

Л.В. Дмитренко, С.Л. Барандіч

## **ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ В УКРАЇНІ**

Розглянуто методичні питання оцінювання кліматичних ресурсів вітрової енергії. Наведено результати районування території України за показниками вітроенергоресурсів та карти розподілу прикладних характеристик вітрової енергії.

Одним із напрямів розвитку науково-дослідницької діяльності в області вітроенергетики є коректна аргументована оцінка реального потенціалу вітрової енергії, оскільки цей показник входить у цілий ряд нормативних документів, які є складовими передпроектної та проектної документації по розробці та експлуатації об'єктів вітроенергетики.

Метою цієї роботи є висвітлення методичних підходів оцінювання кліматичного потенціалу вітрової енергії та районування території України за показниками вітроенергоресурсів. В основу оцінювання ресурсів вітрової енергії покладено загальні для всіх відновлювальних джерел енергії принципи урахування закономірних та стохастичних коливань її надходження [1, 2, 3].

### **Оцінювання кліматичних ресурсів вітрової енергії**

Вітроенергетика потребує спеціального опрацювання кліматологічної інформації характеристик вітру. Дані спостережень за швидкістю вітру на метеорологічних станціях приведено до умов оптимального вітровикористання, для чого оцінюється вплив орографічних особливостей та здійснюється приведення цих даних до умов відкритого місця та висоти типових вітроустановок [3]. Для вибору найбільш раціонального розміщення вітроенергетичних об'єктів та визначення вітрового потенціалу проводяться короткотермінові спостереження за швидкістю вітру.

У кожному конкретному випадку необхідно здійснювати прив'язку до стаціонарної метеорологічної мережі, яка виконується у декілька етапів [4]:

- порівняння фізико-географічних та орографічних умов розташування найближчих метеорологічних станцій та пункту анеморозвідки

(вибираються декілька станцій з однаковим класом відкритості флюгера за напрямом вітру та класом рельєфу);

- порівняння даних станцій та епізодичних спостережень короткого часового розрізу, тісноти зв'язку між ними та повторюваності вітру за напрямом;

- вибір станції, що базується на найменших відхиленнях статистичних показників мінливості та найбільшій тісноті зв'язку між даними стаціонарного та епізодичного пункту спостережень;

- після вибору станції приведення приймається найдоцільніший метод, а в ряд експериментальних спостережень вноситься відповідна поправка з урахуванням нормованої середньої швидкості вітру та середніх квадратичних відхилень.

Далі проводиться:

- приведення швидкості вітру до умов відкритого місця через залежність, що характеризує профіль вітру у приземному шарі атмосфери [1]:

$$V_2 = V_1 \frac{K_2 \lg \frac{h_2}{Z_0}}{K_1 \lg \frac{h_1}{Z_0}}, \quad (1)$$

де  $V_2$  - скоригована швидкість вітру на висоті  $h_2$  у ландшафтних умовах  $K_2$ ;  $V_1$  – швидкість вітру на висоті флюгера  $h_1$  у ландшафтних умовах  $K_1$ ;  $Z_0$  – коефіцієнт шорсткості підстильної поверхні;

- приведення даних спостережень з урахуванням конкретних ландшафтних умов та шорсткості підстильної поверхні до висоти башт типових вітродвигунів:

$$V = V_\phi \left( \frac{h}{h_\phi} \right)^{1/5}, \quad (2)$$

де  $V$  – швидкість вітру на заданій висоті вітроустановки,  $V_\phi$  – швидкість вітру на висоті флюгера,  $h$  – висота вітроагрегату,  $h_\phi$  – висота флюгера.

## **Прикладні характеристики вітрової енергії**

Прикладні вітроенергетичні показники розраховуються, виходячи з особливостей вітрового режиму певної місцевості та з технічних характеристик вітроенергоустановок.

Кліматичний вітроенергетичний потенціал окремої території характеризується питомою потужністю вітрової енергії в момент часу та її сумарною величиною за різні проміжки часу (місяць, сезон, рік), для чого використовується середня швидкість вітру та її граничні характеристики (мінімальна та максимальна швидкість, при яких може працювати генератор вітроустановки).

До прикладних характеристик вітрової енергії відносяться:

- утилізована енергія вітру, яка включає енергію вітрового потоку, враховуючи втрати енергії на початок руху, на регулювання агрегату та на вивід вітроколеса з-під дії вітру;
- розподіл режиму повторюваності робочої швидкості вітру (ця характеристика є однією з основних вітроенергетичних характеристик, оскільки сумарна продуктивність вітроагрегата визначається функціональною залежністю установки від швидкості вітру за розрахунковий період часу);
- тривалість енергоактивної швидкості вітру;
- тривалість енергетичного штилю.

