

ЕКОНОМІКА

УДК 621.311.24, 621.311.245

Б.Г.ТУЧИНСЬКИЙ

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ БУДІВНИЦТВА І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ

Фінансове забезпечення розвитку вітроенергетики в Україні на даному етапі реалізується коштами "Комплексної програми будівництва вітроелектричних станцій в Україні". В цьому питанні Україна пішла шляхом багатьох країн (Німеччини, Данії, Іспанії, США тощо), що усвідомили необхідність переходу до виробництва екологічно чистої електроенергії і підвищення рівня своєї енергетичної незалежності. Цей шлях — державна підтримка вітроенергетики як провідної галузі відновлюваної енергетики. Але вже тепер "на порядку денному" в Україні (так само, як і в згаданих країнах) постає питання — чи може вітроенергетика країни функціонувати на ринкових засадах, тобто бути рентабельною з точки зору ринкового інвестора [1]?

Все це зумовлює потребу розробки відповідного інструментарію оцінки економічної ефективності використання тих значних коштів, яких потребують інвестиційні проекти у вітроенергетиці. Метою даної статті є виклад розробленої автором економіко-математичної моделі, яка дозволяє виконати оцінку ефективності інвестиційного проекту будівництва і експлуатації вітрових електростанцій (ВЕС), здійснити аналіз чутливості і незбитковості такого проекту, а також оптимізувати норму реінвестування прибутку у збільшення кількості вітрових електричних установок (ВЕУ) на ВЕС. Такого роду дослідження для вітроенергетики раніше не виконувались.

Величини, які фігурують в моделі, класифікуватимемо на параметри і показники моделі. До першої групи відносяться ті чи інші питомі параметри, норми, нормативи тощо, які задаються до початку виконання розрахунків за моделлю. До другої групи входять "об'ємні" техніко-економічні показники, що визначаються під час виконання розрахунків за моделлю.

В табл. 1 подано перелік параметрів економіко-математичної моделі, а також їх позначення. Для спрощення опису і застосування економіко-математичної моделі всі вартісні показники подано у твердій валюті — доларах США. Перерахунок в інші види валют (гривні, євро тощо) не викликає труднощів. Всі розрахунки у моделі ведуться в сталих цінах.

Коментар до табл. 1:

1. Дисконтування грошових потоків здійснюється для урахування зміни вартості грошей у часі [2, с. 176-235].

2. Зовнішні інвестиції у ВЕС (надалі — інвестиції) здійснюються лише один раз — перед початком реалізації проекту. Проект реалізується власним коштом інвестора (без залучення кредитних ресурсів). Інвестиції складаються з двох частин — постійних і змінних інвестицій. До перших входять такі, що покривають вартості, незалежні від кількості ВЕУ на ВЕС, а саме: вартість будинку центрального пункту управління ВЕС, вартість автоматизованої системи управління ВЕС, вартість прокладання доріг, вартість мережних робіт, вартість метеорологічного забезпечення тощо. Змінні інвестиції поділяються на основні (вартість всіх ВЕУ) і додаткові (вартість будівельно-монтажних робіт та інших додаткових витрат, що залежать від кількості ВЕУ на ВЕС).

3. Втрати електроенергії ВЕС, не пов'язані з технічними простоями, можуть виникати через:

- взаємне затінення ВЕУ;
- затінення ВЕУ перешкодами природного і антропогенного характеру;
- нагрівання кабелів передачі електроенергії від ВЕУ до шин ВЕС;
- використання електроенергії на власні потреби ВЕС; обмерзання лопатей ВЕУ у зимовий період тощо.

