УДК 620-338:519.6

МОДЕЛЬ ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

О. І. Строкаченко.
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

© *Строкаченко О. І. , 2013.*

Стаття отримана редакцією 14.03.2013 р.

Вступ. Перед здійсненням інвестицій у сфері відновлюваної енергетики для обґрунтування необхідності вкладання коштів необхідне здійснення оцінювання ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. В Україні ще майже не сформована методика оцінювання ефективності впровадження та використання відновлюваних джерел енергії. Але деякі кроки вже зроблено. Розробленням програм, методик, прогнозів найактивніше в Україні займається Інститут відновлюваної енергетики та Міжгалузевий науково-технічний центр вітроенергетики НАН України. Але ці документи стосуються тільки вітроенергетики. Стосовно інших відновлюваних джерел енергії немає жодного нормативного чи методологічного документа.

Постановка завдання. Завдання полягає у створенні універсальної моделі оцінювання ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії, яка може бути використана як у рамках державних проектів, так і приватними інвесторами.

Основний матеріал і результати. Побудована модель може бути використана для оцінювання ефективності впровадження таких відновлюваних джерел електричної енергії, як вітрова енергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика.

Така модель побудована з урахуванням методологічних документів та рекомендованих для оцінювання моделей[1].

Модель побудована в програмному пакеті MSOfficeExcel 2007.

У ній зроблено такі припущення та обмеження.

1. Мінімальним періодом розрахунку є 1 рік.

2. Максимальним періодом розрахунку є 30 років. Це обмеження пов’язано з тим, що на більший термін важко прогнозувати. До того ж значення «зеленого» тарифу на великі періоди не встановлюється і, як наслідок, немає можливості прогнозувати грошові надходження.

3. Здійснення інвестицій для встановлення додаткових потужностей можливе протягом усього терміну корисного використання електростанції.

4. Є можливість залучення кредитних коштів кожного року. У ситуації, коли балансовий прибуток у певний рік менший від кредиторської заборгованості, сума, якої не вистачило для сплати, переходить на наступний рік, причому на неї знов будуть нараховуватися відсотки.

5. Для всіх об’єктів кожного року є можливість установити міру їх готовності до експлуатації.

6. Щороку відбувається знецінення грошей, тому кожного року встановлюється ставка дисконтування.

7. Вважається, що перший рік інвестування – це нульовий період; якщо величини інвестицій указуються в поточних цінах, то це означає, що вони вказуються в цінах нульового

[1] В Україні подібні документи наявні тільки для вітрових електростанцій. Але формування грошових потоків аналогічне і для інших об’єктів з виробництва електричної енергії.

періоду.

8. Термін корисного використання всіх об'єктів на електростанції (ЕС) однаковий.

9. Є можливість реінвестування прибутку для встановлення додаткових потужностей; кожного року можна встановлювати різну норму дисконтування. Кожного року визначається мінімальна сума, якої буде достатньо для встановлення модуля обладнання. Якщо суми реінвестованого прибутку не достатньо для встановлення модуля, то вона зберігається у фонді реінвестованого прибутку й у наступному році буде доповнена наступним реінвестованим прибутком. Якщо в році *t* у фонді достатньо коштів для встановлення модуля, вся сума витрачається, навіть якщо ця сума більша від передбаченої мінімальної.

10. Якщо об'єкти не можуть виробляти електричну енергію на рівні номінальної потужності[2], встановлюється коефіцієнт використання номінальної потужності; в кожному році можна встановити різні коефіцієнти (збільшення коефіцієнта є наслідком технологічного прогресу).

11. Коефіцієнт втрат електричної енергії можна встановити єдиним на певний рік.

12. Вартість виробленої енергії повертається в той же рік, у якому її було вироблено.

13. «Зелений» тариф на електроенергію встановлюється НКРЕ.

14. Експлуатаційні витрати задаються як відсоток від здійснених інвестицій в об'єкти і кожного року здійснюється їх дисконтування.

