

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ ПОЛІССЯ**

*Соколовський О. Ф., к.т.н., Коновалов О. В., ст. викладач, Бушма С. В., асистент*

Енергетична стратегія України на період до 2030 року націлена на диверсифікацію ринку енергоресурсів. Вітроенергетичний потенціал України робить перспективним його використання у великих масштабах. В рамках національного проекту «Енергія природи» заплановано будівництво вітрових електростанцій, що стане потужним кроком до посилення енергонезалежності держави. Зокрема річна генерація електроенергії вітрових електростанцій сумарною потужністю 2000 МВт становить 5,4 млрд. кВт·год, що дасть можливість зекономити майже 1,8 млрд. кубометрів газу. Враховуючи останні науково-технічні досягнення, 1 кВт встановленої потужності вітроелектростанції становить у середньому 1250 євро. Цей показник ненабагато вищий за показник для теплових електростанцій, визначений з урахування вартості обладнання, потрібного для виконання нормативів Кіотського протоколу щодо глобальних викидів парникових газів. У той же час вітрові електростанції не потребують витрат на паливо, які при використанні теплових електростанцій становлять більше половини поточних витрат.

Це обумовлює поширення використання вітроелектричних установок як частки енергетичного забезпечення різних галузей економіки України, у тому числі і сільського

господарства.

Енергетичний потенціал вітрової енергії не однаковий для різних регіонів України, що зумовлює необхідність виконання техніко-економічного обґрунтування використання вітроелектричних установок.

#### 1. Потенціал вітрової енергії в зоні Полісся та в Житомирській області.

Основним фактором впливу на показники роботи вітроелектроагрегату є наявність вітру та його сила. Відомо, що потужність на валу вітроподвигуна пропорційний кубу швидкості вітру. З урахуванням середньорічної швидкості вітру, будівництво вітроелектростанцій є доцільним лише в тих місцях, де вітряних днів достатньо для економічно обґрунтованого виробництва електроенергії.

В результаті обробки статистичних метеорологічних даних по швидкості та повторюваності швидкості вітру проведено районування території України за швидкостями вітру (рис. 1) і визначено питомий енергетичний потенціал вітру на різній висоті відповідно до зон районування [2, 6] (табл. 1).

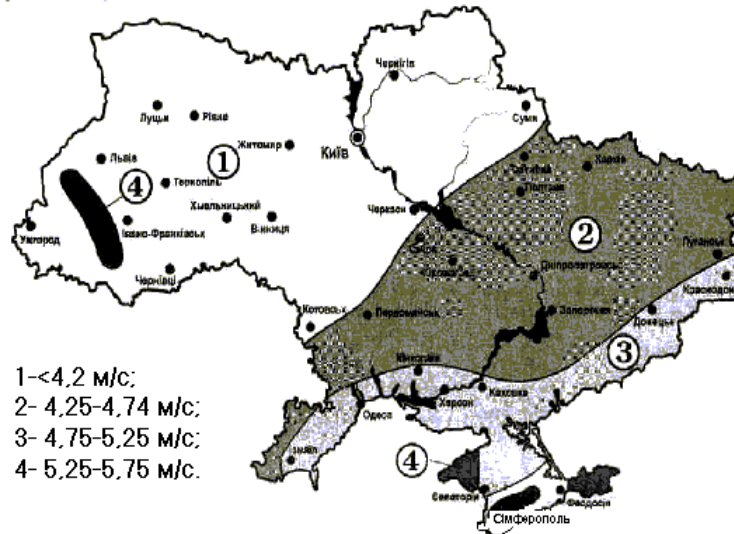


Рис. 1. Картохема території України по середньорічній швидкості вітру на висоті 10 м  
Таблиця 1.

#### Питомий енергетичний потенціал вітрової енергії в Україні

| № району | Середньорічна швидкість вітру, $V_{cp}$ , м/с | Висота, м | Природний потенціал вітру, кВт·год/м <sup>2</sup> рік | Технічно-досяжний потенціал вітру, кВт·год/м <sup>2</sup> рік |
|----------|-----------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1        | <4,25                                         | 15        | 1120                                                  | 200                                                           |
|          |                                               | 30        | 1510                                                  | 280                                                           |
|          |                                               | 60        | 2030                                                  | 375                                                           |
|          |                                               | 100       | 2530                                                  | 460                                                           |
| 2        | 4,5                                           | 15        | 2010                                                  | 390                                                           |
|          |                                               | 30        | 2710                                                  | 520                                                           |
|          |                                               | 60        | 3640                                                  | 700                                                           |
|          |                                               | 100       | 4540                                                  | 850                                                           |
| 3        | 5,0                                           | 15        | 2810                                                  | 520                                                           |
|          |                                               | 30        | 3790                                                  | 690                                                           |
|          |                                               | 60        | 5100                                                  | 860                                                           |
|          |                                               | 100       | 6350                                                  | 975                                                           |
| 4        | 5,5                                           | 15        | 3200                                                  | 620                                                           |
|          |                                               | 30        | 4320                                                  | 830                                                           |
|          |                                               | 60        | 5810                                                  | 1020                                                          |
|          |                                               | 100       | 7230                                                  | 1150                                                          |

Використання даних (табл. 1) по потенціалу вітрової енергії значно спрощує та здешевлює роботи по вибору та проектуванню вітроенергетичного обладнання та об'єктів

вітроенергетики [2, 9].

Вітрова обстановка в зоні Полісся до складу якої входять Волинська, Рівненська, Житомирська, Чернігівська області, а також північні райони Тернопільської, Київської, Сумської, Львівської та Івано-Франківської областей наведена в таблицях 2-4.

Таблиця 2.

