

---

# МЕЛІОРАЦІЯ І РОДЮЧІСТЬ ҐРУНТІВ

---

## МЕЛІОРАЦІЯ И ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

## MELIORATION AND SOIL FERTILITY

УДК 631.67

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.110-1.27>

---

## ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПОТРЕБ ЗРОШЕННЯ

---

**Волошин М.М.** – к.т.н., доцент,  
доцент кафедри гідротехнічного будівництва,  
водної інженерії та водних технологій,  
Херсонський державний аграрний університет

У статті наведено результати досліджень використання відновлюваної вітрової енергії для потреб зрошення. Пропонується використання вітрової енергії для зменшення негативного впливу людини на навколишнє середовище його покращення. У статті розглянуто різні фактори впливу на довкілля, зокрема і використання енергоємного зрошуваного землеробства. Для зменшення собівартості вирощування сільськогосподарської продукції пропонується використання невичерпних джерел енергії, а саме енергії вітру. У роботі розглянуто основні конструктивні особливості різних конструкцій вітроенергетичних установок. Наведено схеми площі, що обслуговується вітровим колесом, аеродинамічних гальм, розміщення вітроенергетичної установки. Визначено залежність вихідної потужності від рельєфу місцевості. Наведено схему базової компоновки вітроенергетичної установки. У роботі наведено і недоліки вітроенергетичних установок. Визначено технічні характеристики установок залежно від кута напрямку вітру відносно осі ротора та площі омітання вітрового колеса. Наведено показники швидкості вітру, за яких починається вироблення енергії. Розглянуто основні принципи місця розміщення вітроенергетичної установки на місцевості відносно поверхні землі. Наведено основні елементи вітроенергетичних установок, їх призначення, кількість та необхідність для повноцінної роботи системи в цілому. Для прикладу розглянуто найбільш використовуваний Каховський район щодо застосування зрошення. Здійснено аналіз зміни швидкості вітру у Каховському районі за місяцями та роками. Визначено найбільш продуктивні місяці року для роботи вітрової енергії для потреб зрошення. Встановлено, що в Каховському районі швидкості вітру цілком достатньо для вироблення електроенергії для використання сучасного зрошення.

**Ключові слова:** відновлювані джерела енергії, вітрова енергія, конструктивні особливості, вітроенергетична установка, зрошення.

### **Voloshyn M.M. Use of wind energy for irrigation needs**

The article presents the results of research on the use of renewable wind energy for irrigation purposes. It is proposed to use wind energy to reduce the negative impact of humans on the environment and thus improve it. The article deals with various environmental factors, including the use of energy-intensive irrigated agriculture. In order to reduce the cost of growing agricultural products, it is proposed to use inexhaustible energy sources, namely wind energy. The basic design features of different designs of wind power plants are considered in the work. The following diagrams are shown: wind wheel swept areas, aerodynamic brakes, location of wind power plant, dependence of output power on terrain relief, scheme of basic layout of wind power plant. The disadvantages of wind power plants are also given. The technical characteristics of the installations are determined depending on the angle of the wind direction with respect to the axis of the rotor and the area of the wind wheel. The wind speed indexes at which energy production begins. The basic principles of location of the wind power installation on the terrain in

---

*relation to the surface of the earth are considered. The basic elements of wind power plants, their purpose, the number and the need for the full operation of the system as a whole are described. For example, the most used area of Kakhovka for irrigation application is considered. Wind speed changes in the Kakhovskyi district are analyzed by months and years. The most productive months of the year for wind energy for irrigation purposes are identified. It is established that in the Kakhovskyi district wind speeds are sufficient to generate electricity for modern irrigation.*

**Key words:** renewable energy sources, wind energy, design features, wind power plant, irrigation.

**Постановка проблеми.** Інтерес людства до використання відновлюваної, тобто зеленої, енергії останнім часом став проявлятися все більш помітно. Розробляються нові установки, що використовують принципи перетворення природної енергії на теплову, електричну тощо, які не завдають шкоди навколишньому середовищу [1, с. 5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним з видів таких пристроїв є вітроенергетичні установки (далі – ВЕУ), що використовують енергію вітру. Вітер є джерелом, що існує в навколишньому просторі незалежно від бажання людини і її діяльності [2, с. 11–14].