Надамо перелік позначень параметрів у табл. 1–2.

Таблиця 1. Позначення коефіцієнтних параметрів моделі

Показник	Од. виміру	Позначення
Термін корисного використання об'єктів ЕС	років	T
Коефіцієнт використання номінальної потужності об'єктів – брутто	-	k^b
Коефіцієнт втрат електроенергії в *t*-му році	-	k_t^l
Коефіцієнт готовності об'єктів, що встановлюються за рахунок реінвестицій	-	k^r
«Зелений» тариф на електроенергію, що виробляється потужностями, встановленими в *i*-му році	грош. од. / к Вт	τ_{ti}
Ставка податку на прибуток у *t*-му році	%	g_t
Ставка дисконтування в *t*-му році	-	δ_t
Коефіцієнт експлуатаційних витрат у *t*-му році для потужностей, уведених в *i*-му році	-	y_{ti}
Норма реінвестування прибутку в *t*-му році	-	r_t

Таблиця 2. Позначення вартісних та кількісних параметрів моделі

Показник	Од. виміру	Позначення
1	2	3
Питомі інвестиції в *t*-му році (власні кошти)	млн.грош.од.	$I_i^p,\ \ t=i$
Питомі інвестиції в *t* -му році (кредитні кошти)	млн.грош.од.	$I_i^c,\ \ t=i$
Загальні питомі інвестиції	млн.грош.од.	$I_i^g,\ \ t=i$
Нараховані відсотки за кредит у *t*-му році (за встановлені потужності *i*-го року)	млн.грош.од.	$Credit_{ti}$
Сплачені відсотки за кредит у *t*-му році (за встановлені потужності *i*-го року)	млн.грош.од.	$Credit_{ti}^{'}$
Реінвестований прибуток у *t*-му році	млн.грош.од.	P_t^r

[2]Різні відновлювані джерела електричної енергії мають різні властивості

Продовж. табл. 2

1	2	3
Мінімальна сума для встановлення нового модуля обладнання в *t*-му році	млн.грош.од.	M_t
Фонд реінвестованого прибутку в *t*-му році	млн.грош.од.	F_t^r
Витрачено з фонду реінвестованого прибутку в *t*-му році	млн.грош.од.	W_t^r
Термін реалізації проекту	років	T^r, $T^r = \overline{1,\tau}$
Потужності, введені в *t*-му році за рахунок основних інвестицій	МВт у рік	$V_t^{new.b}$
Потужності, введені в *t*-му році за рахунок реінвестицій	МВт у рік	$V_t^{new.r}$
Потужності (загальні), введені в *t*-му році	МВт у рік	V_t^{new}
Потужності, працюючі в *t*-му році від об'єктів, введених в *i*-му році (встановлені за рахунок основних інвестицій)	МВт / год	V_{ti}^b
Потужності, працюючі в *t*-му році від об'єктів, введених в *i*-му році (встановлені за рахунок реінвестицій)	МВт / год	V_{ti}^r
Потужності, працюючі в *t*-му році від об'єктів, введених в *i*-му році (встановлені за рахунок основних інвестицій та реінвестицій)	МВт / год	V_{ti}
Обсяг виробленої електроенергії в *t*-му році потужностями, введеними в *i*-му році (встановленими за рахунок основних інвестицій)	МВт / год	E_{ti}^b, $i = \overline{1,T^r},\ t \ge i$
Обсяг виробленої електроенергії в *t*-му році потужностями, введеними в *i*-му році (встановленими за рахунок реінвестицій)	МВт / год	E_{ti}^r, $i = \overline{1,T^r},\ t \ge i$
Поточні витрати в *t*-му році від об'єктів, встановлених в *i*-му році за рахунок основних інвестицій	млн.грош.од.	C_{ti}^b
Поточні витрати в *t*-му році від об'єктів, встановлених в *i*-му році за рахунок реінвестицій	млн.грош.од.	C_{ti}^r
Амортизація в *t*-му році потужностей, еведених в *i*-му за рахунок основних інвестицій	млн.грош.од.	$A_{ti}^b,\ i = \overline{1,T^r},\ t \ge$
Амортизація в *t*-му році потужностей, еведених в *i*-му за рахунок реінвестиціq	млн.грош.од.	$A_{ti}^r,\ i = \overline{1,T^r}, t \ge$
Вартість реалізації електроенергії в *t*-му році, виробленої об'єктами, встановленими в *i*-му році за рахунок основних інвестицій	млн.грош.од.	D_{ti}^b
Вартість реалізації електроенергії в *t*-му році, виробленої об'єктами, встановленими в *i*-му році за рахунок основних інвестицій	млн.грош.од.	D_{ti}^r
Балансовий прибуток від основних інвестицій у *t*-му році	млн.грош. од.	BI_t^b
Балансовий прибуток від реінвестицій у *t*-му році	млн.грош. од.	BI_t^r
Загальний балансовий прибуток у *t*-му році	млн.грош. од.	$BI_t^g = BI_t^b + BI_t^r$
Податок на прибуток у *t*-му році від діяльності об'єктів, установлених в *i*-му році за основні інвестиції	млн.грош. од.	tax_{ti}^b