**Повторюваність, максимальна, мінімальна та середня швидкість вітру  
в областях України**

| Область,<br>пункт            | Повторюваність напрямків вітру (чисельник), %, середня швидкість вітру за напрямками (знаменник), м/с, повторюваність штилів, %, максимальна і мінімальна швидкість вітру, м/с |              |           |                |           |                 |           |                 |       |                                       |           |              |           |                |           |                 |           |                 |       |                                       |  |
|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------|----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-------|---------------------------------------|-----------|--------------|-----------|----------------|-----------|-----------------|-----------|-----------------|-------|---------------------------------------|--|
|                              | січень                                                                                                                                                                         |              |           |                |           |                 |           |                 |       |                                       | липень    |              |           |                |           |                 |           |                 |       |                                       |  |
|                              | Північ                                                                                                                                                                         | Північ, схід | Схід      | Південний схід | Південь   | Південний захід | Захід     | Північний захід | Штиль | Макс. з середніх швидкостей по румбах | Північ    | Північ, схід | Схід      | Південний схід | Південь   | Південний захід | Захід     | Північний захід | Штиль | Макс. з середніх швидкостей по румбах |  |
| 1                            | 2                                                                                                                                                                              | 3            | 4         | 5              | 6         | 7               | 8         | 9               | 10    | 11                                    | 12        | 13           | 14        | 15             | 16        | 17              | 18        | 19              | 20    | 21                                    |  |
| Вінниця                      | 12<br>3,7                                                                                                                                                                      | 13<br>3,4    | 7<br>2,6  | 11<br>3,6      | 15<br>3,6 | 14<br>3,3       | 14<br>4,5 | 14<br>4,7       | 7     | 4,7                                   | 23<br>2,8 | 11<br>2,6    | 5<br>2,4  | 6<br>2,9       | 8<br>3,1  | 8<br>2,8        | 14<br>3,2 | 25<br>3,3       | 11    | 2,8                                   |  |
| Волинська обл<br>Луцьк       | 4<br>3,8                                                                                                                                                                       | 4<br>3,7     | 8<br>3,8  | 13<br>4,8      | 18<br>4,9 | 14<br>4,9       | 23<br>6,3 | 16<br>5,9       | 7     | 6,3                                   | 7<br>3,4  | 6<br>2,9     | 7<br>3,6  | 8<br>3         | 10<br>2,7 | 12<br>3,4       | 26<br>4,1 | 24<br>4         | 14    | 0                                     |  |
| Дніпропетровськ              | 9<br>-                                                                                                                                                                         | 13<br>-      | 10<br>-   | 15<br>-        | 15<br>-   | 13<br>-         | 9<br>-    | 16<br>-         | 12    | 5,5                                   | 17<br>-   | 9<br>-       | 16<br>-   | 5<br>-         | 9<br>-    | 8<br>-          | 15<br>-   | 31<br>-         | 21    | 0                                     |  |
| Донецьк                      | 7<br>5,6                                                                                                                                                                       | 13<br>5,1    | 16<br>6   | 26<br>6,2      | 5<br>5,4  | 13<br>6,3       | 12<br>5,8 | 8<br>4,7        | 4     | 6,2                                   | 14<br>4,9 | 15<br>4,4    | 13<br>3,4 | 10<br>3,7      | 5<br>3,6  | 12<br>4,3       | 15<br>4,4 | 16<br>4,7       | 12    | 0                                     |  |
| Мариуполь                    | 9<br>4,3                                                                                                                                                                       | 23<br>5,2    | 24<br>6,1 | 3<br>3,8       | 4<br>4    | 12<br>4,8       | 12<br>4,7 | 13<br>4,5       | 13    | 6,1                                   | 12<br>4,2 | 11<br>4,1    | 8<br>4,4  | 6<br>3,2       | 10<br>4,4 | 15<br>3,6       | 13<br>4,2 | 25<br>3,6       | 8     | 3,6                                   |  |
| Житомир                      | 8<br>2,9                                                                                                                                                                       | 12<br>2,8    | 6<br>3,2  | 13<br>4,1      | 14<br>4,3 | 15<br>4,5       | 18<br>5,4 | 14<br>4,6       | 6     | 5,4                                   | 13<br>2,9 | 9<br>2,5     | 5<br>2,5  | 6<br>2,9       | 7<br>3,1  | 11<br>3         | 24<br>3,4 | 25<br>3,3       | 15    | 0                                     |  |
| Закарпатська обл.<br>Ужгород | 10<br>4,2                                                                                                                                                                      | 10<br>4      | 14<br>3,1 | 40<br>3,6      | 8<br>2,9  | 2<br>2,4        | 4<br>2    | 12<br>4         | 39    | 3,6                                   | 14<br>3,2 | 18<br>3,2    | 11<br>3,1 | 15<br>3,1      | 9<br>3,2  | 6<br>2,6        | 7<br>3,4  | 20<br>3,4       | 32    | 0                                     |  |
| Івано-Франківськ             | 5<br>3,2                                                                                                                                                                       | 1<br>1,3     | 8<br>3    | 27<br>3,9      | 4<br>1,9  | 7<br>3,5        | 25<br>5,2 | 23<br>5,8       | 33    | 5,8                                   | 9<br>2,7  | 2<br>2,1     | 5<br>2,4  | 13<br>2,8      | 3<br>2,5  | 7<br>2,5        | 18<br>3,7 | 43<br>4,1       | 33    | 0                                     |  |
| Запоріжжя                    | 13<br>4,1                                                                                                                                                                      | 17<br>4,8    | 14<br>5,4 | 12<br>5        | 13<br>3,8 | 13<br>3,6       | 10<br>3,5 | 8<br>4          | 7     | 4,8                                   | 22<br>3,6 | 19<br>3,5    | 8<br>3,5  | 5<br>3,3       | 9<br>2,7  | 10<br>2,8       | 17<br>3   | 12<br>3,8       | 12    | 0                                     |  |
| Київ                         | 11<br>3,7                                                                                                                                                                      | 10<br>3      | 11<br>2,5 | 12<br>3,3      | 9<br>3,1  | 11<br>3,8       | 20<br>4,3 | 16<br>4,1       | 8     | 4,3                                   | 18<br>3,3 | 12<br>2,7    | 8<br>2    | 7<br>2,5       | 5<br>2,9  | 8<br>3          | 18<br>3,3 | 24<br>3,3       | 14    | 0                                     |  |
| Кіровоград                   | 14<br>4,8                                                                                                                                                                      | 10<br>4,8    | 8<br>4,2  | 16<br>4,8      | 12<br>5,4 | 12<br>5,1       | 14<br>5,9 | 14<br>5,5       | 8     | 5,9                                   | 24<br>4,3 | 13<br>3,7    | 7<br>3,3  | 5<br>3         | 6<br>3,9  | 7<br>4          | 15<br>4,1 | 23<br>4,2       | 17    | 0                                     |  |
| Луганськ                     | 5<br>3,7                                                                                                                                                                       | 10<br>4      | 27<br>5,4 | 15<br>5,2      | 5<br>6,3  | 12<br>6,8       | 17<br>5,3 | 9<br>4,2        | 19    | 6,8                                   | 10<br>4   | 13<br>4,1    | 13<br>3,6 | 7<br>3,7       | 4<br>4    | 11<br>4,4       | 23<br>4   | 19<br>4,4       | 27    | 0                                     |  |
| Львів                        | 4<br>3,2                                                                                                                                                                       | 6<br>4,1     | 9<br>5    | 16<br>4,8      | 12<br>4,1 | 18<br>6         | 23<br>6,4 | 12<br>5,4       | 16    | 6,4                                   | 7<br>3,4  | 7<br>3,3     | 5<br>2,4  | 7<br>3,1       | 9<br>3,2  | 14<br>3,6       | 31<br>4,5 | 20<br>4,3       | 24    | 0                                     |  |