**Постановка завдання.** Для зменшення негативного впливу людства на оточуючий світ в малому сегменті промисловості на прикладі зрошуваного землеробства пропонується використовувати альтернативні джерела енергії. Це дозволить зменшити ціну на продукцію, покращити стан навколишнього середовища, стати незалежними від постачальників електроенергії.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сьогодні водночас зі збільшенням кількості населення потреба у збереженні природних ресурсів, вичерпних джерел енергії, зменшенні впливу парникового ефекту та зменшенні шкоди довкіллю стає головною. Якщо не зберегти те, що залишилось від природи, що ми звемо оточуючим середовищем, наслідки будуть катастрофічні, людство захлинеться у бідах та катаклізмах, яке саме й спричинило. Не винятком є й зрошуване землеробство, адже для роботи насосних станцій, дощувальних машин конче необхідна велика кількість енергії. Це значно впливає на формування ціни готової продукції і робить товари важкодоступними для певних верств населення.

Нині існує величезне різноманіття машин, механізмів і установок, які ловлять вітер і перетворюють його на корисну електроенергію. Найпоширеніші з них – вітротурбіни з горизонтальною віссю обертання (рис. 1).

Однак у цих машин є один істотний недолік. Вони довго думають, перш ніж розгорнути свої лопаті на вітер, напрям якого може змінитися кожної секунди. Залежно від напрямку вітру змінюється площа, що обслуговується вітроколесом, яка є основою для розрахунку вихідної потужності вітроенергетичної установки:

$$P_{\text{веу}} = 0,4 D^2 * v * E * \rho * \eta_{\text{мех}} * \eta_{\text{ген}}, \quad (1)$$

де  $D$  – діаметр вітрового колеса;  $v$  – швидкість вітру, м/с;  $E$  – коефіцієнт використання вітрової енергії;  $\rho$  (0.125 кг с<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>) – щільність повітря;  $\eta_{\text{мех}}$  – КПД редуктора;  $\eta_{\text{ген}}$  – КПД генератора.

Зазвичай в технічних характеристиках установок з горизонтальною віссю площа, що обслуговується вітроколесом, вважається рівною площі, охопленої лопатями вітроустановки. Однак на рис. 2 видно, що площа, яка обслуговується, залежить від напрямку вітру відносно осі ротора. Вона в деякі моменти може бути значно меншою від площі вітроколеса. Отже, потужність, що виробляється вітроустановкою, також буде непостійною.