Параметри економіко-математичної моделі інвестиційного процесу будівництва і експлуатації ВЕС

Показник	Одиниця виміру	Позначення
Ставка податку на прибуток	%	g
Норма дисконтування грошових потоків	%	δ
Термін реалізації проекту	років	T^r
Норматив додаткової вартості ВЕС	%	β
Норматив річних експлуатаційних витрат	\$/кВт	ω
Потужність однієї ВЕУ	кВт	P
Коефіцієнт використання номінальної потужності ВЕУ (без урахування втрат електроенергії)	—	k^b
Коефіцієнт втрат електроенергії на ВЕС	—	k^l
Коефіцієнт готовності ВЕС	—	k^r
Початкова кількість ВЕУ на ВЕС	шт	n_0
Ціна однієї ВЕУ	\$тис	c
Тариф на електроенергію ВЕС	ц/кВт·год	τ
Постійна частина інвестицій	\$млн	I^c
Норма реінвестування прибутку	%	v
Термін реінвестування прибутку	років	T^{im}
Кількість груп основних фондів	—	m
Частка основних фондів i -ї групи	%	$\alpha_i, i = 1, \dots, m;$ $\sum_{i=1}^m \alpha_i = 1$
Норматив амортизації основних фондів i -ї групи	%	$\gamma_i, i = 1, \dots, m$

4. Амортизаційні відрахування ВЕС для обчислення податків нараховуються згідно з чинним законодавством за регресивною схемою (*regressive depreciation*), що є комбінацією методу зменшеного залишку і методу змінних норм [2, с.141-144].

5. У моделі допускається, що інвестор має можливість частину отриманого поточного прибутку вкласти в реалізацію цього ж інвестиційного проекту. Якщо проект має достатньо високу доходність, то потужності, придбані на реінвестовані кошти, генеруватимуть електроенергію, продаж якої призведе до отримання нових прибутків, сума яких може перевищити втрати, понесені інвестором через вилучення частини свого прибутку для цілей реінвестування. Можливість ефективного реінвестування прибутку є ексклюзивною для вітроенергетики відносно галузей традиційної електроенергетики. Ця можливість є наслідком модульного характеру вітроелектричного обладнання, для введення в експлуатацію

якого не потрібно чекати накопичення значних коштів. Крім того, термін будівельно-монтажних робіт по встановленню ВЕУ є мізерним в порівнянні з відповідними термінами для ТЕС або АЕС.

6. З урахуванням математичної властивості оптимальної траєкторії норми накопичення — так званого "ефекту релейності" — в економічних макромоделях аналогічного типу [3], у розроблений економіко-математичній моделі запроваджено таку схему реалізації реінвестицій. Наперед встановлюється термін, протягом якого з початку реалізації проекту здійснюється реінвестування за сталою нормою. Створюється "фонд розвитку виробництва" (ФРВ), до якого надходять поточні реінвестиційні кошти. Вони додаються до поточного залишку коштів у ФРВ. Якщо накопичена таким чином сума коштів є більшою вартості однієї ВЕУ, то кошти ФРВ направляються на встановлення на ВЕС якомога більшої кількості додаткових ВЕУ.

Залишок коштів переходить для використання в наступні періоди. Залишок коштів, наявний на момент закінчення терміну реінвестування, в цей самий момент додається до чистої приведеної вартості інвестиційного проекту.

7. Значення всіх параметрів інвестиційного проекту, поданих у табл. 1, не змінюються протягом терміну реалізації інвестиційного проекту.

Моделювання здійснюється за припущень:

- найменшим періодом розрахунку є один рік;
- на ВЕС встановлюються ВЕУ тільки однієї моделі;
- вартість всієї проданої електроенергії повертається в тому ж році, в якому її було вироблено;
- введення в дію основних фондів ВЕС здійснюється у перший день поточного року;
- вітроенергетичне обладнання за термін реалізації проекту не вибуває з експлуатації через фізичне або моральне зношування.

Економіко-математичну модель розроблено для виконання попередніх оцінок на стадіях, що передують розробці проекту будівництва ВЕС. Зважаючи на це, а також на невисоку точність вихідних даних на цих стадіях, прийняття перелічених припущень

забезпечує необхідну точність відповідних оцінок показників.