Продовж. табл. 2

1	2	3
Податок на прибуток у *t*-му році від діяльності об'єктів, встановлених в *i*-му році за рахунок реінвестицій	млн.грош. од.	tax_{ti}^{r}
Собівартість електроенергії, виробленої об'єктами, встановленими за рахунок основних інвестицій у *t*-му році	грош. од.	s_t^b
Собівартість електроенергії, виробленої об'єктами, встановленими за рахунок реінвестицій у *t*-му році	грош. од.	s_t^r
Чистий прибуток від основних інвестицій у *t*-му році	млн. грош.од.	NI_t^b
Чистий прибуток від реінвестицій у *t*-му році	млн. грош.од.	NI_t^r
Загальний чистий прибуток у *t*-му році	млн. грош.од.	NI_t^g

Усі показники розраховуються за допомогою матриць: елемент матриці (i,j) – значення показника в *t*-му році для об'єктів, установлених в *i*-му році.

Надходження інвестицій складаються з власних коштів та кредитних і їх можна відобразити у формі матриці

$$\begin{pmatrix} I_1^g & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_2^g & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & I_\tau^g \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1^p & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_2^p & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & I_\tau^p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} I_1^c & 0 & \dots & 0 \\ 0 & I_2^c & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & I_\tau^c \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Також можуть здійснюватися реінвестиції. Норму реінвестування прибутку можна встановлювати кожного року різною. Але потрібно враховувати, що не завжди реінвестованого прибутку вистачає на встановлення нового модуля обладнання, тому у випадку нестачі реінвестований прибуток зберігається у фонді реінвестованого прибутку. А коли суми буде достатню для встановлення нового обладнання, вся сума витрачається.

Отже, реінвестований прибуток у *t*-му році дорівнює $P_t^r = NI_t^b \cdot r_t, \quad t = \overline{1,\tau}$.

Фонд реінвестованого прибутку в *t*-му році складає $F_t^r = P_t^r + \begin{cases} F_t^r, \ якщо\, W_{t-1}^r = 0 \\ 0, \ якщо\ W_{t-1}^r > 0 \end{cases}, \ t = \overline{1,\tau}$.

Витрачено з фонду реінвестованого прибутку в *t*-му році $W_t^r = \begin{cases} 0, \ якщо\, F_t^r < M_t \\ F_t^r, \ якщо\, F_t^r \ge M_t \end{cases}, \ t = \overline{1,\tau}$.

