

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

У статті розглянуто такі сфери відновлюваної енергетики, як вітрова та сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика. Здійснено оцінювання ефективності впровадження обраних відновлюваних джерел електричної енергії на основі створеної моделі шляхом розрахунку собівартості електричної енергії та балансового прибутку при заданих планових інвестиціях.

Ключові слова: відновлювані джерела електричної енергії, вітрова енергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика.

I. Вступ

У реаліях сьогодення при зростанні глобальних енергетичних проблем усе більш актуальними стають питання переходу до альтернативних джерел енергозабезпечення. Орієнтація на нафту і газ може призвести Україну до серйозної енергетичної залежності від найбільших світових постачальників енергетичної сировини і вже сьогодні ставить під загрозу економічну безпеку держави.

Зрозуміло, що альтернативні джерела енергії не вирішать найближчими роками всі енергетичні проблеми, але за рахунок урізноманітнення джерел енергопостачання можна зміцнити енергетичну незалежність країни.

Згідно із Законом України "Про альтернативні джерела енергії" альтернативні джерела енергії поділяються на дві групи:

1) відновлювані джерела енергії, до яких належать енергія сонячна, вітрова, геотермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів;

2) вторинні енергетичні ресурси, до яких належать доменний та коксівний газ, газ метан дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів [10].

Ми зупинимось на аналізі ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії, в тому числі: вітрової та сонячної енергетики, малої гідроенергетики, біоенергетики.

Ще одним поширеним відновлюваним джерелом електричної енергії є геотермальна енергетика, але її не будемо брати до уваги в цій статті, бо при оцінюванні ефективності впровадження геотермальної елек-

трянції виникають певні особливості, які не передбачені створеною моделлю оцінювання.

II. Постановка завдання

Метою статті є розрахунок собівартості виробництва електроенергії з відновлюваних джерел електричної енергії (вітрова та сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика) на основі створеної розрахункової моделі.

Модель оцінювання ефективності впровадження відновлюваних джерел електричної енергії призначена для використання перед здійсненням інвестицій для обґрунтування необхідності вкладення коштів. Модель може бути використано як у рамках державних проектів, так і приватними інвесторами.

III. Результати

Для системності сприйняття матеріалу надамо деякі відомості про вироблення електричної енергії з обраних джерел енергії.

Вітер – переміщення повітряних мас з області високого тиску в область низького в горизонтальному напрямі. Вітрова енергія – це відновлюваний вид енергії, бо є однією з форм прояву сонячної енергії, а Сонце є першоджерелом, яке впливає на погодні явища на нашій планеті [12].

Вітер має кінетичну енергію, вітрогенератори здатні перетворити кінетичну енергію вітру в механічну роботу, а далі генератор перетворює механічну роботу в електричну енергію.

Сонячна енергія надходить на Землю у вигляді електромагнітних хвиль. До поверхні Землі доходить усього частина від первинного значення, тому що решта розсіюється.

У сонячних "альтернативах" виділяють два напрями: сонячні колектори – для нагріву води для гарячого водопостачання, сонячні батареї – для вироблення електроенергії.

Енергія сонця – один із найцікавіших, але й найпроблематичних видів “зеленої” енергетики.

Популярність сонячної енергетики зумовлена багатьма причинами. По-перше, вона доступна в кожному кутку нашої планети, розрізняючись за щільністю потоку випромінювання не більше ніж удвічі. По-друге, сонячна енергія – це екологічно чисте джерело.

Мала гідроелектростанція (ГЕС) – електрична станція, що виробляє електричну енергію за рахунок використання гідроенергії, встановлена потужність якої не перевищує 10 МВт [11].

За оцінкою Міжнародної енергетичної агенції, 5% світового потенціалу гідроенергетики реалізуються через малі ГЕС. Технічний потенціал малої гідроенергетики оцінюється на рівні 150–200 ГВт [5].

Незаперечною перевагою гідроелектростанцій є їхня стійка, стабільна робота в мережі, на яку не впливають час доби й сезонні зміни. Але слід зазначити, що малу залежність від сезонних змін вдається забезпечити не для всіх гідроелектростанцій. Найбільше зазнають впливу сезонних змін міні-ГЕС крайнього півдня та північних регіонів.

Біоенергетика – галузь електроенергетики, заснована на використанні біопалива, яке створюється на основі використання біомаси [3; 12].