Аналіз приведених статистичних даних показує, що:

1. Середньорічні значення швидкості вітру на території України знаходяться в межах від 3 до 6 м/с.

2. Застосування вітроустановок для виробництва електроенергії в промислових масштабах найбільш ефективна в регіонах України, де середньорічна швидкість вітру більша 5 м/с: на Азово-Чорноморському узбережжі, в Одеській, Херсонській, Запорізькій, Донецькій, Луганській, Миколаївській областях, АР Крим та в районі Карпат. Очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1 м<sup>2</sup> перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800-1000 кВт·год/м<sup>2</sup> за рік [1].

Таблиця 3.

**Показники середньомісячної та річної швидкості вітру  
по районах Житомирської області, м/с**

| I                         | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Рік |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Житомирський район        |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 4,7                       | 4,8 | 4,7 | 4,3 | 3,7 | 3,4 | 3,3 | 3,2  | 3,6 | 4,0 | 4,8 | 4,7 | 4,1 |
| Новоград-Волинський район |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 2,8                       | 2,8 | 2,7 | 2,6 | 2,4 | 2,2 | 2,1 | 2,0  | 2,2 | 2,4 | 2,9 | 2,7 | 2,5 |
| Олевський район           |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 3,3                       | 3,2 | 3,3 | 3,1 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,3  | 2,6 | 2,9 | 3,5 | 3,3 | 2,9 |
| Коростенський район       |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 4,0                       | 3,7 | 3,8 | 3,6 | 3,0 | 2,9 | 2,9 | 2,9  | 3,2 | 3,5 | 4,1 | 4,0 | 3,5 |
| Овруцький район           |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |
| 2,9                       | 2,8 | 2,7 | 2,5 | 2,1 | 1,9 | 1,9 | 1,8  | 2,0 | 2,2 | 2,8 | 2,8 | 2,4 |

3. Значний вплив на швидкість вітру мають лісові масиви, тому зона Полісся України характеризується найменшими показниками швидкості вітру  $v < 4,25$  м/с (зона 1). Технічно-досяжний потенціал вітрової енергії в зоні Полісся незначний і становить 200-460 кВт·год/м<sup>2</sup> за рік в діапазоні висот від 15 до 100 м.

4. На території Житомирської області середньомісячна та річна швидкість вітру та повторюваність напрямку вітру також свідчать про незначний технічно-досяжний потенціал вітрової енергії характерний для всієї зони Полісся (середня швидкість вітру в січні – 2,9-4,5 м/с; в липні – 2,9-3,1).

Таблиця 4.

**Повторюваність напрямку вітру та штилю по районах Житомирської області, (%)**

| Місяць                    | Пн   | ПнС | С    | ПдС  | Пд   | ПдЗ  | З    | ПнЗ  | Штиль |
|---------------------------|------|-----|------|------|------|------|------|------|-------|
| Житомирський район        |      |     |      |      |      |      |      |      |       |
| Рік                       | 9,3  | 7,7 | 8,7  | 13,5 | 12,8 | 11,5 | 18,9 | 17,6 | 11,0  |
| Новоград-Волинський район |      |     |      |      |      |      |      |      |       |
| Місяць                    | Пн   | ПнС | С    | ПдС  | Пд   | ПдЗ  | З    | ПнЗ  | Штиль |
| Рік                       | 9,1  | 8,0 | 10,3 | 12,4 | 16,8 | 12,8 | 17,5 | 13,1 | 9,3   |
| Олевський район           |      |     |      |      |      |      |      |      |       |
| Місяць                    | Пн   | ПнС | С    | ПдС  | Пд   | ПдЗ  | З    | ПнЗ  | Штиль |
| Рік                       | 7,1  | 8,7 | 12,1 | 12,3 | 12,8 | 14,3 | 20,7 | 12,0 | 9,2   |
| Коростенський район       |      |     |      |      |      |      |      |      |       |
| Місяць                    | Пн   | ПнС | С    | ПдС  | Пд   | ПдЗ  | З    | ПнЗ  | Штиль |
| Рік                       | 9,7  | 8,9 | 9,6  | 12,2 | 14,4 | 12,4 | 20,5 | 12,3 | 6,3   |
| Овруцький район           |      |     |      |      |      |      |      |      |       |
| Місяць                    | Пн   | ПнС | С    | ПдС  | Пд   | ПдЗ  | З    | ПнЗ  | Штиль |
| Рік                       | 11,2 | 7,1 | 11,2 | 12,8 | 12,8 | 14,3 | 20,7 | 12,0 | 9,2   |