На всі інвестовані та реінвестовані коштиможна ввести V_t^{new} кВт потужностей:

$$\begin{pmatrix} V_1^{new} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & V_2^{new} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_\tau^{new} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_1^{new.b} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & V_2^{new.b} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_\tau^{new.b} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_1^{new.r} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & V_2^{new.r} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_\tau^{new.r} \end{pmatrix} \quad (2)$$

Отже, матриця встановлених потужностей виглядає так:

$$\begin{pmatrix} V_{11} & V_{21} & \dots & V_{\tau 1} \\ 0 & V_{22} & \dots & V_{\tau 2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_{\tau\tau} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} V_{11}^b & V_{21}^b & \dots & V_{\tau 1}^b \\ 0 & V_{22}^b & \dots & V_{\tau 2}^b \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_{\tau\tau}^b \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_{11}^r & V_{21}^r & \dots & V_{\tau 1}^r \\ 0 & V_{22} & \dots & V_{\tau 2}^r \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_{\tau\tau}^r \end{pmatrix} \quad (3)$$

Установлені потужності в *t*-му році дорівнюють $V_t = \sum_i V_{ti},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$, а встановлені потужності від об'єктів, установлених в *i*-му році за всі роки проекту складають $V_i = \sum_t V_{ti},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$.

Усі розглянуті показники розглядаються для потужностей, уведених за рахунок основних інвестицій (власні та кредитні кошти) і для потужностей, уведених за рахунок реінвестицій. Це зроблено для можливості оптимізації за критеріями, що враховують окремо виробіток / вартість реалізації електричної енергії за рахунок потужностей, уведених за реінвестований прибуток.

У зв'язку з тим, що всі розрахунки для об'єктів, установлених за основні кошти і для об'єктів, установлених за рахунок реінвестицій, виконуються однаковим способом, будемо надавати формули в загальному вигляді – без зазначення верхнього індексу («*b*» чи «*r*»).

Потрібно враховувати, що не завжди встановлені потужності працюють на 100%. На роботу об'єктів можуть впливати такі фактори: коефіцієнт використання номінальної потужності, готовність об'єктів, коефіцієнт втрат електричної енергії. Тому формула для розрахунку обсягу виробленої електроенергії в *t*-му році від об'єктів, установлених в *i*-му році, така: $E_{ti} = V_{ti} \cdot k_{ti}^r \cdot k_i^b \cdot (1 - \cdot k_t^l) \cdot 24 \cdot 365,\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$. Матриця обсягів виробленої електроенергії виглядає так:

$$\begin{pmatrix} E_{11} & E_{21} & \dots & E_{\tau 1} \\ 0 & E_{22} & \dots & E_{\tau 2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & E_{\tau\tau} \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} V_{11} \cdot k_{11}^r \cdot k_1^b \cdot (1 - k_1^l) \cdot 24 \cdot 365 & V_{21} \cdot k_{21}^r \cdot k_1^b \cdot (1 - k_2^l) \cdot 8760 & \dots & V_{\tau 1} \cdot k_{\tau 1}^r \cdot k_1^b \cdot (1 - k_\tau^l) \cdot 8760 \\ 0 & V_{22} \cdot k_{22}^r \cdot k_2^b \cdot (1 - k_2^l) \cdot 8760 & \dots & V_{\tau 2} \cdot k_{\tau 2}^r \cdot k_2^b \cdot (1 - k_\tau^l) \cdot 8760 \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & V_{\tau\tau} \cdot k_{\tau\tau}^r \cdot k_\tau^b \cdot (1 - k_\tau^l) \cdot 8760 \end{pmatrix} \quad (4)$$

де 24 – кількість робочих годин на добу;

365 – кількість днів у році.

Для об'єктів*i*-го року встановлення коефіцієнт використання номінальної потужності протягом усіх років однаковий. Коефіцієнт втрат установлюється на весь рік єдиним для всіх об'єктів.

Загальна формула для розрахунку обсягу виробленої електроенергії в *t*-му році $E_t = \sum_i V_{ti} \cdot k_{ti}^r \cdot \cdot k_i^b \cdot (1 - k_t^l) \cdot 8760,\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$, а обсяг виробленої електроенергії від об'єктів, установлених в *i*-му році, за *t* років проекту складає $E_i = \sum_t V_{ti} \cdot k_{ti}^r \cdot \cdot k_i^b \cdot (1 - k_t^l) \cdot 8760,\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$.