Показники і рівняння економіко-математичної моделі інвестиційного процесу будівництва і експлуатації ВЕС подано в табл. 2. Система рівнянь (1.1)-(1.17) є рекурсивною, тому допускає пряму послідовність виконання розрахунків. Для реалізації моделі автором розроблено відповідну програму алгоритмічною мовою Object Pascal. В табл. 3 подано реалістичні вихідні дані для інвестиційного проекту ВЕС (як тариф на електроенергію застосовано так званий "зелений" тариф на екологічно чисту електроенергію, проект Закону про який розглядається Верховною Радою України).

За відсутності реінвестування прибутку чиста приведена вартість проекту становить \$2.49 млн. Залежність чистої приведеної вартості проекту від норми і терміну реінвестування прибутку представлено на рис. 1.

З рис. 1 видно, що реінвестування прибутку є ефективним інструментом збільшення доходності проекту. Так, за умови застосування "середнього" режиму реінвестування прибутку (60% прибутку протягом 20 років) чиста приведена вартість проекту збільшиться до \$8.0 млн., тобто в 3.21 рази. Фактичне значення норми реінвестування прибутку має формуватись шляхом узгодження дивідендної і інвестиційної політики ВЕС.

Таблиця 2

Показники і рівняння економіко-математичної моделі інвестиційного процесу будівництва і експлуатації ВЕС

Показник	Одиниця виміру	Рівняння	Номер формули
<i>Початкові (до початку терміну реалізації інвестиційного проекту) значення показників</i>			
Початкові інвестиції	\$	$I_0 = I^c + n_0(1 + \beta)c$	(0.1)
Початкова кількість ВЕУ на ВЕС	шт	$N_0 = n_0$	(0.2)
Початкова потужність ВЕС	кВт	$P_0 = p \cdot n_0$	(0.3)
Початкова вартість основних фондів ВЕС	\$	$K_0 = I_0$	(0.4)
Початкова балансова вартість основних фондів ВЕС	\$	$K_0^b = K_0$	(0.5)
Початковий фонд розвитку виробництва	\$	$S_0 = 0$	(0.6)
Початковий фонд споживання	\$	$F_0 = 0$	(0.7)
Початковий дисконтований фонд споживання	\$	$F_0^d = 0$	(0.8)
<i>Рівняння моделі (для показників t-го року, $t = 1, \dots, T'$)</i>			
Кількість ВЕУ, введених на початку t -го року за рахунок реінвестування прибутку, отриманого у попередньому році	шт	$\Delta N_t = \left[\frac{S_{t-1}}{c(1 + \beta)} \right]$, де $[x]$ — ціла частина числа x	(1.1)

Показник	Одиниця виміру	Рівняння	Номер формули
Встановлена кількість ВЕУ на початку t -го року	шт	$N_t = N_{t-1} + \Delta N_t$	(1.2)
Приріст вартості основних фондів ВЕС на початку t -го року	\$	$\Delta K_t = c(1 + \beta) \cdot \Delta N_t$	(1.3)
Вартість основних фондів на початку t -го року	\$	$K_t = K_{t-1} + \Delta K_t$	(1.4)
Потужність ВЕС на початку t -го року	кВт	$P_t = pN_t$	(1.5)
Річний виробіток електроенергії ВЕС за t -й рік	кВт-год	$E_t = 8760k^h k' (1 - k') P_t$	(1.6)
Вартість електроенергії, проданої за t -й рік	\$	$V_t = \frac{\tau}{100} E_t$	(1.7)
Вартість експлуатаційних витрат за t -й рік	\$	$O_t = \omega P_t$	(1.8)
Сума амортизаційних відрахувань за t -й рік	\$	$D_t = K_{t-1}^b \sum_{i=1}^m \alpha_i \gamma_i$	(1.9)
Балансова вартість основних фондів на кінець t -го року	\$	$K_t^b = K_{t-1}^b + \Delta K_t - D_t$	(1.10)
Прибуток ВЕС до оподаткування за t -й рік	\$	$Z_t^b = V_t - O_t$	(1.11)
Сума податку на прибуток за t -й рік	\$	$G_t = \begin{cases} g(Z_t^b - D_t), & \text{якщо } Z_t^b > D_t, \\ 0, & \text{якщо } Z_t^b \leq D_t, \end{cases}$	(1.12)
Прибуток ВЕС після оподаткування за t -й рік	\$	$Z_t^a = Z_t^b - G_t$	(1.13)
Норма реінвестування прибутку в t -му році	—	$v_t = \begin{cases} v, & \text{якщо } t \leq T^{\text{inv}} \\ 0, & \text{якщо } t > T^{\text{inv}} \end{cases}$	(1.14)
Фонд розвитку виробництва на кінець t -го року	\$	$S_t = \begin{cases} S_{t-1} - \Delta K_t + v_t Z_t^a, & \text{якщо } t \leq T^{\text{inv}} \\ 0, & \text{якщо } t > T^{\text{inv}} \end{cases}$	(1.15)
Дисконтований фонд споживання на кінець t -го року	\$	$F_t^d = \begin{cases} F_{t-1}^d + \frac{(1-v_t)Z_t^a}{(1+\delta)^t}, & \text{якщо } t \neq T^{\text{inv}} \\ F_{t-1}^d + \frac{(1-v_t)Z_t^a}{(1+\delta)^t} + \frac{S_{t-1}}{(1+\delta)^{t-1}}, & \text{якщо } t = T^{\text{inv}} \end{cases}$	(1.16)
Чиста приведена вартість проекту	\$	$NPV = F_T^d - I_0$	(1.17)