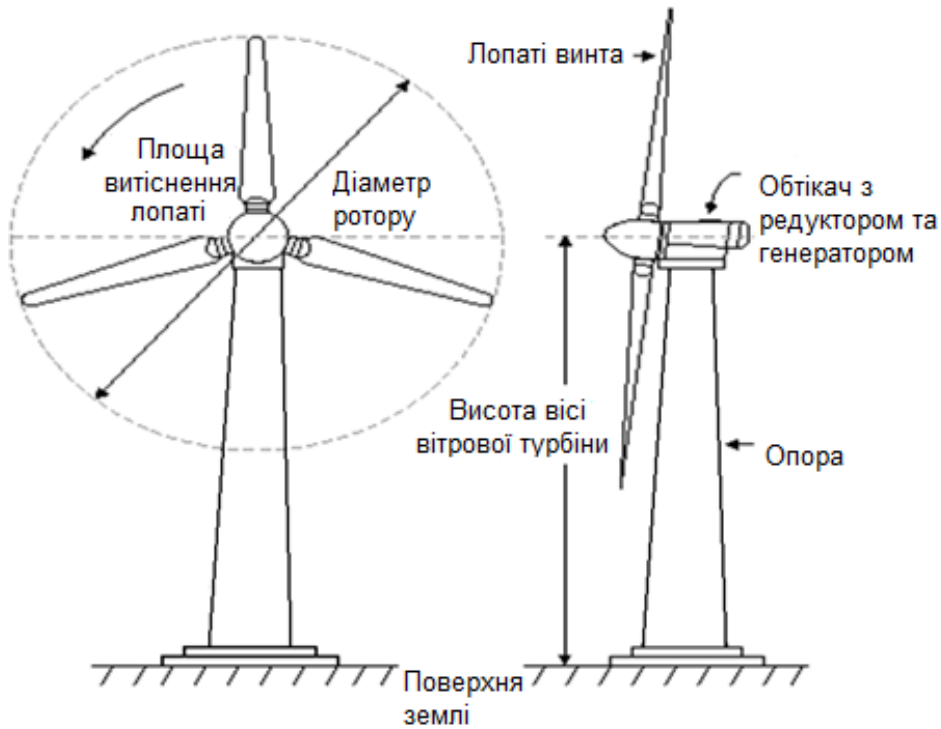


Рис. 1. Вітроенергетична установка з горизонтальною віссю обертання

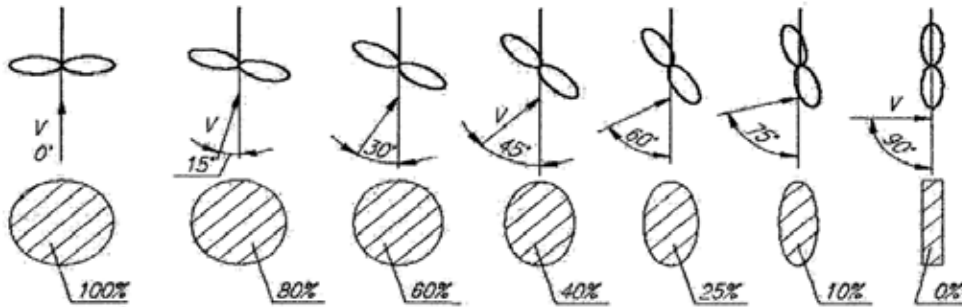


Рис. 2. Площа, що обслуговується вітровим колесом

Це не стосується установок з вертикальною віссю обертання, хоча й вони мають свої переваги і недоліки. На рис. 3 показана схема роботи установки з вертикальною віссю обертання. За наявності вітру вітродотор, що складається з лопатей, закріплених між кільцями, обертається і рухає генератор, який за допомогою електронного регулятора виробляє постійний електричний струм з напругою 48 В. Далі постійний струм за допомогою інвертора перетворюється на змінний струм з напругою 220 В і надходить безпосередньо споживачеві. Акумуляторні батареї увімкнені паралельно з кабелем виходу генератора і підживлюють інвертор в разі відсутності вітру.

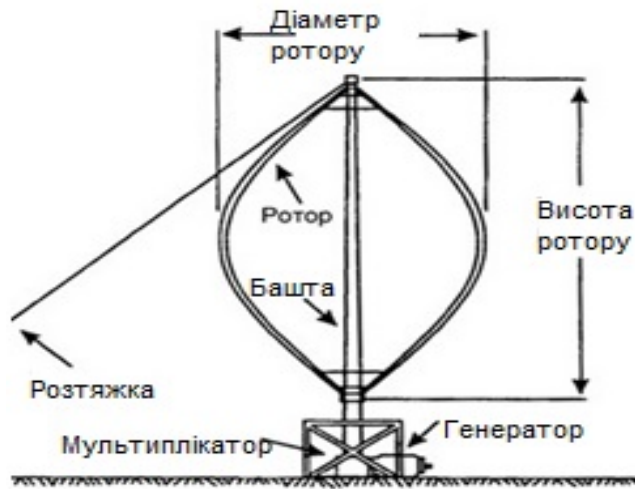


Рис. 3. Вітроенергетична установка з вертикальною віссю обертання

Вихід інвертора підключається до клем, від яких повинна йти внутрішня розводка у приміщенні споживача. ВЕУ стартує (саморозкручуваний) при поривах вітру 3,5 м/с (в цей час анемометр може показати більш низьку швидкість вітру). Вироблення енергії починається при швидкості вітру 2 м/с.