Прибуток від реалізації складає $D_{ti} = E_{ti} \cdot \tau_{ti},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$. Матриця прибутку від реалізації виглядає так:

$$\begin{pmatrix} D_{11} & D_{21} & \dots & D_{\tau 1} \\ 0 & D_{22} & \dots & D_{\tau 2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & D_{\tau\tau} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} E_{11} \cdot \tau_{11} & E_{21} \cdot \tau_{21} & \dots & E_{\tau 1} \cdot \tau_{\tau 1} \\ 0 & E_{22} \cdot \tau_{22} & \dots & E_{\tau 2} \cdot \tau_{\tau 2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & E_{\tau\tau} \cdot \tau_{\tau\tau} \end{pmatrix} \quad (5)$$

Прибуток від реалізації в *t*-му році складає $D_t = \sum_i E_{ti} \cdot \tau_{ti},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$, а прибуток від реалізації від об'єктів, установлених в *i*-му році, за *t* років проекту складає $D_i = \sum_t E_{ti} \cdot \tau_{ti},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$.

Експлуатаційні витрати розраховуються як $C_{ti} = I_i \cdot y_i \cdot k_{ti}^r,\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$. Матриця експлуатаційних витрат виглядає так:

$$\begin{pmatrix} C_{11} & C_{21} & \dots & C_{\tau 1} \\ 0 & C_{22} & \dots & C_{\tau 2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & C_{\tau\tau} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_1 \cdot y_1 \cdot k_{11}^r & I_1 \cdot y_1 \cdot k_{21}^r & \dots & I_1 \cdot y_{11} \cdot k_{\tau 1}^r \\ 0 & I_2 \cdot y_2 \cdot k_{22}^r & \dots & I_2 \cdot y_2 \cdot k_{\tau 2}^r \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & I_\tau \cdot y_\tau \cdot k_{\tau 1}^r \end{pmatrix} \quad (6)$$

Експлуатаційні витрати в *t*-му році складають $C_t = \sum_i I_i \cdot y_i \cdot k_{ti}^r,\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$, а експлуатаційні витрати від об'єктів, установлених в *i*-му році, за *t* років проекту складають $C_i = \sum_t I_i \cdot y_i \cdot k_{ti}^r,\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$.

Модель дозволяє здійснювати розрахунки з використанням двох методів амортизації: прямолінійного та методу прискореного зменшення залишкової вартості. Щорічні грошові амортизаційні відрахування в *t*-му році для об'єктів, установлених в *i*-му році, при використанні цих методів відображені в табл. 3.

Таблиця 3. Порівняння амортизаційних відрахувань при використанні різних методів амортизації

Показник	Прямолінійний метод	Метод прискореного зменшення залишкової вартості
Амортизаційні відрахування	$A_{ti} = P_i \cdot N_a$	$\begin{cases} A_{ti} = P_i \cdot N_a, & якщо\ t = i \\ A_{ti} = R_{ti} \cdot N_a, & якщо\ t > i \end{cases}$
Норма амортизації	$N_a = 1/T$	$N_a = 2/T$

де A_{ti} – амортизація в *t*-му році об'єктів, установлених в *i*-му році;

P_i – первинна вартість усіх об'єктів, установлених в *i*-му році,

R_{ti} – залишкова вартість у *t*-му році всіх об'єктів, уведених в *i*-му році, $R_{ti} = P_i - A_{ti}^{cum}$.

Отже, матриця амортизаційних відрахувань виглядає так:

$$\begin{pmatrix} A_{11} & A_{21} & A_{31} & \dots & A_{\tau 1} \\ 0 & A_{22} & A_{23} & \dots & A_{\tau 2} \\ 0 & 0 & A_{33} & \dots & A_{\tau 3} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{\tau i} \end{pmatrix}$$

Правила розрахунку узагальнюючих показників, що відображають амортизацію об'єктів, відображено в табл. 4.

