

УДК 621.311

С.В. ШУЛЬЖЕНКО (Інститут загальної енергетики НАН України, Київ)

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВАРТІСНИХ ПОКАЗНИКІВ У ЗАДАЧАХ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ЗА РИНКОВИХ УМОВ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Наведено моделі життєвого циклу, які дозволяють враховувати особливості розрахунку вартісних показників у задачах прогнозування розвитку електроенергетичних систем за ринкових умов їх функціонування. Для врахування невизначеності вхідної інформації з метою моделювання майбутніх умов функціонування та розвитку об'єктів і систем електроенергетики запропоновано застосовувати стохастичний метод.

У задачах прогнозування розвитку електроенергетичних систем за критерій, як загальноприйняте правило, використовують вартісні показники, що характеризують особливості введення в експлуатацію та функціонування електроенергетичних об'єктів, які розглядаються при моделюванні. Такий підхід застосовувався за часів командно-адміністративної (планової) економіки в СРСР, коли за критерій брався мінімум приведених витрат [1, 2]. Цей підхід використовувався також за умов монопольної моделі регулювання діяльності в електроенергетиці в країнах організації економічної співпраці та розвитку, а також у решті економічнорозвинених держав. Послаблення державного контролю за електроенергетикою та запровадження ринкових засад регулювання її діяльності виявило необхідність урахування додаткових, нових для електроенергетики, особливостей, які характеризують умови функціонування та розвитку підприємств, що спираються в оцінці своєї діяльності переважно на фінансові результати. Ця нова особливість вимагала застосування відповідних моделей та методів, які б дозволяли оцінювати особливості функціонування та можливість досягнення прийнятних з погляду ринкової економіки результатів.

Для моделювання особливостей ринкових відносин в електроенергетиці використовують вартісні показники, що характеризують процес виробництва електроенергії та залежать від технічних і технологічних особливостей певної технології, а саме: вартість, собівартість і граничноприйнятну ціну виробництва. Вони можуть бути розраховані за цінами певного року для всього життєвого циклу об'єкта або приведені до середньорічного значення. Необхідність використання саме таких вартісних показників зумовлено їх близькістю до показників, що використовуються у фінансовому та банківському секторах, які є провідними в ринковій економіці. Використання цих показників сприяє прискоренню процесу оцінки інвестиційної привабли-

вості проектів і прийняття рішення щодо доцільності їх інвестування. Суттєве підвищення ролі банківського сектора зумовлює те, що оцінки ефективності «роботи» вкладених коштів у виробничі (зокрема в електрогенеруючі) потужності теоретично нічим не відрізняються від оцінок, які виконуються для будь-яких інших фінансово-інвестиційних проектів, не обов'язково пов'язаних із виробничою сферою, що додатково вимагає використовувати єдину з фінансовим сектором понятійну базу.

Головною особливістю, яку необхідно враховувати при розрахунку вартісних показників в умовах ринкових відносин, є усвідомлення того, що реальна вартість певної суми грошей змінюється з часом. Хоча теоретично вартість грошей може зменшуватись або збільшуватись, на практиці державою створюються і підтримуються умови зменшення вартості грошей з часом. Це є стимулом для підприємницької активності, прибутковості якої має випереджати темп знецінення грошей. Зміна вартості грошей з часом враховується шляхом використання дисконту – питомої безрозмірної величини, яка чисельно характеризує прагнення певного суб'єкта господарювання отримати через певний проміжок часу більше грошей, ніж він надав або витратив зараз (ця різниця, виражена у відсотках, і є дисконтом). Дисконт може бути номінальним – в цьому випадку інфляція є його складовою, або реальним – інфляція вилучена з дисконту. Реальний дисконт залежить від ризикованості надання грошей для реалізації певного проекту, а також від прагнення кредитора та прямого інвестора забезпечити собі високий рівень ліквідності як сьогодні, так і в майбутньому [3]. Тобто дисконт залежить і від сторони, що отримує інвестиційні ресурси, і від сторони, яка ці інвестиційні ресурси надає. Залежно від рівня застосовуваних моделей дисконт може бути розрахований, якщо оцінюється конкретний проект надання інвестиційних ресурсів (формули 1 і 2), або заданий екзогенно,

що використовується в задачах прогнозування розвитку систем електроенергетики в цілому чи її підсистем.