Таблиця 3

Параметри інвестиційного процесу для ВЕС

Показник	Одиниця виміру	Позначення
Ставка податку на прибуток	%	25
Норма дисконтування грошових потоків	%	10
Термін реалізації проекту	років	30
Норматив додаткової вартості ВЕС	%	30
Норматив річних експлуатаційних витрат	\$/кВт	5
Потужність однієї ВЕУ	кВт	1000

Показник	Одиниця виміру	Позначення
КВНП ВЕУ (без урахування втрат електроенергії)	—	0.35
Коефіцієнт втрат електроенергії на ВЕС	—	0.10
Коефіцієнт готовності ВЕС	—	0.98
Початкова кількість ВЕУ на ВЕС	шт	10
Ціна однієї ВЕУ	\$тис	770
Тариф на електроенергію ВЕС (без ПДВ)	ц/кВт-год	6.45
Постійна частина інвестицій	\$млн	1
Кількість груп основних фондів	—	3
Частка основних фондів i -ї групи	%	28/2/70
Норматив амортизації основних фондів i -ї групи	%	5/25/15

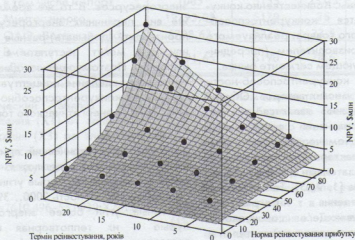


Рис. 1. Залежність чистої приведеної вартості (NPV) проекту від норми і терміну реінвестування прибутку

Висновки

1. Розроблено економіко-математичну модель, яка відображає взаємозв'язки між показниками інвестиційного процесу будівництва і експлуатації ВЕС.
2. Розроблена модель дозволяє виконувати аналітичні, прогнозні і оптимізаційні розрахунки на передпроектній стадії інвестиційного проектування ВЕС.
3. Як показали виконані за моделлю розрахунки, застосування інструменту реінвестування прибутку ВЕС за певних умов дозволяє суттєво збільшити прибутковість відповідного інвестиційного проекту. Така можливість є ексклюзивною для ВЕС (відносно галузей традиційної електро-

енергетики) і реалізується внаслідок модульного характеру вітроенергетичних потужностей.

Література

1. С.О.Кудря, Б.Г.Тучинський. "Бізнеспридатність" вітроенергетики України // Доклади II Международной конференции "Нетрадиционная энергетика XXI века". — Ар Крым. — 2001. — С. 89-91.
2. П.Л.Виленкин, В.Н.Лившиц, С.А.Смоляк. Оценка эффективности инвестиционных проектов. Теория и практика. — М.: Дело, 2002. — 888 с.
3. И.Н.Ляшенко. Макромодели экономического роста. — К.: Вища школа, 1979. — С.41-44.