Таблиця 4. Правила розрахунку амортизаційних показників

Показник	Од.виміру	Рівняння
Амортизація в *t*-му році за *t* років об'єктів, уведених в *i*-му році за рахунок основних інвестицій	млн.грош.од.	$A_{ti}^{b.cum} = \sum_t A_{ti}^b,\ i = \overline{1,T^r},\ t \ge i,\ t \le T$
Амортизація в *t*-му році за *t* років об'єктів, уведених в *i*-му році за рахунок реінвестицій	млн.грош.од.	$A_{ti}^{r.cum} = \sum_t A_{ti}^c,\ i = \overline{1,T^r},\ t \ge i\ \ t \le T$
Амортизація в *t*-му році всіх об'єктів, уведених за рахунок основних інвестицій	млн.грош.од.	$A_t^b = \sum_i A_{ti}^b,\ \ i = \overline{1,T^r},\ t \ge i$
Амортизація в *t*-му році всіх об'єктів, уведених за рахунок реінвестицій	млн.грош.од.	$A_t^r = \sum_i A_{ti}^r,\ \ i = \overline{1,T^r},\ t \ge i$

Балансовий прибуток розраховується як $BI_{ti} = D_{ti} - C_{ti} - Credit_{ti}^{'},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ \ i \le t$. Матриця виглядає так:

$$\begin{pmatrix} BI_{11} & BI_{21} & \dots & BI_{\tau 1} \\ 0 & BI_{22} & \dots & BI_{\tau 2} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & BI_{\tau\tau} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_{11} - C_{11} - Credit_{11}^{'} & D_{21} - C_{21} - Credit_{21}^{'} & \dots & D_{\tau 1} - C_{\tau 1} - Credit_{\tau 1}^{'} \\ 0 & D_{22} - C_{22} - Credit_{22}^{'} & \dots & D_{\tau 2} - C_{\tau 2} - Credit_{\tau 2}^{'} \\ 0 & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & D_{\tau\tau} - C_{\tau\tau} - Credit_{\tau\tau}^{'} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Балансовий прибуток у *t*-му році складає $BI_t = \sum_i (D_{ti} - C_{ti} - Credit_{ti}^{'}),\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$, а балансовий прибуток від об'єктів, установлених в *i*-му році, за *t* років проекту складає $BI_i = \sum_t (D_{ti} - C_{ti} - Credit_{ti}^{t}),\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau}\ \ i \le t$.

Нагадаємо, що в моделі припускається, що при нестачі балансового прибутку для сплати відсотків за кредит сума, якої не вистачило, переноситься на наступний період, причому на цю суму знов будуть нараховуватися відсотки.

Отже, сума, котру необхідно сплатити за кредит для встановлення об'єкті*i*-го року, в *t*-му році складає $Credit_{ti} = percent_{ti} + credit\ body_{ti} + debt_{t-1,i},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t$.

При цьому сплачено буде

$$Credit_{ti}^{'} = \begin{cases} Credit_{ti},\ ÿêùî & BI_{ti} \ge Credit_{ti} \\ BI_{ti},\ ÿêùî & BI_{ti} < Credit_{ti} \end{cases},\ t = \overline{1,\tau},\ i = \overline{1,\tau},\ i \le t.$$

Сума, яку залишилисьвинні, складає

$$debt_{ti} = \begin{cases} Credit_{ti} - Credit'_{ti}, \ якщо\, Credit_{ti} < Credit'_{ti} \\ 0, \ якщо\, Credit_{ti} \geq Credit'_{ti} \end{cases}, t = \overline{1,\tau}, \ i = \overline{1,\tau}, \ i \leq t .$$

