

УДК 620.92.003.13(043.2)

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВОЇ ТА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

*В. М. Казак*, д-р техн. наук, проф., *Я. М. Панченко*, *К. В. Ковбій*

Національний авіаційний університет

Yana\_Panchenko@meta.ua

*Висвітлено питання аналізу ефективності використання вітрової та сонячної енергетики в Україні порівняно з традиційною енергетикою. Досліджено потенціал розвитку використання вітрової та сонячної енергетики шляхом порівняння результатів, отриманих за допомогою запропонованої методики, а також визначено основні слабкі та сильні сторони енергії на основі вітру та сонця.*

**Ключові слова:** нетрадиційні джерела енергії, вітрові енергетичні установки, сонячні енергетичні установки, матриця ефективності, показники ефективності.

*Article is devoted to analyzing the efficiency of using wind and solar energy in Ukraine in comparison with conventional energy. Conducting such an analysis to investigate the potential of using wind and solar energy, by comparing the results obtained using the proposed technique, and identify key strengths and weaknesses of energy through wind and sun.*

**Keywords:** Alternative and renewable energy, wind power plant, solar power plant, the matrix of efficiency, indicators of efficiency.

### Вступ

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії (НВДЕ) стали останнім часом одним з важливих критеріїв сталого розвитку країн. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання.

Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля, наслідки якого все більше турбують світову спільноту. Основним напрямом енергетичної політики в Україні та майже в усіх інших країнах світу на сьогодні є політика енергозбереження, яка по суті об'єднує всі напрями розв'язання енергетичних проблем. Ця політика передбачає не тільки збереження енергії, але й забезпечення умов для максимально ефективного її використання.

### Аналіз досліджень і публікацій

Оскільки функціонування НВДЕ є перспективним шляхом вирішення зростаючих проблем енергозабезпечення країни, питанню використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії приділено багато уваги українських учених, розроблено методи підвищення енергоефективності НВДЕ та критерії оцінювання їх дієвості.

Інститутом відновлюваної енергетики НАН України розраховано потенціал основних видів НВДЕ, а саме: сонячної, вітрової, геотермальної енергетики, малої гідроенергетики, біоенергетики, енергії доквілля та ін., і на основі отриманих результатів створено «Атлас енергетичного потенціалу НВДЕ в Україні» [2].

Отже, наявність невичерпної ресурсної бази та екологічна чистота НВДЕ є їх визначальними перевагами в умовах вичерпання ресурсів органічного палива та зростаючих темпів забруднення довкілля. Це підвищує зацікавленість науковців у подальшому дослідженні функціонування НВДЕ, а також розроблення методів інтенсифікації їх запровадження в Україні.

### Постановка завдання

Основними перспективними напрямами освоєння НВДЕ в Україні є вітрова та сонячна енергетика. Аналіз енергетичного потенціалу енергії сонця та вітру, а також аналіз функціонування сонячної та вітрової енергетики на території України показує, що в Україні є значний потенціал цих видів відновлюваних джерел енергії, але нині їх практичне використання становить незначну частку в загальному енергоспоживанні нашої держави [1; 3]. Річні показники технічного рівня впровадження устаткування на основі енергії вітру та сонця в перерахунку на умовне паливо становлять:

- вітроенергетичний потенціал — 15 млн т у.п.;
- загальний сонячний енергетичний потенціал — 6 млн т у.п. [3; 4].

Основними чинниками, що обумовлюють використання вітрової та сонячної енергетики в Україні, є:

– енергодефіцитність та вичерпання власних енергоресурсів;

– наявність великої кількості територій з високим енергетичним потенціалом сонця та вітру;

– наявність власних потужностей виробництва устаткування для вітрової та сонячної енергетики.

Україна має десятирічний досвід проектування, будівництва й експлуатації вітрових електростанцій, а також власні розробки щодо створення ефективних вітрових та сонячних енергоустановок.

Усе це обумовлює пошук шляхів удосконалення ефективності функціонування вітрової та сонячної енергетики, що дозволить збільшити частку виробництва енергії на основі НВДЕ. Отже, метою дослідження є оцінка ефективності використання вітрової та сонячної енергетики в Україні.

### Основна частина

Оцінку ефективності використання вітрової та сонячної енергетики необхідно виконати порівняно з оцінкою ефективності використання традиційної енергетики. Для цього скористаємося методом матриці ефективності, яка будується таким чином.

**Дія 1.** Будуємо три матриці ефективності використання енергетики: вітрової та сонячної енергетики (табл. 1); традиційної енергетики (табл. 2).

