПЕК країни та його галузевих підсистем є неприйнятним в умовах ринку, оскільки критерії прийняття рішень стосовно доцільності фінансування тих чи інших проектів з їх розвитку визначаються, насамперед, прибутковістю інвестицій.

Одним із підходів до вирішення цієї задачі, який розроблено в Інституті загальної енергетики НАН України, є формування перспективних енерго-еколого-економічних балансів (ЕЕЕБ) країни з використанням оптимізаційних моделей.

В загальному випадку сценарій розвитку економіки в умовах лібералізації та глобалізації світових економічних процесів описується через певні діапазони можливих змін показників виробництва продукції в перспективі, попит на неї на внутрішньому ринку, можливості її експорту та імпорту, перспективні ціни на продукцію на внутрішньому та світовому ринках. Ця інформація є вхідною для проведення досліджень із прогнозування розвитку національного ПЕК та його галузевих підсистем. Разом із тим зазначимо, що в умовах глобалізації та лібералізації світової економіки ці показники повинні визначатися насамперед на базі методів, які застосовуються при проведенні маркетингових досліджень.

Для прогнозування коефіцієнтів питомих витрат ПЕР на виробництво продукції, викидів забруднювачів в атмосферу, коефіцієнтів прямих витрат матриці міжгалузевого балансу поряд із моделями обробки експертних оцінок можна застосовувати моделі аналізу та прогнозування числових рядів економічних, енергетичних та екологічних показників, що базуються на використанні як класичних методів [1, 2], так і методів групового врахування аргументів [3].

Для формалізації оптимізаційної моделі введемо такі позначення:

$i, i=1 \div I$  (причому  $I=I' \cup I''$ ;  $I' \cap I''=\emptyset$ ),  $k, k=1 \div K$  – індекс продукції (товару, послуги), сектору економіки або технології виробництва;

$I' \subset I$  – підмножина видів продукції (секторів економіки, технологій виробництва), які не належать до енергетичного сектору економіки країни;

$I'' \subset I$  – підмножина видів продукції (секторів економіки, технологій виробництва), які належать до енергетичного сектору економіки країни;

$j, j=1 \div J$  – індекс виду ПЕР;

$p, p=1 \div P$  – індекс виду забруднювача або парникового газу;

$t, t=1 \div T$  – індекс розрахункового етапу;

$W$  – обсяг виробництва;

$S$  – обсяг кінцевого споживання;

$E$  – обсяг експорту;

$V$  – обсяг імпорту;

$N$  – чисельність населення;

$O$  – значення обмежуючого фактора;

$a$  – коефіцієнти питомих витрат;

$b$  – коефіцієнти питомих викидів забруднювачів та парникових газів;

$c', c''$  – ціни внутрішнього та зовнішнього ринків відповідно;

$z^e, z^v$  – булеві змінні.

Оптимізаційні моделі побудови ЕЕЕБ формалізуються як моделі з булевими змінними. Модель побудовано на ідеї синтезу методів формування перспективних міжгалузевого та паливно-енергетичного балансу з використанням оптимізаційних моделей.

Як критерій використовується згортка трьох критеріїв: максимізація кінцевого споживання, максимізація експорту та мінімізація імпорту. Причому для імпорту та експорту враховується їх відносна ефективність з огляду на ціни на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Отже, критерій формалізується у вигляді:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (S_{ij} + z_i^e \cdot (c''_{ij} / c'_{ij}) \cdot E_{ij} - z_i^v \cdot (c'_{ij} / c''_{ij}) \cdot V_{ij}) \rightarrow \max \quad (1)$$

В моделі використовуються такі баланси:

– виробництва продукції, формалізований у вигляді:

$$W_{it} - \sum_{k=1}^K a_{ik} \cdot W_{kt} - S_{it} - E_{it} + V_{it} = 0 \quad (2)$$

– виробництва-споживання ПЕР:

$$\sum_{i \in I'} a_{ijt} \cdot W_{it} + a_{jt} \cdot N_{it} + z_{jt}^e \cdot E_{jt} + \sum_{i \in I''} a_{ijt} \cdot (W_{ijt} / c'_{ijt}) - \sum_{i \in I'} W_{ijt} / c'_{ijt} - z_{jt}^v \cdot V_{jt} = 0 \quad (3)$$

Використовується таке обмеження на викиди забруднювачів і парникових газів:

$$\sum_{i=1}^I (b_{ipt} + b_{opt} \cdot a_{ijt}) \cdot W_{it} + b_{jpt} \cdot a_{jt} \cdot N_{it} \leq O_{pt} \quad (4)$$

Також у моделі є двосторонні обмеження на максимальні та мінімальні обсяги виробництва продукції, кінцевого споживання, експорту та імпорту для кожного етапу розрахункового періоду:

$$\begin{aligned} W_{it}^{\min} &\leq W_{it} \leq W_{it}^{\max}, \\ S_{it}^{\min} &\leq S_{it} \leq S_{it}^{\max}, \\ E_{it}^{\min} &\leq E_{it} \leq E_{it}^{\max}, \\ V_{it}^{\min} &\leq V_{it} \leq V_{it}^{\max}. \end{aligned} \quad (5)$$

Рівняння зв'язку булевих змінних виду:

$$\begin{aligned} z_{it}^e + z_{it}^v &= 1, \\ z_{jt}^e + z_{jt}^v &= 1. \end{aligned} \quad (6)$$

Для створення прогнозних ЕЕЕБ використовується такий методичний підхід:

1. Будуємо звітний енерго-еколого-економічний баланс на базі даних державної статистичної звітності (дані системи національних рахунків, таблиця «витрати-випуск», форми статистичної звітності №4-МТП, №1-МТП, № 6-ТП та № 2-ТП (повітря)). Звітний ЕЕЕБ будується для базового року  $t_0$  та для ретроспективи.

2. З використанням методів експертних оцінок робимо прогноз зовнішніх умов розвитку економіки та енергетики країни, визначаючи інтервальні значення відповідних економічних та енергетичних параметрів ( $W, S, E, V, N$ ).

3. Прогнозуємо значення показників  $a, b$  та  $c$  за допомогою комплексу методів, що містить: метод групового врахування аргументів, метод

тенденцій, метод аналогій, метод експертних оцінок, ефективну практику.

4. Обираємо з отриманої множини рішень ті, що задовольняють обмеженню на викиди забруднювачів і парникових газів (4), і передаємо значення, що характеризують розвиток ПЕК, на нижчий рівень (ПЕК та його галузеві підсистеми).

5. На нижчому рівні, з урахуванням отриманих значень, будується множина варіантів розвитку економіки та ПЕК, уточнюються ціни на ПЕР і повна потреба в них, які потім передаються на верхній рівень.

6. На верхньому рівні будується прогнозний ЕЕЕБ з урахуванням отриманих уточнених даних та екологічних обмежень на викиди забруднювачів та парникових газів в енергетичному секторі економіки країни.

Таким чином, застосування розробленої методики досліджень дозволяє формувати варіанти розвитку системи енергозабезпечення країни, при цьому забезпечується узгодженість прогнозів розвитку економіки й енергетики та виконання екологічних обмежень.

1. Емельянов А.С. Эконометрия и прогнозирование. – М., 1985. – 207 с.

2. Тиммер Ю. Эконометрические методы анализа развития. – М., 1979. – 239 с.

3. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем. Навчальний посібник. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2004. – 352 с.