Податок на прибуток підприємства в *t*-му році від роботи об'єктів, установлених в *i*-му році, складає

$$tax_{ti} = \begin{cases} (BI_{ti} - A_{ti}) \cdot g_t, \ якщо\, (BI_{ti} - A_{ti}) > 0 \\ 0, \ якщо\, (BI_{ti} - A_{ti}) \leq 0 \end{cases}, \ t = \overline{1,\tau}, \ i = \overline{1,\tau}, \ i \leq t .$$

Розглянемо формування чистого грошового потоку. Матриця виглядає так:

$$NCF = \begin{pmatrix} -I_1^g - C_{11} + D_{11} + A_{11} - tax_{11} & -C_{21} + D_{21} + A_{21} - tax_{21} & \dots & -C_t + D_{t1} + A_{t1} - tax_{\tau 1} \\ 0 & -I_2^g - C_{22} + D_{22} + A_{22} - tax_{22} & \dots & -C_{t2} + D_{t2} + A_{t2} - tax_{\tau 2} \\ 0 & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & -I_\tau^g - C_{\tau i} + D_{\tau i} + A_{\tau i} - tax_{\tau i} \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

У вигляді формули чистий грошовий потік має такий вигляд:

$$NCF_{ti} = \begin{cases} -I_t - C_{ti} + D_{ti} + A_{ti} - tax_{ti}, \ якщо\, t = i \\ -C_{ti} + D_{ti} + A_{ti} - tax_{ti}, \quad якщо\, t > i \end{cases}.$$

Чиста приведена вартість вкладень *i*-го року визначається на основі подальшої роботи з матрицями. Як результат отримуємо:

$$NPV = \begin{cases} \sum_{t=1}^{T^r} \frac{NCF_1}{(1+\delta_t)^t} \\ \sum_{t=2}^{T^r} \frac{NCF_2}{(1+\delta_t)^t} \\ \dots \\ \sum_{t=i}^{T^r} \frac{NCF_i}{(1+\delta_t)^t} \end{cases} \quad (7)$$

На основі *NPV*визначаються терміни окупності вкладень *i*-го року і внутрішній рівень дохідності.

Собівартість виробленої електроенергії в *t*-му році дорівнює

$$s_t = \frac{C_t + A_t + Credit'_t}{E_t}.$$

Тоді середня собівартість електроенергії за всі роки проекту складає.

$$\overline{s_t} = \frac{\sum_t s_t}{\tau}.$$

Чистий прибуток дорівнює

$$NI_t = BI_t - s_t \cdot E_t - tax_t .$$

Система рівнянь цієї моделі не дозволяє отримати розв'язок в аналітичному вигляді, але система допускає пряму послідовність виконання розрахунків.

Висновки. На рис. 1 відображена динаміка собівартості електричної енергії, виробленої у сфері вітрової, сонячної енергетики, малої гідроенергетики, біоенергетики.