До біомаси належить уся рослинна та вироблена тваринами субстанція. При використанні біомаси в енергетичних цілях (для виробництва тепла, електроенергії і палива) розрізняють енергетичні рослинні й органічні відходи [3].

Виробництво твердого біопалива – хороший спосіб збільшити рентабельність сільськогосподарських виробництв, оскільки для нього використовуються відходи деревини та сільського господарства: бадилля, солома, лушпиння соняшнику [6].

Дослідження з визначення прогнозних показників собівартості вже здійснював Інститут відновлюваної енергетики згідно з державною цільовою економічною програмою “Розвиток сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива в Україні на період до 2030 року”, але отримані результати не збігаються з результатами, отриманими у цій роботі, через велику кількість спрощень, зроблених Інститутом відновлюваної енергетики [8].

В цій роботі було здійснено такі уточнення:

1. Планові інвестиції визначено в цінах 2010 р., тому при здійсненні розрахунків необхідно робити поправку на інфляцію. Але цього не було зроблено. Таким чином, наприклад, планові інвестиції 2030 р. у вітрову

енергетику (в цінах 2010 р.), що становить 30780 млн грн, при середньорічній інфляції в 10% у 2030 р. будуть становити 5033 млн грн, що в 6,12 раза менше від запланованого.

2. Якщо експлуатаційні витрати задаються як відсоток від здійснених інвестицій в об’єкти, то кожного року за рахунок інфляційних процесів відбувається знецінення цієї фіксованої суми. Тому необхідно здійснювати дисконтування поточних витрат, що передбачено у створеній моделі. Було зроблено припущення, що індекс інфляції щороку дорівнює 10%.

3. Коефіцієнт “зеленого” тарифу для електроенергії, виробленої об’єктами електроенергетики, введеними в експлуатацію (чи істотно модернізованими) після 2014, 2019 і 2024 р., зменшується, відповідно, на 10, 20, 30% від його базової величини. Тому в n -му році для продажу електричної енергії, виробленої обладнанням, встановленим у різні роки, застосовуються різні “зелені” тарифи.

Загальна формула, запропонована Інститутом відновлюваної енергетики, для розрахунку собівартості виробленої електроенергії, має такий вигляд:

$$s_t = \frac{S}{E} = \frac{I + T \times Y_t}{365 \times 24 \times P \times k \times T} = \frac{I + y \times I \times T}{365 \times 24 \times P \times k \times T} = \frac{I}{P} \times \frac{1 + y \times T}{8760 \times k \times T}, \quad (1)$$

де s_t – середня собівартість електроенергії, розрахована для t -го року впровадження інвестиційного проекту (причому всі T років реалізації проекту собівартість не буде мінятися у зв’язку з тим, що застосовується прямолінійний метод амортизації), причому $s_t = \bar{s}$;

S – повна сума витрат на реалізацію інвестиційного проекту;

E – загальний обсяг електроенергії, виробленої за весь термін експлуатації;

I – сумарні інвестиції в цей проект;

T – термін реалізації інвестиційного проекту;

Y_t – поточні витрати на експлуатацію електростанції в період t ;

P – номінальна (встановлена) потужність електростанції;

k – коефіцієнт використання встановленої потужності;

y – коефіцієнт, що визначає вартість поточних витрат (пропорційний вартості введених основних фондів), $0 \leq y \leq 1$.

Перший множник у формулі (1) характеризує питомі капітальні витрати, які з часом можуть змінюватись залежно від вартості обладнання та інших супутніх витрат. При зміні технологій також можлива зміна коефіцієнта встановленої потужності, однак

сьогодні інвестиційні проекти можуть розроблятися лише для існуючих технологій.

Недосконалість наведеної формули полягає в тому, що:

- розрахунок собівартості можна здійснити тільки за весь аналізований період;
- усе обладнання, введено протягом аналізованого періоду, повинно перенести вартість на амортизаційні відрахування, що суперечить бухгалтерському обліку та податковому законодавству.

Для можливості розрахування середньої собівартості виробленої електричної енергії для кожного року окремо необхідно використовувати таку формулу (при прямолінійному методі амортизації):

$$\bar{s} = \frac{S}{E} = \frac{A + \sum_{i=1}^t Y_i}{365 \times 24 \times k \times \sum_{i=1}^t P_i} = \frac{Na \times (t \times I_1 + (t-1) \times I_2 + \dots + I_t) + \sum_{i=1}^t \left(y \times \sum_{i=1}^t I_i \right)}{365 \times 24 \times k \times \sum_{i=1}^t P_i}, \quad (2)$$

де A – сумарна амортизація всіх об'єктів.