$$r^n = (1 - i^{p_tax}) \times i^{3P} \frac{C^{3P}}{C^K} + i^{BP} \frac{C^{BP}}{C^K}, \text{ де } C^K = C^{3P} + C^{BP}; \quad (1)$$

$$r = \frac{r^n - i^{inf}}{1 + i^{inf}}, \quad (2)$$

де r^n — значення номінального (з урахуванням інфляції) дисконту; C^K — обсяг необхідних капітальних витрат; C^{BP} — обсяг власних фінансових ресурсів, що інвестуються; C^{3P} — обсяг залучених фінансових ресурсів, що інвестуються; i^{3P} — відсоткова ставка за кредитом; i^{BP} — рівень прибутковості вкладених власних фінансових ресурсів; i^{p_tax} — незмінний протягом життєвого циклу проекту рівень податку на прибуток підприємств; i^{inf} — рівень інфляції протягом життєвого циклу; r — значення реального (без урахування інфляції) дисконту.

Розрахунок вартісних показників здійснюється з використанням моделей життєвого циклу, які призначені для моделювання всього терміну життєдіяльності об'єкта або системи (від початку прийняття рішення про створення об'єкта або системи до виведення їх з експлуатації). Застосування моделей життєвого циклу дозволяє визначити просту та середньозважену вартість і собівартість, а також простий та середньозважений граничноприйнятний дохід і ціну.

Вартість (проста) виробництва електроенергії протягом життєвого циклу електрогенеруючого об'єкта визначається за формулою 3, в якій не використовуються амортизаційні відрахування, оскільки вважається, що їх обсяг дорівнює обсягу капіталовкладень:

$$C_k^{LCC} = \sum_{\tau=1}^n C_{k\tau}^K \times (1+r)^\tau + \sum_{\tau=n+1}^{T+n} \frac{C_{k\tau}^M + C_{k\tau}^V}{(1+r)^{\tau-n}} - \frac{C_k^3}{(1+r)^T}, \quad (3)$$

де C_k^{LCC} — вартість виробництва електроенергії за життєвий цикл, яка вимірюється у грошових одиницях, причому номінальна вартість грошей відповідає останньому етапу будівництва об'єкта; n — термін будівництва об'єкта з моменту початку вкладення перших інвестицій в нього і до часу його пуску в експлуатацію; T — термін експлуатації об'єкта; C_k^K — капітальні витрати на створення електроенергетичного об'єкта, витрати на розробку проекту, адміністративні витрати, спричинені через необхідність погодження проекту в органах-регуляторах; власне витрати на спорудження виробничих потужностей та певний від-

соток (за умов сталої економіки не вищий за 10%) на непередбачувані потреби, а також витрати на початкову підготовку персоналу; C^M — постійні витрати для підтримки виробничих потужностей у працездатному стані (до цих витрат, крім витрат на поточні ремонти виробничих потужностей, також входять витрати на погашення відсотків за банківськими кредитами, заробітна плата персоналу, та інші, як правило, менш значні за обсягами витрати, наприклад, витрати на підтримку об'єктів соціального призначення); C^V — змінні витрати, а саме: витрати на паливо та інші необхідні матеріальні ресурси для забезпечення виробництва основної продукції, рівень яких залежить від обсягів виробництва продукції та умов її продажу, C^3 — доходна частина, а саме: залишкова ринкова вартість об'єкта, а також його матеріальних активів після виводу з експлуатації.

Середньозважена вартість за життєвий цикл (C_k^{LAC}) розраховується з використанням C_k^{LCC} відповідно до формули 4, в якій вираз у квадратних дужках (CRF^{Tr}) має назву коефіцієнта або темпу повернення капіталу протягом часу T за умов постійного дисконту r , а за змістом визначає щорічну частку загальних витрат, яка в сумі за життєвий цикл дає просту вартість.

$$C_k^{LAC} = C_k^{LCC} \times \left[\frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1} \right] = C_k^{LCC} \times CRF^{Tr}. \quad (4)$$

Залежності для розрахунку простої (C_k^{PBC}) та середньозваженої (C_k^{LPBC}) собівартості виробництва електроенергії за життєвий цикл об'єкта визначаються формулами 5 і 6.

$$C_k^{PBC} = \frac{C_k^{LCC}}{\sum_{\tau=n+1}^{T+n} W_{k\tau}}; \quad (5)$$

$$C_k^{LPBC} = \frac{C_k^{LAC}}{\left[\frac{\sum_{\tau=n+1}^T W_{k\tau}}{(T-n-1)} \right]}, \quad (6)$$

де $W_{k\tau}$ — обсяг виробленої протягом етапу основної продукції (для електроенергетики — це електроенергія, МВт·год).