Швидкість обертання ВЕУ у разі досягнення 180 обертів за секунду при подальшому посиленні вітру стабілізується за рахунок аеродинамічних гальм (рис. 4). Завдяки цьому ВЕУ не йде в рознос. Для роботи в умовах низьких температур лопаті ВЕУ комплектуються спеціальною вуглепластиковою плівкою, що запобігає обмерзанню поверхні лопатей [3, с. 17].

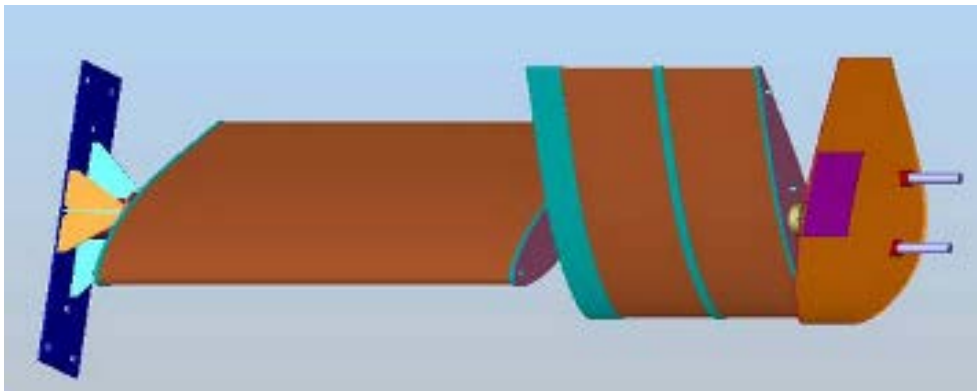


Рис. 4. Аеродинамічні гальма

Енергія вітру – це кубічна функція швидкості вітру. Це означає, що незначні зміни швидкості вітру викликають суттєві зміни вихідної потужності. У разі подвоєння швидкості вітру вихідна потужність зростає у вісім разів. Навіть незначна зміна у той чи інший бік має суттєві наслідки.

Під час вибору місця розміщення ВЕУ потрібно завжди враховувати те, що чим ближче лопаті до поверхні землі, тим нижчою є швидкість вітру. Це результат дії сили тертя земної поверхні і наявності перешкод на поверхні землі. Через ці перешкоди виникають завихрення, що знижують ефективність будь-якого вітрогенератора, тому розміщувати вітрогенератор слід на майданчику, де для вітру існує якнайменше перешкод.

Вітрогенератор слід встановлювати на вищці, яка підноситься як мінімум на 8–10 метрів над будь-якими об'єктами в радіусі 150 м. Якщо це виявиться неможливим, то встановлюють вітрогенератор якомога вище. Крім того, необхідно враховувати, що вітрогенератор може давати вібрацію, яка буде передаватися на поверхню, на якій він встановлений (рис. 5).