Таблиця 1

Матриця ефективності використання вітрової та сонячної енергетики

Дія 1	1 (%)		2 (грн/кВт·год)		3 (%)		4 (млрд кВт·год)		5 (%)		Контролюючі показники
	Сонячна	Вітрова	Сонячна	Вітрова	Сонячна	Вітрова	Сонячна	Вітрова	Сонячна	Вітрова	
Дія 2	90	90	1	0,6	80	80	5	1,9	27	40	Вихідний рівень значень контролюючих показників
Дія 3	99	99	0,20	0,15	99	100	10,0	7,2	65	85	Підсумкові дискретні бали для значень контролюючих показників, що визначаються експертним шляхом
	95	98	0,45	0,20	98	98	9,5	5,0	60	70	
	92	95	0,60	0,30	90	90	9,2	3,3	50	65	
	91	92	0,70	0,25	88	88	8,8	3,0	48	60	
	90	92	0,85	0,35	85	85	8,2	2,5	40	55	
	88	90	0,90	0,40	82	82	7,6	2,2	38	50	
	87	88	0,10	0,50	80	75	6,6	2,0	35	45	
	85	85	0,11	0,58	75	72	6,2	1,7	32	40	
	80	80	0,15	0,62	72	70	5,5	1,5	30	35	
	80	75	0,20	0,80	68	68	4,5	1,1	22	30	
Дія 4	5	4	3	2	3	4	1	3	1	2	Бали вихідного рівня контролюючих показників
Дія 5	5	15	18	18	22	22	20	20	25	25	Ваги значимості контролюючих показників
Дія 6	25	60	54	36	66	88	20	60	25	50	Оцінка індексу контролюючих показників
Дія 7	$A_{\text{віт}} = 294, A_{\text{сон}} = 240$										Оцінка підсумкового індексу

Таблиця 2

## Матриця ефективності використання традиційної енергетики

Дія 1	1 (%)	2 (грн/кВт·год)	3 (%)	4 (млрд. кВт·год)	5 (%)	6 (млн т у.п.)	Контролюючі показники
Дія 2	20	0,203	80	162,24 (АЕС+ТЕС)	85	213	Вихідний рівень значень контролюючих показників
Дія 3	95	0,05	92	250,0	0,98	63,90	Підсумкові дискретні бали для значень контролюючих показників, що визначаються експертним шляхом
	90	0,07	90	220,8	0,96	85,20	
	80	0,10	88	200,0	0,94	106,5	
	72	0,12	86	190,0	0,95	127,8	
	65	0,14	82	180,0	0,92	149,1	
	58	0,16	80	175,0	0,90	170,4	
	50	0,18	78	170,0	0,88	191,7	
	42	0,19	76	165,0	0,86	213,0	
	38	0,20	74	160,0	0,84	234,3	
	30	0,22	72	150,0	0,82	255,6	
Дія 4	0	1	4	2	2	2	Бали вихідного рівня контролюючих показників
Дія 5	16	17	18	15	21	13	Рівень значимості контролюючих показників
Дія 6	0	17	72	30	42	26	Оцінка індексу контролюючих показників
Дія 7	A = 187						Оцінка підсумкового індексу

Оцінка ефективності використання зв'язана передусім з визначенням критеріїв ефективності та формуванням відповідної системи показників.

Критерій — це головна відрізняюча ознака і визначальна міра вірогідності пізнання суті ефективності використання, згідно з якими здійснюють кількісне оцінювання її рівня. Правильно сформульований критерій повинен найбільш повно характеризувати суть ефективності.

Таким чином, експертним шляхом визначено головні контролюючі показники (критерії), які найкращим чином характеризують роботу всієї системи. Для цього необхідно визначити групу експертів, яка буде складатися з десяти осіб. Визначення критеріїв ефективності відбувається в два етапи. На першому етапі експертам запропоновано індивідуально вибрати ті контролюючі показники, які, на їхню думку, найкращим чином характеризують роботу всієї системи. Отриманий результат містить такі критерії:

- 1) екологічну безпеку;
- 2) трудомісткість одержання первинної сировини;
- 3) вартість виробленої електричної енергії;
- 4) територіальний критерій розміщення генеруючих установок;
- 5) наявність потенціалу первинного ресурсу;
- 6) стабільність вироблення електричної енергії;
- 7) виробничу потужність установок протягом години;
- 8) коефіцієнт корисної дії;
- 9) експлуатаційну вартість;
- 10) питомі витрати палива;
- 11) можливість застосування протягом року;
- 12) державну підтримку розвитку;
- 13) питомі інвестиції.

На другому етапі експерти оцінили важливість кожного з вище перерахованих показників.

Відповідно до проведеної оцінки, серед наведених вище критеріїв ефективності найважливіші отримали такі показники:

- екологічна безпека;
- вартість виробленої електричної енергії;
- стабільність вироблення електричної енергії;
- виробнича потужність установок протягом року;
- коефіцієнт корисної дії;
- питомі витрати палива за рік.

Отримані показники записуємо до табл. 1, 2 в графі «дія 1» під номерами, зазначеними вище відповідно.

**Дія 2.** Спираючись на відомості з опрацьованих джерел про функціонування вітрової, сонячної та традиційної енергетики на території України, визначаємо фактично досягнутий результат за кожним показником.

**Дія 3.** Експертним шляхом визначаємо 10 варіантів значень контролюючих показників, які можуть бути досягнуті в майбутньому періоді. Для визначених показників виставляємо дискретні бали в розмірі від 0 до 10.