В цьому випадку середня собівартість електроенергії розраховується за умови реалізації інвестиційного проекту без залучення кредитних коштів.

Створена модель передбачає використання кредитних коштів, реінвестицій, але такі розширення моделі не були використані для розрахунків, тому що є специфічними для інвесторів.

При розрахунку собівартості виробленої електричної енергії в цій роботі було зроблено такі припущення:

1. Здійснення інвестицій для встановлення додаткових потужностей можливе протягом 30 років.
2. Сума планових інвестицій визначена Інститутом відновлюваної енергетики та затверджена в документі "Обґрунтування прогностичних показників собівартості виробництва

електроенергії за рахунок використання відновлюваних джерел енергії".

3. Інвестиції здійснюються за рахунок власних коштів, без залучення позикового капіталу.

4. Реінвестування прибутку не здійснюється.

5. Ураховується коефіцієнт використання встановленої потужності.

6. Вартість щорічних поточних витрат пропорційна вартості введених основних фондів і становить приблизно 1,5–3,0%. Ураховується дисконтування щорічних експлуатаційних витрат.

7. Термін корисного використання всіх об'єктів на електростанції однаковий.

8. Вартість виробленої енергії повертається в той самий рік, у якому її було вироблено.

9. "Зелений" тариф на електроенергію встановлюється НКРЕ. Потужностям, уведеним у різні роки, відповідає різний "зелений" тариф – тариф того року, в якому було введено потужності.

"Зелений" тариф – спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії (крім доменного та коксівного газів, а з використанням гідроенергії – вироблена лише малими ГЕС) [11].

Розмір "зеленого" тарифу розраховується шляхом множення роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги на січень 2009 р. (0,05385 євро/кВт) на спеціальний коефіцієнт "зеленого" тарифу, а для об'єктів, що виробляють електричну енергію з енергії сонячного випромінювання, і малих гідроелектростанцій, – додатково шляхом множення на тарифний коефіцієнт, що застосовується для пікового періоду часу –1,8. "Зелений" тариф встановлено до 1 січня 2030 р. (табл.1).

Значення основних параметрів для розрахунку собівартості виробленої електричної енергії відображено в табл. 2.

Таблиця 1

Значення "зелених" тарифів

Електроенергія, вироблена з використанням		Коефіцієнт "зеленого" тарифу	Тариф, євро/кВт
енергії вітру об'єктами, величина встановленої потужності яких	не перевищує 600 КВт	1,2	0,0646
	більше ніж 600 КВт, але не перевищує 2000 КВт	1,4	0,0754
	перевищує 2000 КВт	2,1	0,1131
енергії сонячного випромінювання об'єктами електро-енергетики	наземними	4,8	0,4653
	на даху, потужністю не більше ніж 100 КВт	4,6	0,4459
	на даху, величина встановленої потужності яких не перевищує 100 КВт, а також для об'єктів на фасадах незалежно від їх граничної потужності	4,4	0,4265
енергії біомаси		2,4	0,1239
малих гідроелектростанцій		0,8	0,0775

**Основні параметри для розрахунку собівартості
виробленої електричної енергії**

Показник	Вітрова енергетика	Сонячна енергетика	Мала гідроенергетика	Біоенергетика
Щорічні експлуатаційні витрати, %	2,0	1,5	Для кожного об'єкта різні. Припускаємо, що дорівнюють 2,0	2,0
Середня величина коефіцієнта використання номінальної потужності	0,3	1,0	1,0	1,0
Строк служби обладнання, років	25	25	Гідроустановка може служити більше ніж 100 років, але припускаємо, що строк служби – 30 років	30
Середня вартість 1 кВт встановленої потужності, тис. грн	13,5	Вартість установки при збільшенні потужності на кожний кВт збільшується нерівномірно	–	При встановленні додаткових потужностей зменшується

Звернемо увагу, що в собівартість електричної енергії, виробленої малими ГЕС, додатково входять такі складові: 0,035 грн/кВт.год – плата за воду, 0,09 грн/кВт.год – плата за передачу електроенергії по місцевих мережах.