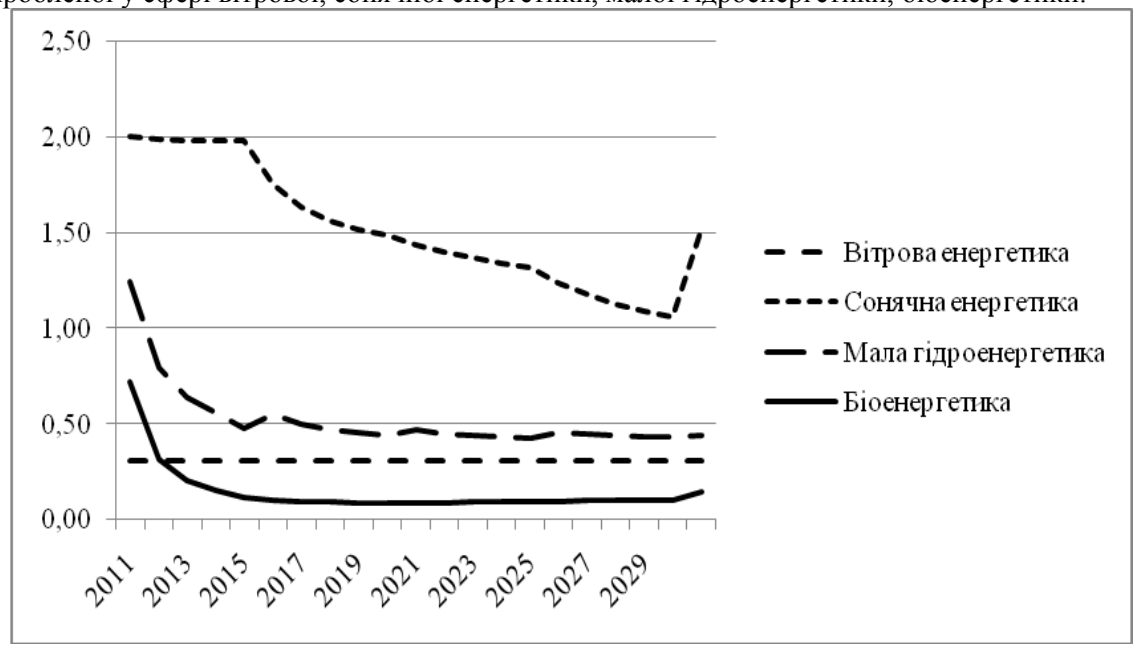

Рис. 1. Порівняння собівартості електричної енергії з різних відновлюваних джерел електричної енергії

Джерело: розроблено автором на основі моделі за даними джерела [1]

У табл. 2 відображено результати порівняння середньозваженого арифметичного значення собівартості електричної енергії з різних джерел із середньозваженим арифметичним значення «зеленого» тарифу.

Таблиця 3. Порівняння середньозважених арифметичних значень собівартості від різних відновлюваних джерел електричної енергії та «зеленого» тарифу

Джерело енергії	Середнє значення «зеленого» тарифу	Середнє значення собівартості	У скільки разів середнє значення «зеленого» тарифу перевищує середнє значення собівартості
Біоенергетика	1,07	0,10	11,16
Вітрова енергетика	1,10	0,30	3,58
Сонячна енергетика	3,57	1,29	2,77
Мала гідроенергетика	0,81	0,44	2,52

Джерело: розроблено автором на основі моделі за даними джерел [1,2]

ЛІТЕРАТУРА:

1. Державна цільоваекономічна програма «Розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива в Україні на період до 2030 року» [Текст]. – Київ, 2010.
2. Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу [закон України]. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:http://**zakon.rada.gov.ua**/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=601-17.

УДК 620-338:519.6

Строкаченко Оксана Ігорівна, аспірантка, Київський національний університет імені Тараса Шевченка. **Модель оцінювання економічної ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії.** Побудовано модель оцінювання ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії. На основі моделі здійснено розрахунок собівартості електричної енергії з таких джерел електричної енергії: вітрова енергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика.

Ключові слова: відновлювані джерела електричної енергії, економіко-математична модель, ефективність.

УДК 620-338:519.6

Строкаченко Оксана Игоревна, аспирантка, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко. **Модель оценки экономической эффективности внедрения возобновляемых источников электрической энергии.** Построена модель оценки эффективности внедрения возобновляемых источников электрической энергии. На основе модели осуществлен расчёт себестоимости электрической энергии со следующих возобновляемых источников: ветровая энергетика, солнечная энергетика, малая гидроэнергетика, биоэнергетика.

Ключевые слова: возобновляемые источники электрической энергии, экономико-математическая модель, эффективность.

USD 620-338:519.6

Strokachenko Oksana Ihorivna, PhD-student, Taras Shevchenko Kyiv National University. **Model toestimate economic efficiencyof renewable electric energy sourcesintroduction.**The study define created modelto estimate economic efficiency of alternative energy sources usage.The study considers such renewable energy fieldsas wind power, solar power, small hydroenergetics, bioenergetics. Cost priceare estimated according to the created model.

Keywords: renewable electric energy sources,economical-mathematical model, efficiency.