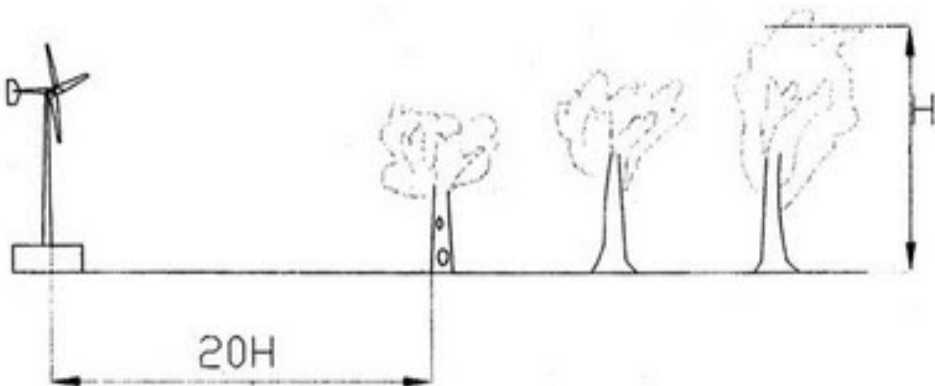


Рис. 5. Приклад розміщення вітроенергетичної установки

Хоча для досягнення максимальної вихідної потужності важливо, щоб вітрогенератор встановлювався в найкращому з точки зору вітрів місці, однак протиположною для цієї вимоги є вартість щогли і складність установки (рис. 6).

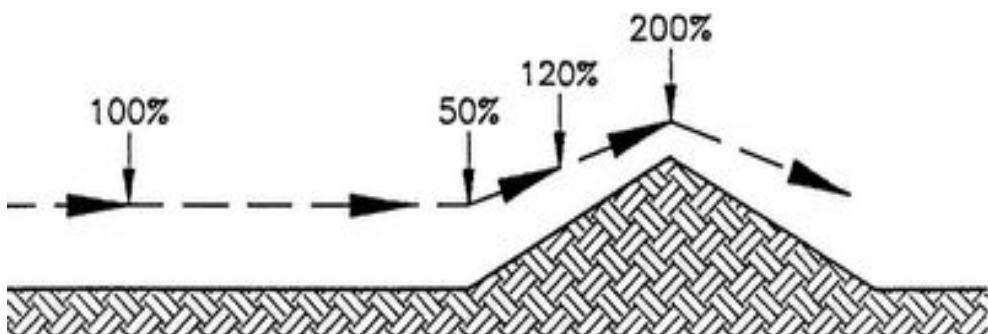


Рис. 6. Залежність вихідної потужності від рельєфу місцевості

Як правило, чим вище встановлюється щогла, тим більшою буде вихідна потужність. Однак чим вище щогла, тим більше вона коштує і тим складніше її

встановлювати. Якщо за рахунок придбання більш високої щогли вдасться істотно збільшити потужність, то це може окупити додаткові витрати і зусилля.

До основних елементів вітроенергетичної установки належать блоки і механізми, які забезпечують нормальну роботу агрегата і допомагають трансформувати енергію вітру в електричний струм. До основних вузлових деталей можна віднести вітрогенератор, акумуляторні батареї, інвентор і контролер [4, с. 33].

Призначення вітрогенератора – перетворювати кінетичну енергію повітряного потоку, званого вітром, на енергію електричну. Всі складники для конкретного вітрогенератора, крім швидкості вітру, є постійними (щільність повітря залежить від температури, але її змінами можна знехтувати як малими). З огляду на це можна сказати, що потужність, що виробляється вітрогенератором, пропорційна кубу швидкості вітру. Це означає, що потужність вітрогенератора на слабких вітрах, навіть якщо він обертається, дуже мала. Але з посиленням вітру відбувається різке наростання потужності. Оскільки вітер на практиці дме з постійною швидкістю і напрямом тільки в аеродинамічній трубці, то зрозуміло, що потужність, що виробляється вітрогенератором, є мінливою за часом і величиною. Через це будь-яка енергетична система з використанням вітрогенератора як джерела енергії повинна мати стабілізуючу ланку.

У малих автономних системах роль такої ланки зазвичай відіграє акумуляторна батарея. Якщо потужність вітрогенератора більша від потужності навантаження, то батарея заряджається. Якщо потужність навантаження більша – батарея розряджається. З цього випливає така важлива особливість вітрогенератора як джерела потужності: якщо більшість інших джерел вибираються за потужністю пікового навантаження, то вітрогенератори слід вибирати з огляду на величину споживання електроенергії за місяць або за рік.

Інвертором називається прилад, схема або система, яка створює змінну напругу під час підключення джерела постійної напруги. Існує й такий спосіб визначення: інверсія – функція, зворотна випрямленню. Випрямлячі перетворюють змінну напругу на постійну, а інвертори, навпаки, перетворюють постійну напругу на змінну.