**Дія 4.** Для кожного показника визначаємо дискретні очки, що відповідають вихідному рівню значень цих показників.

**Дія 5.** Кожному з контрольованих показників експертним шляхом призначаємо ваги значимості, що становить 100.

**Дія 6.** Перемножуючи значення дії 4 на ваги значимості, отримуємо оцінку індексу контролюючих показників. Усі отримані результати заносимо до табл. 1 і 2 відповідно.

Оскільки сонячна та вітрова енергетика не потребує використання традиційного палива, то в підсумкову оцінку індексу для матриці ефективності використання вітрової та сонячної енергетики даний показник не включається.

### Висновки

У результаті розрахунку матриці ефективності використання вітрової, сонячної та традиційної енергетики отримано підсумкові індекси.

Аналіз отриманих підсумкових індексів показує, що числове значення індексів для вітрової та сонячної енергетики значно нижче від традиційної енергетики.

Це свідчить про те, що ефективність потенціалу використання вітрової та сонячної енергетики на території України вища ніж для традиційної.

Тобто, незважаючи на те, що коефіцієнт корисної дії (ККД) для вітрових та сонячних енергоустановок поки залишається на низькому рівні порівняно з ККД для установок на традиційному паливі,

енергія, вироблена на основі вітру та сонця, залишається екологічно чистою і має в перспективі забезпечити більшу стабільність енергетики, ніж це можливо при використанні традиційних паливних ресурсів, особливо нафти і газу.

Для ефективного використання енергії відновлюваних джерел, зокрема сонячної та вітрової, в Україні необхідно виконання ряду основних завдань, що сприятиме створенню ефективних механізмів реалізації проектів, зокрема нормативно-правового, економічного, методичного, інформаційного, кадрового та організаційно-керівного забезпечення:

- визначення ресурсів та створення кадастрів НВДЕ України;
- підготовка та першочергове впровадження завершених науково-технічних проектів;
- визначення перспективних науково-дослідних і проектно-конструкторських розробок та організація їх впровадження;
- розробка нормативно-правової бази та законів прямої і непрямої дії, що сприяють впровадженню розробок на основі НВДЕ;
- залучення коштів усіх зацікавлених суб'єктів господарювання та забезпечення сприятливих умов для впровадження запропонованих заходів;
- формування і реалізація управління у сфері відновлюваної та нетрадиційної енергетики;
- організацій контролю за ефективністю здійснення заходів Програми та використання коштів;
- створення сертифікаційної та метрологічної бази;
- будівництво базових демонстраційних об'єктів за напрямками розвитку вітрової та сонячної енергетики;
- створення бази для виробництва технічних пристроїв та обладнання, монтажу, експлуатації, ремонту та сервісу;
- створення профільної інфраструктури на основі вже існуючих навчальних, проектно-конструкторських та науково-дослідницьких організацій;
- сприяння утворенню приватних та громадських організацій з розповсюдження та популяризації нетрадиційної енергетики [6; 7].

Таким чином, запропонована методика оцінки ефективності використання вітрової та сонячної енергетики дає змогу визначити їх слабкі та сильні сторони, порівняно з енергією, що отримана на основі традиційних викопних джерел енергії, а також дозволить досліджувати потенціал розвитку використання вітрової та сонячної енергетики, шляхом порівняння результатів, отриманих за допомогою даної методики.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. *Кудря С. О.* Структурні тенденції в енергетиці Європи і розвиток відновлюваної енергетики в Україні / С. О. Кудря, Б. Г. Турчинський // Відновлювана енергетика. — 2005. — № 1. — С. 36 — 40.
2. *Атлас* енергетичного потенціалу нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні. — К., 2005. — 36 с.
3. *Васько П. Ф.* Напрями та рівні розвитку і використання нетрадиційних, відновлюваних та позабалансових джерел енергії (енергетична стратегія України до 2030 року): проект // Мат. IV Міжнародної конференції «Нетрадиционная энергетика в XXI веке», Крим, 2003. — С. 233 — 242.
4. *Мхітарян Н. М.* Аналіз стану та перспектив розвитку відновлюваної та вторинної енергетики в світі та в Україні / Н. М. Мхітарян, С. О. Кудря, Л. В. Яценко // Мат. IV Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття», Крим, 2005. — С. 11—25.
5. *Казак В. М.* Системний аналіз організаційно-технічних систем: навч. посіб. / В. М. Казак. — К. : Книжкове вид-во НАУ, 2008. — 164 с.
6. *Клавдиенко В. П.* Нетрадиционная энергетика в странах ЕС: экономическое стимулирование развития / В. П. Клавдиенко, А. П. Тарасов. — М. : Наука, 2006. — № 9. — С. 42 — 46.
7. *Мхітарян Н. М.* Аналіз стану та перспектив розвитку відновлюваної та вторинної енергетики в світі та в Україні / Н. М. Мхітарян, С. О. Кудря, Л. В. Яценко // Мат. IV Міжнародної конференції «Відновлювана енергетика XXI століття», Крим, 2005. — С. 11—25.

Стаття надійшла до редакції 21.02.2011.