На відміну від методів визначення собівартості виробництва електричної енергії метод, який використовується для розрахунку середньозваженого граничноприйнятнього доходу за рік (C_k^{LRR}), спрямований на визначення такого рівня ціни на електроенергію (C_k^{LRPBC}), за якого забезпечується граничноприйнятний рівень прибутковості власників об'єкта. Для всього життєвого

циклу експлуатації електрогенеруючого об'єкта простий граничноприйнятний дохід ($C_{k\tau}^{RR}$) від продажу виробленої електроенергії визначається за формулою 7:

$$C_k^{RR} = \sum_{\tau=1}^T \frac{[C_{k\tau}^{C-RR} + Tax_{k\tau} + R_{k\tau} + C_{k\tau}^{3P}]}{(1+r)^\tau}, \quad (7)$$

де $C_{k\tau}^{C-RR} = C_{k\tau}^A + C_{k\tau}^M + C_{k\tau}^V$ – вартість виробництва електроенергії (амортизаційні відрахування, а також сума постійних і змінних витрат); $Tax_{k\tau}$ – обсяг сплачених корпоративних податків; $R_{k\tau}$ – чистий прибуток; $C_{k\tau}^{3P}$ – повернення основної частки займаних фінансових ресурсів. З урахуванням того, що граничноприйнятний рівень чистого прибутку залежить від обсягів власних фінансових ресурсів C_k^{BP} , залучених для інвестування об'єкта, та рівня їх прибутковості i_k^{BP} , а сума корпоративних податків залежить від обсягу доходу підприємства, який підлягає оподаткуванню (в загальному випадку цей обсяг є різницею між вартістю та доходом), та ставки корпоративного податку i^{Tax} , для певного періоду можна отримати формулу 8.

$$\begin{aligned} C_{k\tau}^{RR} &= C_{k\tau}^{C-RR} + (C_{k\tau}^{RR} - C_{k\tau}^{C-RR}) i^{Tax} + C_{k\tau}^{BP} i_k^{BP} + C_{k\tau}^{3P} = \\ &= C_{k\tau}^{RR} i^{Tax} + C_{k\tau}^{C-RR} (1 - i^{Tax}) + C_{k\tau}^{BP} i_k^{BP} + C_{k\tau}^{3P} \Rightarrow \\ \Rightarrow C_{k\tau}^{RR} &= \frac{C_{k\tau}^{C-RR} (1 - i^{Tax}) + C_{k\tau}^{BP} i_k^{BP} + C_{k\tau}^{3P}}{(1 - i^{Tax})} = C_{k\tau}^{C-RR} + \frac{C_{k\tau}^{BP} i_k^{BP} + C_{k\tau}^{3P}}{(1 - i^{Tax})}; \end{aligned} \quad (8)$$

З детальним урахуванням складових вартості виробництва електроенергії (амортизаційних відрахувань, заробітної плати, вартості ремонтних робіт і робіт з підтримки обладнання у працездатному стані, суми повернення відсотків за банківськими кредитами та змінних витрат) із формул 7 та 8 отримуємо формулу 9.

$$\begin{aligned} C_k^{RR} &= \sum_{\tau=1}^T \frac{[C_{k\tau}^{C-RR} + \frac{C_{k\tau}^{BP} i_k^{BP} + C_{k\tau}^{3P}}{(1 - i^{Tax})}]}{(1+r)^\tau} = \\ &= \sum_{\tau=1}^T \frac{[C_{k(\tau-1)}^B i_k^A + C_{k\tau}^3 (1 + i_k^3) + C_{k\tau}^P + C_{k\tau}^{3P} i_k^{3P} + C_{k\tau}^V + \frac{C_{k\tau}^{BP} i_k^{BP} + C_{k\tau}^{3P}}{(1 - i^{Tax})}]}{(1+r)^\tau}, \end{aligned} \quad (9)$$

де $C_{k\tau}^B$ – балансова вартість об'єкта станом на останній календарний день певного періоду τ ; i_k^A – норма амортизації основних фондів об'єкта, отже обсяг амортизаційних нарахувань для періоду τ становить $C_{k\tau}^A = C_{k(\tau-1)}^A i_k^A$; $C_{k\tau}^3$ – сума заробітної плати, що сплачується працівникам підприємства; i_k^3 – норма соціальних нарахувань на заробітну плату; таким чином, повна сума заро-