5. На території Житомирської області найбільш сприятливими умовами для використання вітрової енергії характеризуються Житомирський та Коростенський райони.

6. В зоні Полісся та на території Житомирської області доцільно застосовувати вітроустановки для автономного електропостачання споживачів невеликої потужності (приватні будинки та невеликі фермерські підприємства).

**2. Порівняльний аналіз вітрогенераторів та вітроелектростанцій зарубіжного та вітчизняного виробництва.**

2.1. Вітрогенератори. Основними критеріями вибору вітрогенераторів, перш за все, є наступне:

- номінальна потужність, кВт;
- початкова робоча швидкість вітру, м/с;
- номінальна швидкість вітру, м/с;
- номінальна напруга генератора, В;
- вартість генератора у.о. (грн.);
- термін служби, роки.

У вітроенергетиці більш широке застосування знайшли вітроприводи лопатевого типу з горизонтальною віссю обертання у порівнянні з іншими конструкціями (барабанными та карусельними вітровими колесами), які мають ряд переваг, і тому залишаються найбільш популярними серед виробників та споживачів [1, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Вони є менш громіздкими та характеризуються більшим коефіцієнтом використання енергії вітру, знаходиться в межах 0,46-0,48 (при теоретичному значенні 0,59).



*Рис. 2. Трьохлопатевий вітрогенератор з горизонтальною віссю обертання.*

Найбільшого поширення набула конструкція вітрогенератора з трьома лопатями, як більш стійка до вібрацій при зміні напрямку вітру. Технічні характеристики вітрогенераторів типових конструкцій закордонних виробників наведено в табл. 5.

Таблиця 5.

**Техніко-економічні характеристики вітрогенераторів лопатевого типу з горизонтальною віссю обертання закордонного виробництва [14].**

| Модель генератора         | Номинальна потужність, Вт | Максимальна потужність, Вт | Стартова швидкість потоків повітря, м/с | Початкова робоча швидкість потоків повітря, м/с | Номинальна швидкість потоків повітря, м/с | Номинальна напруга генератора, В | Діаметр ротора, м | Кількість лопатей, шт | Довжина лопаті, м | Вартість, у.о. |
|---------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------|----------------|
| EuroWind 300M             | 300                       | 400                        | 3                                       | 3                                               | 8                                         | 12/24                            | 1                 | 6                     | 0,4               | 700            |
| EuroWind 500              | 500                       | 700                        | 2                                       | 2,5                                             | 8                                         | 24                               | 2,5               | 3                     | 1,2               | 1 150          |
| EuroWind 600              | 600                       | 750                        | 2                                       | 2,5                                             | 8                                         | 24                               | 2,7               | 3                     | 1,3               | 1 250          |
| EuroWind 1                | 1000                      | 1600                       | 2                                       | 2,5                                             | 9                                         | 48                               | 2,8               | 3                     | 1,35              | 1 500          |
| EuroWind 2                | 2000                      | 3000                       | 2                                       | 2,5                                             | 9                                         | 96/120                           | 3,2               | 3                     | 1,5               | 2 600          |
| EuroWind 5                | 5000                      | 6400                       | 2                                       | 2,5                                             | 10                                        | 240                              | 6,4               | 3                     | 3                 | 11 900         |
| EuroWind 10               | 10000                     | 13000                      | 2                                       | 2,5                                             | 10                                        | 240                              | 8                 | 3                     | 3,8               | 13 400         |
| EuroWind 20               | 20000                     | 26500                      | 2                                       | 3                                               | 12                                        | 360                              | 10                | 3                     | 4,8               | 23 400         |
| EuroWind 30               | 30000                     | 37000                      | 3                                       | 3,5                                             | 12,5                                      | 360                              | 12                | 3                     | 5,8               | 34 400         |
| EuroWind 50               | 50000                     | 55000                      | 3                                       | 3,5                                             | 13                                        | 380                              | 18                | 3                     | 8,6               | 92 600         |
| EuroWind 100              | 100000                    | 110000                     | 3                                       | 3,5                                             | 13                                        | 480                              | 18                | 3                     | 8,6               | 165 200        |
| Step V2 (Австрія)         | 15000                     | 16000                      | 2                                       | 3                                               | 11                                        | 240                              | 9                 | 3                     | 4,5               | 78 500         |
| Landmark 250 (Німеччина)  | 250                       | 300                        | 2                                       | 3                                               | 11                                        | 12/24/48                         | 1,4               | 2                     | 0,7               | 5 430          |
| Landmark 600 (Німеччина)  | 600                       | 750                        | 2                                       | 3,5                                             | 11                                        | 12/24/48                         | 2                 | 2                     | 1                 | 7 320          |
| Landmark 1500 (Німеччина) | 1500                      | 1700                       | 2                                       | 3,5                                             | 12                                        | 24/48                            | 2,7               | 2                     | 1,3               | 9 840          |
| Landmark 3000 (Німеччина) | 3000                      | 3400                       | 2                                       | 3,5                                             | 12                                        | 48/120                           | 3,7               | 2                     | 1,8               | 13 600         |
| Landmark 6000 (Німеччина) | 6000                      | 6800                       | 2                                       | 3,5                                             | 12                                        | 48                               | 3,7               | 3                     | 1,8               | 23 000         |
| Passaat (Нідерланди)      | 900                       | 1400                       | 2                                       | 3                                               | 11                                        | 12/24/48                         | 6,24              | 3                     | 3,12              | 9 230          |
| Montana (Нідерланди)      | 3400                      | 5800                       | 2                                       | 2,5                                             | 11                                        | 48/120/240                       | 10                | 3                     | 5                 | 21 700         |
| Alize (Нідерланди)        | 8500                      | 10000                      | 2                                       | 3                                               | 11                                        | 120/240                          | 14                | 3                     | 7                 | 42 500         |
| Flamingo 0,8              | 800                       | 900                        | 2,5                                     | 3                                               | 8                                         | 24/48                            | 3,1               | 3                     | 1,5               | 2 150          |
| Flamingo 1,6              | 1600                      | 1800                       | 2,5                                     | 3                                               | 8                                         | 48                               | 4,4               | 3                     | 2,1               | 4 450          |