При формуванні собівартості електричної енергії, виробленої обладнанням з використанням біомаси, паливну складову не враховано.

На рис. 1 відображено графіки планових інвестицій у відновлювані джерела електричної енергії (в млн грн).

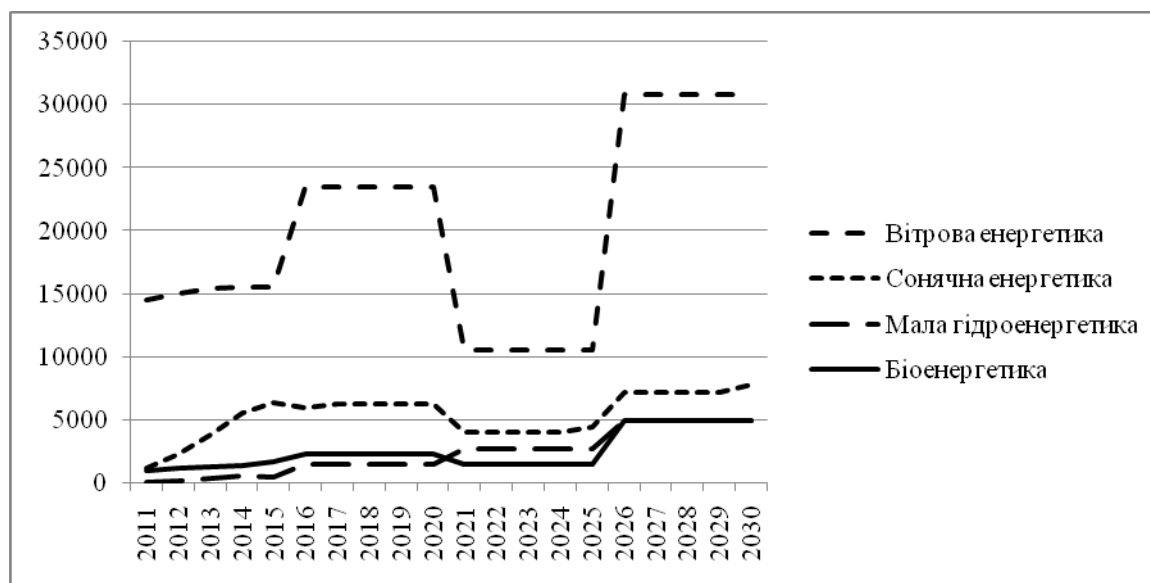


Рис. 1. Планові інвестиції у відновлювані джерела електричної енергії

Найбільші вкладення планується здійснити у вітрову енергетику, друге місце посідає сонячна енергетика, а третє ділять між собою мала гідроенергетика та біоенергетика.

Що стосується собівартості електричної енергії, то тут спостерігається протилежна тенденція (рис. 2).

Собівартість електричної енергії, виробленої вітром, усі роки залишається на незмінному рівні. Це пов'язано з тим, що обсяг встановлених потужностей пропорційний інвестиціям, що не характерно для інших джерел. Період окупності ВЕС, побудованих у 2011–2030 рр., становить 5–7 років.

Середній термін окупності об'єктів сонячної електроенергетики зменшуватиметься з 9 років у період з 2011 до 2015 р. до 5–7 років у період з 2016 до 2025 р. та до 3–4 років у період з 2021 до 2030 р. Зменшення терміну окупності об'єктів сонячної електроенергетики пов'язане з прогнозованим зниженням питомих капіталовкладень. Середня собівартість енергії при цьому становитиме при прямолінійному методі амортизації 1,52 грн/кВт.год, а при методі амортизації зі зменшенням залишкової вартості – 2,14 грн/кВт.год.