бітної плати з нарахуваннями становить $C_{k\tau}^{3-H} = C_{k\tau}^3 (1 + i_k^3)$; $C_{k\tau}^P$ – незмінний обсяг фінансових ресурсів, що витрачаються на підтримку основних фондів у працездатному стані; i_k^{3P} – відсоткова ставка за залученими підприємством банківськими кредитами $C_{k\tau}^{3P}$ звідки сума сплати відсотків, яка враховується в постійних витратах, становить $C_{k\tau}^{3P-I} = C_{k\tau}^{3P} i_k^{3P}$; $C_{k\tau}^V$ – обсяг змінних витрат без урахування сплати основної частки залучених банківських кредитів, які розраховуються за формулою 10.

$$C_{k\tau}^V = C_{k\tau}^{VF} + C_{k\tau}^{VM} + C_{k\tau}^{VE} + C_{k\tau}^{VP}, \quad (10)$$

де $C_{k\tau}^{VF}$ – вартість спожитого палива; $C_{k\tau}^{VM}$ – вартість спожитих непаливних матеріальних ресурсів; $C_{k\tau}^{VE}$ – сума екологічних платежів; $C_{k\tau}^{VP}$ – додаткові витрати на ремонти основних виробничих фондів, які виникають унаслідок використання технології в режимах, що відрізняються від номінального. Абсолютні значення кожної складової змінних витрат залежать від таких основних чинників: стану виробничого обладнання та режимів його використання протягом періоду, що розглядається, питомих витрат паливних та інших матеріальних ресурсів, які споживає об'єкт, та їх вартості, обсягів викидів забруднюючих речовин і парникових газів у довкілля та рівнів платежів за ці викиди.

Значення середньозваженого граничноприйнятного доходу (C_k^{LRR}) розраховується за формулою 11, а середньозважена граничноприйнятна ціна на електроенергію (C_k^{LRPBC}) – за формулою 12.

$$C_k^{LRR} = C_k^{RR} \times CRF^{Tr}; \quad (11)$$

$$C_k^{LRPBC} = \frac{C_k^{LRR}}{\left[\frac{\sum_{\tau=1}^T W_{k\tau}}{T} \right]}. \quad (12)$$

Загальноприйнятним припущенням при моделюванні життєвого циклу технологій є те, що існує можливість точно визначити всі складові для будь-якого періоду часу, але фактично таке припущення є справедливим лише в умовах незмінного економічного середовища, яке досягається за умов монопольної системи регулювання діяльності в електроенергетиці. Така ситуація, до певної міри, спостерігалась в індустріально розвинених країнах у середині ХХ сторіччя, а в СРСР навіть підтримувалась адміністративними заходами. З другої половини ХХ сторіччя ситуація почала змінюватись. Зараз значною невизначеністю характеризуються не лише довго-

термінові соціально-економічні процеси, а й короткотермінові, що зумовлює необхідність удосконалення існуючих і розробки нових методів прогнозування економіки в цілому, а також її окремих підсистем і секторів.

Для врахування невизначеності майбутнього, а також при оцінці широкого кола вхідної інформації, яку однозначно кількісно визначити важко, використовується стохастичний метод оцінки техніко-економічних показників. Його суть полягає в припущенні, що екзогенні змінні, які використовуються для розрахунку вартісних показників, неможливо однозначно визначити для будь-якого періоду моделювання, крім сучасного (а ще точніше тільки для минулого). При моделюванні майбутнього можливо визначити лише діапазони, в яких ці змінні можуть знаходитись. Діапазони для кожної змінної визначаються експертно (з використанням зовнішніх джерел інформації), причому не відкидається будь-яке припущення стосовно можливого значення змінної. Після визначення діапазону, в якому знаходиться змінна x , він розбивається на J інтервалів (не обов'язково рівних між собою), для кожного інтервалу розраховується оцінка ймовірності того, що значення змінної буде в його межах (формула 13).

$$P_{[x^j; x^{j+1}]} = \frac{N[x^j; x^{j+1}]}{\sum_{j=1}^J N[x^j; x^{j+1}]} : \forall [x^j; x^{j+1}] \in [x^{j_{\min}}; x^{j_{\max}}], \quad (13)$$

де $P_{[x^j; x^{j+1}]}$ – оцінка ймовірності того, що змінна буде в межах інтервалу $\left[\begin{matrix} x^j & x^{j+1} \\ \hline x & x \end{matrix} \right]$, який знаходиться в межах діапазону $\left[\begin{matrix} x^{j_{\min}} & x^{j_{\max}} \\ \hline x & x \end{matrix} \right]$ $N_{[x^j; x^{j+1}]}$ та $N_{[x^j; x^{j+1}]}$ – кількість експертних оцінок того, що змінна буде в межах інтервалу, що розглядається.