Аналіз технічних характеристик вітрогенераторів (табл. 5) показав, що:

- в умовах Полісся можуть застосовуватись всі види наведених вітрогенераторів для яких початкова робоча швидкість потоків повітря знаходиться в межах від 2,5 до 3,5 м/с;
- вітроагрегати на швидкостях вітру 3-4 м/с будуть створювати потужність меншу за номінальну на 70-80%, тому що номінальна швидкість потоків повітря для наведених генераторів знаходиться в межах від 8 до 13 м/с (рис. 3).
- номінальна потужність вітрогенераторів знаходиться в межах від 0,3 кВт до 100 кВт.
- вартість вітрогенераторів від 700 до 165 200 у.о. і залежить від потужності вітрогенератора. 1 кВт встановленої потужності вітрогенератора в економічних умовах України обходиться споживачеві в межах 1 500-2 000 у.о. Номінальна напруга генераторів від 12 до 480 В. Діапазон робочих температур: -40°C...+60°C.

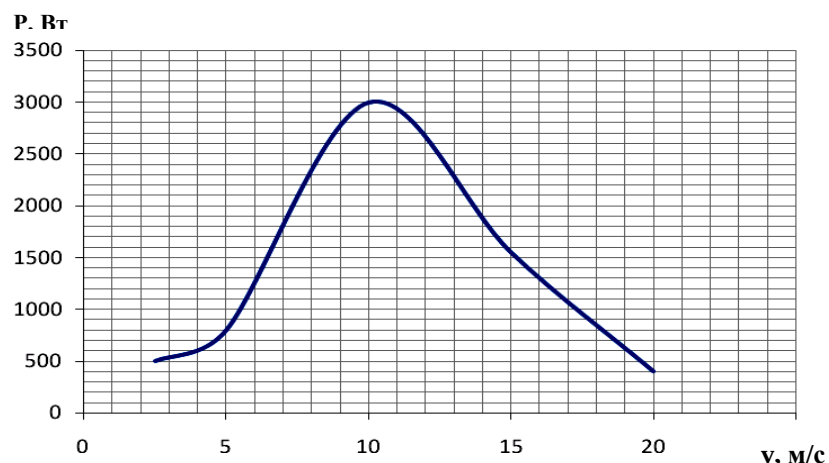


Рис. 3. Потужність вітрогенератора EuroWind 2 в залежності від швидкості вітрового потоку.

Вітрогенератори вітчизняного виробництва мають аналогічні технічні характеристики. Зокрема, вітрогенератори потужністю в межах від 5 до 500 кВт (табл. 6) пропонує конструкторське бюро «Південне» (м. Дніпропетровськ).

Таблиця 6.

#### Технічні характеристики вітроагрегатів КБ «Південне»

| Показник                                                         | ABE 0,25-2 | ABE 1-3 | ABM-3 | ABM-4 | ABE 2-4 | ABE 4-6 | ABE 16-12 | ABE 30-18 | ABE 100-24 |
|------------------------------------------------------------------|------------|---------|-------|-------|---------|---------|-----------|-----------|------------|
| Діаметр вітроколеса, м                                           | 2          | 3       | 4     |       |         | 6       | 12        | 18        | 24         |
| Потужність вітроагрегату за швидкості вітру 8 м/с, кВт           | 0,18       | 0,5     | 0,5   | 1,0   |         | 3,5     | 11,0      | 25,5      | 50         |
| Початок віддавання потужності за швидкості вітру, м/с, не більше | 3,5        | 4,0     | 3,5   | 4,0   |         | 4,5     |           | 5,0       | 5,0        |

Згідно з ДСТУ 4037-2001 встановлено такі основні дев'ять типів вітроагрегатів потужністю від 0,25 до 100 кВт Для піднімання води, заряджання акумуляторів, освітлення і живлення електроприладів побутового призначення застосовують вітроагрегати потужністю до 1 кВт. Зокрема вітчизняного виробництва:

1. Агрегати АВЕ потужністю 0,25 кВт призначено для заряджання акумуляторних батарей. Вони також можуть використовуватися для електроживлення водопідіймальних пристроїв з конденсаторним накопичувачем.

2. Вітроагрегати АВМ потужністю 1-2 кВт і АВЕ потужністю до 16 кВт використовують для піднімання і опріснювання води на пасовищах і польових станах, для катодного захисту від корозії сталевих водопроводів, генерування електричної енергії.

3. Агрегати АВЕ потужністю 16-100 кВт застосовують для меліорації земель (локального зрошування, осушення заболочених ділянок, знесолювання ґрунтів методами вертикального дренажу) і електроживлення автономних споживачів у важкодоступних місцях, віддалених від централізованих енергосистем.