Контролер заряду – це прилад, що регулює надходження заряду з джерел електроенергії на акумулятори. Він є однією з головних частин вітроенергетичної установки. Функція контролера – це збереження ресурсу акумуляторних батарей, а також підвищення вироблення енергії. Зараз переважно використовують контролери двох таких типів: ШІМ (PWM) – широтно-імпульсна модуляція (Pulse - width modulation) і МРРТ – пошук точки максимальної потужності (Maximum Power Point Tracking). Контролер з ШІМ за допомогою перетворення знижує напругу батареї до потрібного значення і підтримує це значення. Це дозволяє досягати 100-відсоткового рівня зарядки акумулятора. МРРТ-контролер постійно відстежує, на якій стадії заряду перебуває акумулятор (наповнення, насичення, вирівнювання, підтримка), і на підставі цього визначає, який струм повинен подаватися в інші акумулятори (рис. 7). Стимулом для переходу на невичерпні джерела енергії є суттєва зміна клімату, що сталася на всій планеті останніми роками.

Відстежуючи тенденцію змінення вітру на території Каховського району, з впевненістю можна сказати, що простежується тенденція щорічного збільшення швидкості вітру, що дозволить отримувати «чисту» електроенергію при використанні вітроенергетичних установок. Згідно з даними метеостанції «Каховка» та таблиці 1 будемо графік змін швидкості вітру в часі (рис. 8).

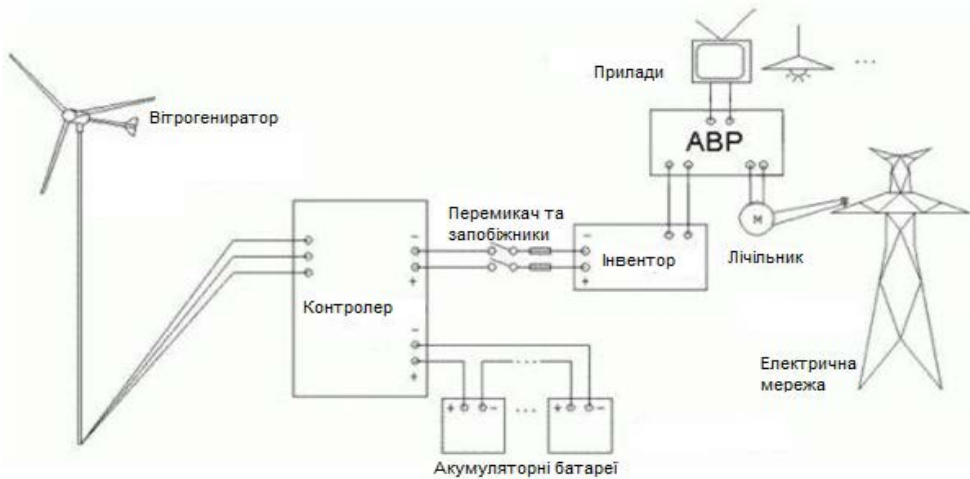


Рис. 7. Схема базової компоновки вітроенергетичної установки

Таблиця 1

## Зміни швидкості вітру в часі

Зміни швидкості вітру у Каховському районі за місяцями та роками				
Місяць	Швидкість вітру м/с			
Рік	2015	2016	2017	2018
Січень	2,60	3,95	2,87	4,61
Лютий	3,00	3,73	4,52	4,75
Березень	3,53	3,37	4,01	4,24
Квітень	3,12	3,02	3,65	3,55
Травень	2,19	2,78	2,65	3,24
Червень	2,42	2,62	2,47	3,17
Липень	2,40	2,42	2,85	3,87
Серпень	2,40	2,63	2,84	3,58
Вересень	2,65	3,08	3,22	2,85
Жовтень	2,50	3,32	3,74	3,02
Листопад	2,63	3,17	3,42	3,05
Грудень	2,81	3,47	3,98	3,79

\* кольором виділені місяці і роки, коли вітер є необхідним для роботи вітроенергетичних установок для зрошення

Як видно із наведеної таблиці 1 та графіка (рис. 8), швидкість вітру є цілком достатньою для вироблення електроенергії і використання її у зрошенні.