Для застосування методу Монте-Карло інтервал $[0; 1]$ розподіляють на підінтервали довжиною, яка відповідає значенням отриманих оцінок ймовірностей. Конкретне значення екзогенної змінної визначається здійсненням двох експериментів за методом Монте-Карло, причому випадкова змінна має знаходитись в інтервалі $[0...1]$ і бути рівномірно розподіленою. В результаті першого експерименту визначають інтервал, в якому буде знаходитись екзогенна змінна, а в результаті другого – конкретне значення змінної. Тож, якщо в результаті першого експерименту було визначено певний інтервал $\left[\begin{matrix} x^j & x^{j+1} \\ \hline x & x \end{matrix} \right]$, і якщо результатом другого експери-

менту є випадкова змінна \hat{x} , то значення екзогенної змінної x визначається за формулою 14.

$$x = x^j + \hat{x}(x^{j+1} - x^j). \quad (14)$$

Крім екзогенних змінних, які приймають одне значення для всього періоду моделювання (наприклад, значення дисконту), при моделюванні виникає необхідність визначати ряди значень (наприклад, вартість палива, яка може зростати з різними темпами і до різних майбутніх значень). Для визначення значень у таких рядах використовуються різноманітні функціональні залежності (наприклад, лінійна, експоненціальна, ступенева тощо). Кожній функціональній залежності відповідає оцінка ймовірності того, що саме за нею формуватиметься значення ряду, що розглядається (в простішому випадку ці оцінки можуть бути рівними між собою). В цьому випадку з використанням двох експериментів за методом Монте-Карло визначають значення останнього члену ряду (прогнозне значення), а за результатами третього експерименту визначають функціональну залежність, відповідно до якої змінюються значення ряду. Вважаючи відомим початкове (сучасне) значення, з використанням визначеної функціональної залежності розраховують усі значення між початковим і кінцевим значенням ряду.

Отримані таким чином екзогенні змінні та ряди утворюють один із можливих сценаріїв зовнішніх умов, відповідно до яких виконується розрахунок вартісних показників технології виробництва електроенергії та електроенергетичних об'єктів. Такі, основані на стохастичних вхідних даних, розрахунки виконуються багатократно (залежно від кількості стохастичних змінних і ширини діапазонів від 1000 до 100000 раз), після чого визначається середнє значення розрахованих величин (\bar{x}), що є оцінкою математичного сподівання цих величин (формула 15), а також за формулою 16 середньоквадратичне відхилення ($\bar{\sigma}$), що дозволяє визначити діапазон, в якому змінюються значення досліджуваних величин (формула 17).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{n=1}^N x_n}{N}; \quad (15)$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x_n - \bar{x})^2}; \quad (16)$$

$$x \in \left[\bar{x} - \bar{\sigma}; \bar{x} + \bar{\sigma} \right], \quad (17)$$

де x_n — реалізація результату розрахунку значення досліджуваної величини з використанням стохастичних вхідних даних; N — кількість виконаних розрахунків; x — оцінка значення досліджуваної величини.

Таким чином, в умовах запровадження ринкових принципів регулювання діяльності електроенергетики необхідно враховувати додаткові нові особливості, які несприятиманні умовам фун-

кціонування та розвитку об'єктів та систем електроенергетики в монополізованих ринках. Ці особливості враховуються використанням моделей життєвого циклу, а для врахування невизначеності вхідної інформації для моделювання майбутніх умов функціонування та розвитку об'єктів та систем електроенергетики запропоновано використовувати стохастичний метод.

1. *Технико-экономические основы выбора параметров конденсационных электрических станций*. Под ред. Л.С. Стермана. – М.: «Высшая школа», 1970. – 280 с.
2. *Оптимизация республиканского топливно-энергетического комплекса и его отраслевых систем / АН Украины. Ин-т проблем энергосбережения // Кулик М.Н., Юфа А.И., Костюковский Б.А. и др. – К.: Наук. думка, 1992. – 215 с.*
3. *Integrated Resource Planning*. – Joel N. Swisher, Gilberto de Marino Jannuzzi, Robert Y. Redlinger. – UNEP & RISO National Laboratory. – Denmark, 1997. – 259 p.