2.2. Вітроелектростанції. Нерівномірність швидкостей потоку повітряних мас зумовлює виникнення пульсацій значень сили струму, що виробляється генератором. Для уникнення подібних явищ застосовують акумулятори, що входять до складу вітроелектростанцій. Сучасна вітроелектростанція, що здатна працювати в умовах перервного вітрового потоку до свого складу включає вітрогенератор, встановлений на щоглі, акумуляторну батарею, контролер (станція керування) та автономний інвертор (рис. 4).



Рис. 4. Структурна схема вітроелектростанції.

Вітрогенератор перетворює механічну енергію повітряних потоків у електричну, внаслідок чого виробляється змінний електричний струм. Контролер, перетворюючи змінний струм в постійний, заряджає акумуляторну батарею. Інвертор перетворює постійний струм в змінний промислової частоти (50 Гц), який подається до споживача.

Ринок України забезпечується вітроелектроустановками зарубіжного виробництва, що призначені для постачання електроенергії за відсутності необхідних номінальних значень швидкості потоків повітря (табл. 7).

Таблиця 7.

**Системи автономного та резервного енергозабезпечення на основі горизонтальних вітрогенераторів EuroWind [14].**

| Найменування комплекта | Місячне напруження, кВт/міс | Потужність системи, кВт | Комплектація      |                    |               | Вартість, у.о. |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------|--------------------|---------------|----------------|
|                        |                             |                         | Генератор         | АКБ                | Інвертор      |                |
| Ветер 03-20-03         | 50                          | 0.3                     | Eurowind 300M     | 200 А·год, 1 шт.   | 300 Вт 220В   | 1 288          |
| Ветер 03-40-05         | 50                          | 0.5                     | Eurowind 300M     | 200 А·год, 2 шт.   | 500 Вт 220В   | 1 595          |
| Ветер 05-20-06         | 120                         | 0.6                     | Eurowind 500      | 200 А·год, 2 шт.   | 600 Вт 220В   | 2 192          |
| Ветер 05-40-1.2        | 120                         | 1.2                     | Eurowind 500      | 200 А·год, 4 шт.   | 1,2 кВт 220В  | 2 935          |
| Ветер 06-20-1.2        | 140                         | 1.2                     | Eurowind 600      | 200 А·год, 2 шт.   | 1,2 кВт 220В  | 2 475          |
| Ветер 06-40-1.4        | 140                         | 1.4                     | Eurowind 600      | 200 А·год, 4 шт.   | 1,4 кВт 220В  | 3 130          |
| Ветер 1-20-1.2         | 230                         | 1.2                     | Eurowind 1        | 200 А·год, 4 шт.   | 1,2 кВт 220В  | 3 285          |
| Ветер 1-40-2.2         | 230                         | 2.2                     | Eurowind 1        | 200 А·год, 8 шт.   | 2,2 кВт 220В  | 4 620          |
| Ветер 2-20-2.4         | 450                         | 2.4                     | Eurowind 2        | 200 А·год, 8 шт.   | 2,4 кВт 220В  | 5 960          |
| Ветер 4-40-5           | 900                         | 5                       | Eurowind 2, 2 шт. | 200 А·год, 16 шт.  | 5 кВт 220В    | 12 140         |
| Ветер 6-40-5           | 1350                        | 7                       | Eurowind 2, 3 шт. | 200 А·год, 24 шт.  | 7 кВт 220В    | 18 200         |
| Ветер 5-20-4.2         | 1100                        | 4.2                     | Eurowind 5        | 200 А·год, 20 шт.  | 4,2 кВт 220В  | 22 280         |
| Ветер 5K-20-7          | 1100                        | 7                       | Eurowind 5        | 200 А·год, 20 шт.  | 7 кВт 220В    | 23 950         |
| Ветер 10-40-10.5       | 2200                        | 10.5                    | Eurowind 10       | 200 А·год, 40 шт.  | 10.5 кВт 220В | 31 550         |
| Ветер 10K-40-14        | 2200                        | 14                      | Eurowind 10       | 200 А·год, 40 шт.  | 14 кВт 220В   | 33 180         |
| Ветер 20K-40-16        | 5600                        | 16                      | Eurowind 20       | 200 А·год, 60 шт.  | 16 кВт 220В   | 54 800         |
| Ветер 20K-60-24        | 5600                        | 24                      | Eurowind 20       | 200 А·год, 90 шт.  | 24 кВт 220В   | 65 095         |
| Ветер 30K-80-24        | 7000                        | 24                      | Eurowind 30       | 200 А·год, 120 шт. | 24 кВт 220В   | 84 495         |
| Ветер 30K-80-30T       | 7000                        | 30                      | Eurowind 30       | 200 А·год, 120 шт. | 30 кВт 380В   | 86 910         |
| Ветер 50K-120-48T      | 11500                       | 48                      | Eurowind 50       | 200 А·год, 180 шт. | 48 кВт 380В   | 170 080        |
| Ветер 100T             | 23000                       | 100                     | Eurowind 100      | 200 А·год, 400 шт. | 100 кВт 380В  | 340 540        |

Таким чином:

1. Для забезпечення безперебійного живлення споживачів електричною енергією за умов переривчастого вітру вітроелектростанція повинна мати в своєму складі вітрогенератор зі щоглою, контролер, акумуляторну батарею та інвертор.
2. Основні характеристики вітроелектростанції це: вихідна потужність; тривалість

безперервної роботи при відсутності вітру або при слабкому вітрі; швидкість заряду акумуляторних батарей.

3. Номінальна потужність вітроелектростанцій типу «Ветер», обладнаних вітрогенераторами EuroWind та акумуляторними батареями знаходиться в межах від 0,3 кВт до 100 кВт.