**Висновки і пропозиції.** Як показує аналіз літературних джерел, слід використовувати пристрої вітроенергетичних установок для потреб зрошення. Під час підбору відповідного обладнання для забезпечення потреб в електроенергії потрібно завжди керуватися такими правилами:

1) джерело енергії не може бути такої ж потужності, як сукупне навантаження відразу всіх приладів споживача;

2) потужність енергокомплексу визначає його інвертор – сукупний розподільник, через який відбувається роздача енергії приладам споживача;

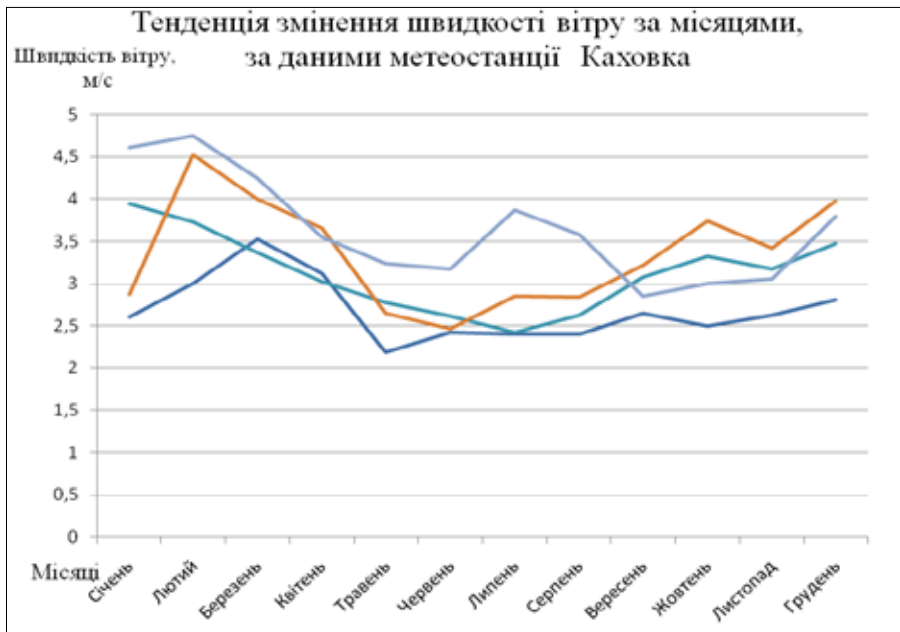


Рис. 8. Динаміка змінення швидкості вітру згідно з даними метеостанції «Каховка»

3) від обсягу акумуляторів залежить не тільки час, який система зможе протриматися без вітру, але і ступінь нерівномірності споживання;

4) акумулятори не можна тримати недозарядженими. Це призводить до їхнього швидкого виходу з ладу. Найголовніший висновок такий: вітрогенератор треба вибирати не за потужністю, а з огляду на обсяг енергії, який він виробляє протягом тижня (місяця, року);

5) вітрогенератор повинен встигати виробляти ту кількість енергії, що споживається. Потужність вітряка – це важлива, але другорядна характеристика. Набагато важливішим є його вироблення, тобто кількість створеної енергії протягом певного часу.

Згідно з даними метеостанції «Каховка» швидкості вітру цілком достатньо для вироблення електроенергії з метою використання сучасного зрошення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Про затвердження правил приєднання електроустановок до електричних мереж : Постанова Національної комісії, що здійснює регулювання у сфері енергетики, від 17.01.2013 № 32.
2. Матвійчук О. Доповідь на конференції з питань розвитку вітроенергетики в Україні. *Нормативно-правова база та державна регуляторна політика*.
3. URL: <https://www.zonchan.com>.
4. URL: <https://www.vetrogenerator.org.ua>.