Ці характеристики знаходять застосування при обґрунтуванні режиму роботи та продуктивності вітроустановок.

## **Районування території України за потенціалом вітрової енергії**

Для районування дані про режим вітру, а саме, про зміни швидкості вітру в часі та просторі, необхідно показати у вигляді об'єктивних чисельних характеристик, оскільки використання енергії вітру – це реалізація енергії природного геофізичного процесу.

Аналізуючи ці характеристики, можна зробити висновок, що Україна має досить високий кліматичний потенціал, який може забезпечити продуктивну роботу як автономних вітроустановок, так і потужних вітроелектростанцій. Зростає необхідність у виявленні найбільш перспективних місць використання вітрової енергії, базуючись на її кліматичному потенціалі та показниках його можливої утилізації.

Для районування використано такі показники: середня річна швидкість вітру та її мінливість; питома потужність, сумарні потенційні вітроенергоресурси й утилізована вітрова енергія; тривалість енергоактивної швидкості вітру та енергетичного штилю; безперервна тривалість робочої швидкості вітру (як критерій стабільності функціонування вітроагрегатів). Далі наведено характеристику виділених районів (таблиця).

Отже, комплекс показників вітрової енергії дозволяє оцінити енергетичні можливості кожного району та розробити рекомендації щодо її раціонального використання [4]:

- Найвищим вітроенергетичним потенціалом відзначаються узбережжя Чорного та Азовського морів, Південний берег Криму, вершини Українських Карпат, Кримських гір. Умови вітровикористання оптимальні протягом усього року. Будівництво вітроелектростанцій треба розгортати у цих регіонах, враховуючи значний дефіцит власних генеруючих потужностей. Можливе ефективне розміщення як потужних вітроелектростанцій, так і автономних вітроенергоустановок. Слід надавати перевагу будівництву вітроелектростанцій на прилеглих водних акваторіях, що мають особливо високий вітроенергетичний потенціал.

- Високий потенціал вітрової енергії властивий району Донецької височини, Приазовської та Причорноморської низовин. Тут протягом року сприятливі умови для вітровикористання та ефективної роботи потужних вітроелектростанцій та автономних вітроенергоустановок.

- Достатнім вітроенергетичним потенціалом відзначаються також Подільська та Придніпровська височини. Умови вітровикористання досить сприятливі, особливо у холодний період року.

- Поліська та Придніпровська низовини характеризуються невисоким вітровим потенціалом та нерівномірним його розподілом протягом року. Умови вітровикористання менш сприятливі, рекомендується розміщення тихохідних вітроенергоустановок, рентабельність яких підвищуватиметься у холодний період року.

- Передкарпаття, Закарпаття та вузькі захищені долини Українських Карпат та Кримських гір відзначаються низьким вітровим потенціалом. Умови вітровикористання несприятливі, за винятком окремих місць, які значно домінують над навколишньою місцевістю.

Таблиця

## Районування території України за потенціалом вітрової енергії

Район	Показники районування									Оцінка потенціалу вітрової енергії
	Середня річна швидкість вітру, м/с	Питома потужність вітрової енергії, Вт/м <sub>2</sub>		Сумарні вітро-енергоресурси, МДж/м <sup>2</sup>		Тривалість (год.) різної швидкості вітру, м/с				
		потенційної	утилізованої	потенційні	утилізовані	загальна			безпе-рервна	
						<3	>3	>5		
Узбережжя Чорного і Азовського морів, Південний берег Криму, вершини Українських Карпат, Кримських гір	5,5-6,5	250-300	200-250	8000-9500	7000-8000	1250-6500	5500-6500	3000-5500	20-35	Дуже високий потенціал. Найбільш сприятливі умови вітровикористання
Донецька височина, Приазовська та Причорноморська низовини	5,0-6,0	200-250	150-200	6000-7500	4500-5000	2250-2750	4500-5000	2000-3200	17-25	Високий потенціал. Сприятливі умови вітровикористання
Подільська та Придніпровська височини	4,0-5,0	150-200	100-150	4500-5500	3500-4500	2250-4750	400-5500	2250-3000	15-20	Достатній потенціал. Досить сприятливі умови
Поліська та Придніпровська низовини, Волинська височина	3,0-4,5	50-120	30-100	1500-4500	1000-3500	4000-5000	3500-5000	1500-2800	12-17	Невисокий потенціал. Обмежено сприятливі умови
Передкарпаття, Закарпатська низовина, долини Українських Карпат, Кримських гір	1,5-2,5	10-40	5-10	200-500	100-300	5750-6250	2500-3000	500-1500	10-15	Низький потенціал. Несприятливі умови вітровикористання.