4. Вихідна потужність (кВт) (пікове навантаження) визначається тільки потужністю інвертора. Цей параметр визначає максимальну кількість споживачів, за потужністю, які можуть бути одночасно підключені до вітроелектростанції. Потужність інверторів від 0,3 кВт до 100 кВт.

5. Тривалість безперервної роботи при відсутності вітру визначається ємністю акумуляторних батарей (А·год, або кВт·год) і залежить від потужності споживачів і тривалості споживання електроенергії. Кількість акумуляторних батарей від 1 до 400 шт. ємністю 200 А·год кожна.

6. Швидкість заряду акумуляторних батарей кВт·год/год залежить від потужності вітрогенератора. Чим потужніший генератор, тим швидше відбувається заряд акумуляторних батарей.

7. Місячне виробництво електричної енергії вітроелектростанціями в залежності від їх потужності знаходиться в межах від 50 до 23 000 кВт·год.

8. Встановлення 1 кВт потужності вітроелектростанції в економічних умовах України обходиться споживачеві в межах 3 500-4 300 у.о.

Для підвищення надійності електропостачання вітроелектростанції об'єднують в системи «сонце-вітер» (рис. 5), до складу яких входять сонячні батареї (рис. 6).



Рис. 5. Схематичне зображення режиму роботи гібридної автономної системи «сонце-вітер».

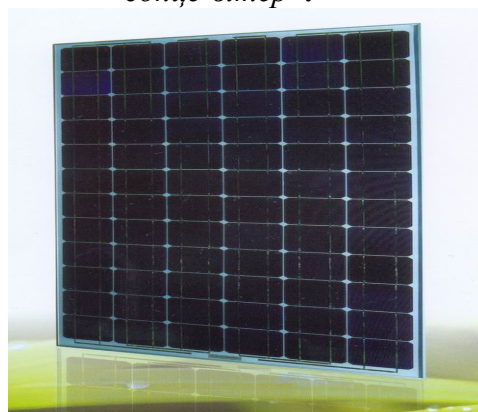


Рис. 6. Фотоелектричний модуль KV 150 Вт/24 В.

Модуль KV 150 Вт/24 В при максимальній потужності та напрузі живлення 12 В створює струм 8,8 А. Площа модуля 1,275 м<sup>2</sup>, вага 15 кг. Температурний діапазон експлуатації -40°C...+80°C.

Компанія «Українська альтернативна енергетика» пропонує системи автономного та резервного енергозабезпечення на основі вітрогенераторів EuroWind та сонячних модулів EuroSolar, технічні характеристики яких наведені в табл. 8.



Таблиця 8.

**Системи автономного і резервного енергозабезпечення на основі вітрогенераторів EuroWind і сонячних модулів EuroSolar**

| Найменування комплекту | Місячне напруження, кВт/міс | Потужність системи, кВт | Комплектація<br>Генератор / щогла / сонячні модулі /<br>АКБ / інвертор          | Вартість, у.о. |
|------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Гібрид 05-008-20-1     | 130                         | 1                       | Eurowind 500 / з розт. 6 м / ES(A)-40, 2 шт. / 200 А·год, 2 шт. / 1 кВт 220 В   | 2 708          |
| Гібрид 05-016-40-1,4   | 150                         | 1,4                     | Eurowind 500 / з розт. 6 м / ES(A)-40, 4 шт. / 200 А·год, 4 шт. / 1,4 кВт 220 В | 3 726          |
| Гібрид 1-016-20-2      | 190                         | 2                       | Eurowind 1 / з розт. 6 м / ES(A)-40, 4 шт. / 200 А·год, 4 шт. / 2,1 кВт 220 В   | 4 526          |
| Гібрид 1-032-20-2      | 250                         | 2                       | Eurowind 1 / з розт. 9 м / ES(A)-40, 8 шт. / 200 А·год, 4 шт. / 2,1 кВт 220 В   | 4 526          |
| Гібрид Ф 1-05-40-3     | 420                         | 3,5                     | Eurowind 1 / ферма 17 м / ES(A)-40, 12 шт. / 200 А·год, 8 шт. / 3,5 кВт 220 В   | 9 288          |

Як показує аналіз вартості обладнання систем гібридного енергозабезпечення на основі вітрогенераторів і сонячних модулів, вартість кожного кіловата електрогенеруючого обладнання становить від 2,7 тис. у.о.

**3. Екологічний вплив вітроелектростанцій на довкілля.**

1. Вітроустановки є джерелом шуму як в звуковому, так і в інфразвуковому діапазоні, що негативно впливає на людський організм, викликає постійний пригнічений стан і життєвий дискомфорт. Вітряні енергетичні установки генерують два різновиди шуму:

- механічний шум (шум від роботи механічних і електричних компонентів);
- аеродинамічний шум (шум від взаємодії вітрового потоку з лопатями установки).

Сучасні вітрогенератори практично безшумні. При низьких і середніх вітрах вони не видають звуків. При сильних вітрах з'являється легкий шелест, який створюється при зриві вітру з лопатей генератора (табл. 9). Допустимий робочий шум установки за вітчизняними нормами – до 80 дБ.

Таблиця 9.