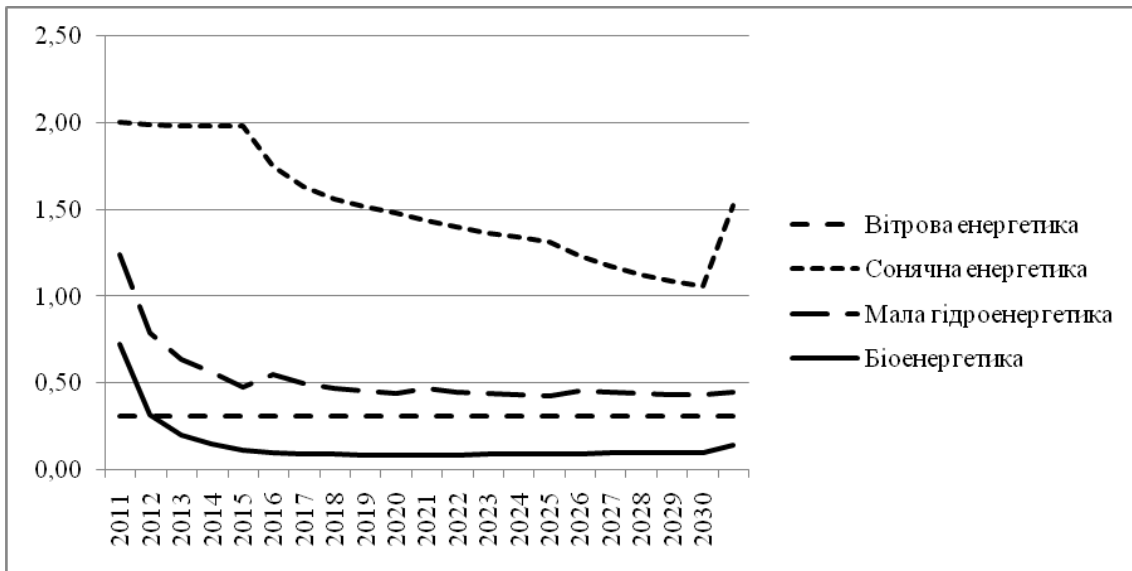


Рис. 2. Порівняння собівартості електричної енергії з різних відновлюваних джерел електричної енергії

Середня собівартість електричної енергії, виробленої за допомогою малих ГЕС, при прямолінійному методі амортизації – становить 0,53 грн/кВт.год. Період окупності становить більше ніж 10 років.

Собівартість електричної енергії, що виробляється обладнанням з використанням біомаси, щороку знижується. Це зумовлено тим, що капітальні вкладення у створювані електрогенерувальні установки на перших етапах експлуатації роблять більший внесок у собівартість електроенергії. У міру окупності

вкладених коштів цей вплив зменшується, і показник собівартості стабілізується на одному рівні. Термін окупності становить 1–2 роки.

У табл. 3 відображено результати порівняння середньозваженого арифметичного значення собівартості електричної енергії з різних джерел із середньозваженим арифметичним значенням “зеленого” тарифу.

На рис. 3 відображено порівняння балансового прибутку (різниця між вартістю реалізації електричної енергії та поточними витратами) в аналізованих сферах енергетики.

Таблиця 3

Порівняння середньозважених арифметичних значень собівартості електричної енергії з різних відновлюваних джерел 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

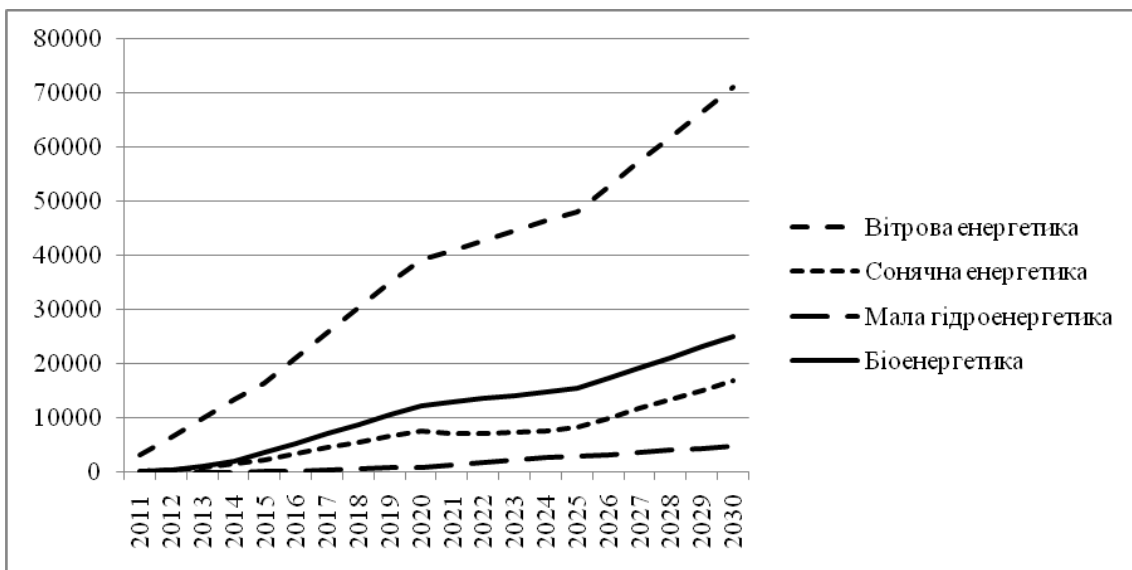


Рис. 3. Порівняння балансового прибутку від функціонування електростанцій на основі різних відновлюваних джерел електричної енергії