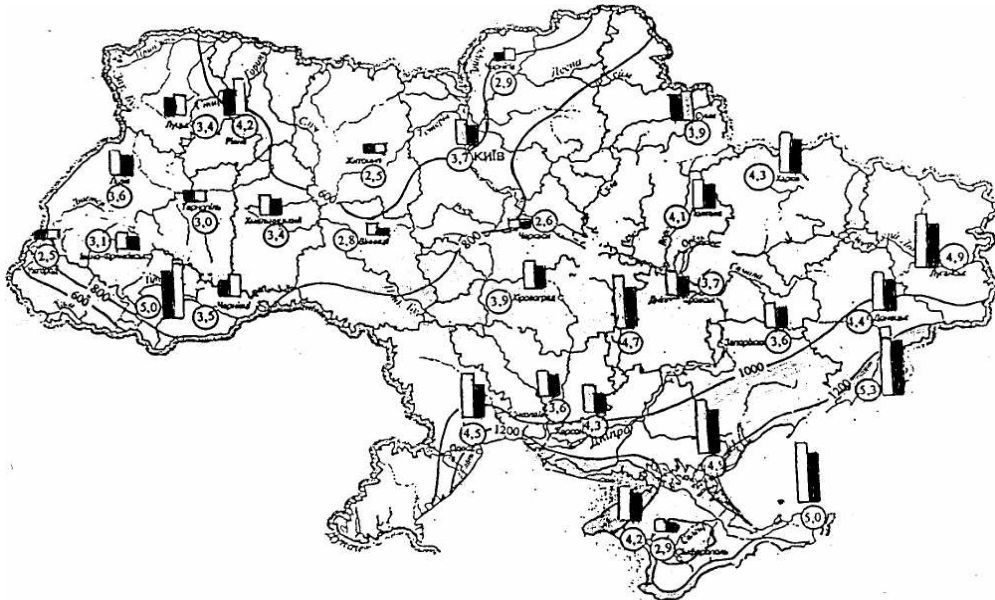


Рис. 2. Енергетичні ресурси вітру (літо): -600- – тривалість робочої швидкості вітру;  $\circ$  – середня швидкість вітру на висоті 16 м від поверхні землі (м/с);  $\square$  – питома потужність вітрової енергії ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ );  $\blacksquare$  – кількість потенційної вироблюваної енергії ( $\text{МДж}/\text{м}^2/\text{сезон}$ )

Аналогічний розподіл має і кількість потенційної виробленої вітром енергії. Цей показник становить  $800\text{-}1000 \text{ МДж}/\text{м}^2$  у північних та центральних районах, зростаючи на сході та півдні до  $3500\text{-}4000 \text{ МДж}/\text{м}^2$ . У гірських районах Українських Карпат цей показник досягає максимальних значень ( $4707 \text{ МДж}/\text{м}^2/\text{сезон}$ , ст. Пожежевська).

Улітку енергетичні ресурси вітру найменші. Середня швидкість вітру на висоті 16 м становить  $2,5\text{-}3,5 \text{ м}/\text{с}$  в Закарпатті та на півночі України, на сході та півдні цей показник зростає до  $4,5\text{-}5,5 \text{ м}/\text{с}$  (рис. 2).

Тривалість робочої швидкості вітру у цей сезон теж найменша і дорівнює  $550\text{-}600$  годин за літо у північних районах та Українських Карпатах; у центральних районах тривалість робочої швидкості вітру становить близько  $800$  годин за літо, у східних районах та на півдні цей показник зростає до  $1000\text{-}1200$  годин за літо.

Таким чином, наведені показники районування території України за потенціалом вітрової енергії дають змогу оцінити енергетичні ресурси того чи іншого району та зробити висновок про доцільність їх використання.

\* \*

*Рассмотрены методические вопросы оценивания климатических ресурсов ветровой энергии. Приведены результаты районирования территории Украины за показателями ветроэнергоресурсов и карты распределения прикладных показателей ветровой энергии.*

\* \*

1. *Анапольская Л.Е., Гандин Л.С.* Ветроэнергетические ресурсы и методы их оценки // Метеорология и гидрология. – 1978. – №7. – С. 11-17.
2. *Гарцман Л.Б.* Методы расчета прикладных характеристик режимов поступления, преобразования и оптимального потребления энергии ветра и солнца // Прикладная климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – С. 220-239.
3. *Дмитренко Л.В., Гейко Л.А.* Оцінка кліматичних ресурсів сонячної і вітрової енергії (метод. розробки та результати досліджень) // Вісн. Донецької держ. акад. буд-ва та архіт. – 1999. – №99-6(20). – Т. 2. – С. 6-8.
4. *Дмитренко Л.В.* Геліо- та вітроенергетичні ресурси // Клімат України. – К.: Вид-во Раєвського, 2003. – С. 267-279.

*Український науково-дослідний  
гідрометеорологічний інститут, Київ*