**Рівень шуму вітрогенераторів EuroWind**

| Модель                | 300L             | 500  | 1    | 2    | 3    | 5    | 10   | 20   |
|-----------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Швидкість вітру (м/с) | Рівень шуму (дБ) |      |      |      |      |      |      |      |
| 3                     | 20,9             | 20,9 | 23,3 | 24,6 | 20,9 | 20   | 21,3 | 29,7 |
| 4                     | 23,4             | 22,7 | 24,8 | 24,8 | 27,8 | 22,6 | 21,7 | 34   |
| 5                     | 28,5             | 26,2 | 30,9 | 29,5 | 36,2 | 24,5 | 29,4 | 38,2 |
| 6                     | 36,7             | 33,6 | 36,9 | 35,2 | 40,2 | 32,2 | 30,6 | 40,9 |
| 7                     | 43,6             | 40,3 | 42,2 | 40,7 | 45,8 | 35,6 | 41,4 | 45,1 |
| 8                     | 49,8             | 45   | 49   | 48,2 | 46,9 | 40,4 | 44,5 | 48   |
| 9                     | 51,6             | 52,7 | 53,4 | 52,6 | 48,9 | 44,7 | 50,3 | 51,3 |
| 10                    | 61,8             | 58,4 | 62,4 | 61,8 | 59   | 48,6 | 54,8 | 54,6 |
| 11                    | 66,2             | 59,5 | 64   | 65,8 | 62,4 | 58,4 | 58,4 | 57,5 |
| 12                    | 69,5             | 63,3 | 70,7 | 70,5 | 64,6 | 59,3 | 59,4 | 61,7 |

2. Розміщення вітроелектростанцій потребує відповідних земельних ділянок. Вітрогенератори встановлені на щоглах з розтяжками займають ділянку території діаметром до 20 м.

3. Вітрогенератори здатні наносити шкоду птахам та кажанам. Висота щогли досягає 18 м. Швидкість обертання ротора 80-450 об/хв. Довжина лопатей від 0,3 до 8,6 м.

Популяції кажанів, що живуть поряд з вітроелектростанціями, на порядок більш вразливі, ніж популяції птахів. Біля кінців лопатей вітрогенератора утворюється зона

зниженого тиску, потрапивши до якої, кажан одержує сильну баротравму. У понад 90% кажанів, знайдених поряд з вітряками, виявляють ознаки внутрішнього крововиливу. Птахи, маючи іншу будову легенів, більш резистентні до різких перепадів тиску і страждають лише від безпосереднього зіткнення з лопатями вітрогенераторів.

4. Металеві споруди вітроустановки, особливо елементи в лопатях, можуть створювати значні перешкоди в прийомі радіо- та телесигналів. Причому, чим крупніша вітроустановка, тим більші перешкоди вона може створювати.

#### **Пропозиції та рекомендації стосовно впровадження вітроелектростанцій в зоні Полісся.**

1. В зоні Полісся середньомісячна та річна швидкість руху повітря не перевищує 3-4 м/с. В цьому випадку технічно доцільно застосувати вітроелектростанції обладнаних акумуляторними батареями для живлення окремих об'єктів невеликої потужності.

2. Для забезпечення надійного електропостачання в умовах переривчастих вітрових потоків технічно доцільно застосувати гібридні системи енергопостачання «сонце-вітер».

3. Вартість сучасного обладнання вітроелектростанцій та систем гібридного енергозабезпечення «сонце-вітер» досить значна. Вартість 1 кіловата електрогенеруючого обладнання становить від 2 500 тис. у.о., що є досить складним для придбання його в сучасних економічних умовах, в яких знаходяться сільськогосподарські виробники.

4. Використання вітроелектроустановки стає економічно вигідним лише у віддалених фермерських господарствах за відсутності прокладених електромереж. За даними ЦНДІ «Електроприлад» [1] середня вартість прокладки електромережі становить близько більше 10 тис. у.о. за 1 км.

#### ***Використані джерела інформації***

1. Альтернативна енергетика: [навч. посібник для студ. вищ. навч. закл.] / М.Д. Мельничук, В.О. Дубровін, В.Г. Мироненко, І.П. Григорюк, В.М. Поліщук, С.В. Драгнєв, І.В. Свистунова, С.М. Кухарець. – К: ХОЛТЕХ, 2011. – 568 с.

2. Величко С.А. Енергетика навколишнього середовища України (з електронними картами). Навчально-методичний посібник для магістрантів. / Науковий редактор проф. І.Г. Черваньов. – Харків: Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна. - 2003. – 52с.

3. Ветрогенераторы и ветроустановки. Методы расчета экономической эффективности СТП 33ГА-2-78. М.: НПО «Ветроэн», 1978 – 26 с.

4. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т. Медведева. – М.: Гардарики, 2002. – 687 с.

5. Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. / За редакцією Д.І. Мазоренка і В.Г. Цапка. – К.: Основа, 2007. – 392 с.

6. Жидкова Т.В. Довідковий посібник до розрахунково-графічної роботи і практичних занять з курсу "Міська кліматологія " (для студентів 2 курсу денної і заочної форми навчання спеціальності 6.092103 - "Міське будівництво і господарство") - Харків: ХНАМГ, 2008. – 24 с.

7. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки / В.П. Харитонов. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

8. Харитонов В.П. Работа электронасосной ветроустановки при порывистом ветре // Доклады Первой Всесоюзной научно-технической конференции по возобновляемым источникам энергии. Выпуск 2. Ветроэнергетика. М.: 1972. – С. 43-48.

9. Харитонов В.П. Условия рационального агрегатирования автономных ветроэлектрических установок // Научные труды ВИЭСХ. т. 86. М.: ВИЭСХ, 2000.

10. Харитонов В.П., Абрамов Н.Д., Салимов В.Э., Волосов Д.Р. Анализ характеристик ветроэлектрических установок // Техника в сельском хозяйстве. 2004. – №5.

11. Харитонов В.П., Гром Ю.И., Лазарев А.Н. Новая ветродизельная электрическая установка // Энергоснабжение. 2005. – № 5.

12. <http://alternativenenergy.ru/knigi/001/145-tipy-vetrogeneratorov.html>

13. <http://www.alternatesource.ru/files/wind/index.html>

14. [http://www.stozhary.biz/price\\_gen.php](http://www.stozhary.biz/price_gen.php).