Отже, зіставляючи дані табл. 2 та рис. 3, бачимо, що найбільший потенціал має біоенергетика, але вона поки що не на першому місці через незначний плановий обсяг виробництва електричної енергії. Вітроенергетика, у свою чергу, за рахунок великого планового обсягу виробництва електричної енергії посідає перше місце.

IV. Висновки

Відновлювана енергетика не є заміником традиційної і не вирішить найближчими роками всі енергетичні проблеми, але за рахунок урізноманітнення джерел енергопостачання можна зміцнити енергетичну незалежність країни.

Відзначимо, що в Енергетичній стратегії України на період до 2030 р. поставлено реальні цілі, одна з яких – зростання частки нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) в загальному паливно-енергетичному балансі країни до 19% у 2030 р. Зауважимо, що до НВДЕ, крім відновлюваних джерел, належать позабалансові джерела енергії, тому 19% – це досяжна величина.

Список використаної літератури

1. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naer.gov.ua/vozobnovlyayemaya-energetika-1/geotermalna-energetika>.
2. Джерела енергії й органічна сировина [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://referaty.pp.ua/abstracts/ua/chemistry/chemistry_30339_4.php.
3. ЕкоКлуб Зелена хвиля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecoclub.kiev.ua/index.php?go=Pages&in=view&id=75>.
4. Звіт про науково-дослідну роботу розроблення ефективних методів і засобів перетворення, акумулювання та використання енергії вітру / Національна академія наук України, Інститут відновлюваної енергетики. – К., 2007.
5. Мала гідроенергетика: світовий досвід і перспективи розвитку в Україні [Електронний ресурс] / З.Ю. Буцьо, В.І. Мартинюк, Л.М. Луцьок та ін. // Український електротехнічний журнал “Електропанорама”. – Режим доступу: http://www.elektropanorama.com.ua/ua/magazine/3_2011/energy?article=1374.
6. Матеріали на тему біотопливних технологій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.alterenergy.info/biofuels/>.
7. Мини-ГЭС [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://miniges.com/>.
8. Обґрунтування прогнозних показників собівартості виробництва електроенергії за рахунок використання відновлюваних джерел енергії / Інститут відновлюваної енергетики. – Київ, 2010.
9. Огляд відновлюваних джерел енергії в сільському та лісовому господарстві України [Електронний ресурс] / Інститут економічних досліджень та політичних консультацій. – Режим доступу: http://www.biomass.kiev.ua/Assets/files/AgPP6_U.pdf.
10. Про альтернативні джерела енергії : Закон України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=555-15>.
11. 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>.
12. Свободная энциклопедия [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>.
13. Поновлювані джерела енергії : тези на тему [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://ostriv.in.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=2175&Itemid=582.

Стаття надійшла до редакції 19.04.2012 р.

Строкаченко О.И. Оценка эффективности внедрения возобновляемых источников электрической энергии

В статье рассмотрены такие сферы возобновляемой энергетики, как ветровая и солнечная энергетика, малая гидроэнергетика, биоэнергетика. Осуществлена оценка эффективности внедрения выбранных возобновляемых источников электрической энергии на основе созданной модели путём расчёта себестоимости электрической энергии и балансовой прибыли при заданных плановых инвестициях.

Ключевые слова: возобновляемые источники электрической энергии, ветровая энергетика, солнечная энергетика, малая гидроэнергетика, биоэнергетика.

Strokachenko O. Evaluating the effectiveness of the implementation of renewable electric energy

The study considers such renewable energy fields as wind power, solar power, small hydroenergetics, bioenergetics. Cost price and balance sheet profit are estimated according to the created model.

Key words: renewable electric energy sources, wind power, solar power, small hydroenergetics, bioenergetics.