

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВЕС У НЕВЕЛИКИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ НА ТЕРИТОРІЇ КАРПАТСЬКОГО РЕГІОНУ**

Дослідження присвячене актуальності використання відновлюваних джерел енергії на території Карпатського регіону. В роботі розглянуті всі необхідні умови для будівництва вітроелектростанцій. Проведено аналіз щодо вибору досконалої території для генерації вітрової енергії завдяки сприятливим вітровим умовам та обмеженому впливу на навколишнє середовище. Підібрано вітрові електричні установки таких потужностей, що найбільш доцільно використовувати в даному регіоні.

**Ключові слова:** вітрова електростанція, Карпатський регіон, енергопостачання, нетрадиційні джерела енергії, екологія, екологічна безпека.

Исследование посвящено актуальности использования возобновляемых источников энергии на территории Карпатского региона. В работе рассмотрены все необходимые условия для строительства ветроэлектростанций. Проведен анализ по выбору совершенной территории для генерации ветровой энергии благодаря оптимальным ветровым условиям и ограниченному воздействию на окружающую среду. Подобраны ветровые электрические установки таких мощностей, которые наиболее эффективно использовать в данном регионе.

**Ключевые слова:** ветровая электростанция, Карпатский регион, энергопоставка, нетрадиционные источники энергии, экология, экологическая безопасность

**Постановка проблеми.** Людство все більше замислюється про те, щоб використовувати надійні, безпечні і економічно дешеві джерела енергії. Вітроенергетичний комплекс відкриває нові економічні й соціальні перспективи. Будівництво вітроелектростанцій нового типу не тільки покращить ситуацію з енергопостачанням, а й створить нові робочі місця. Карпатський регіон має досить високий вітроенергетичний потенціал, при цьому необхідно врахувати всі можливі наслідки після будівництва вітрової електростанції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В Україні є необхідність та існують умови для швидкого розвитку вітроенергетики. Однак Україна за рівнем використання енергії вітру знаходиться на 14-му місці серед країн Європи. Виробіток електроенергії за допомогою відновлюваних джерел складає близько 4%. Розроблені НАН України разом з Національним космічним агентством України (НКАУ) «Доповнення до Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. в частині розвитку вітроенергетики» передбачають до 2030 р. побудувати в Україні ВЕС загальною потужністю 16000 МВт [1].

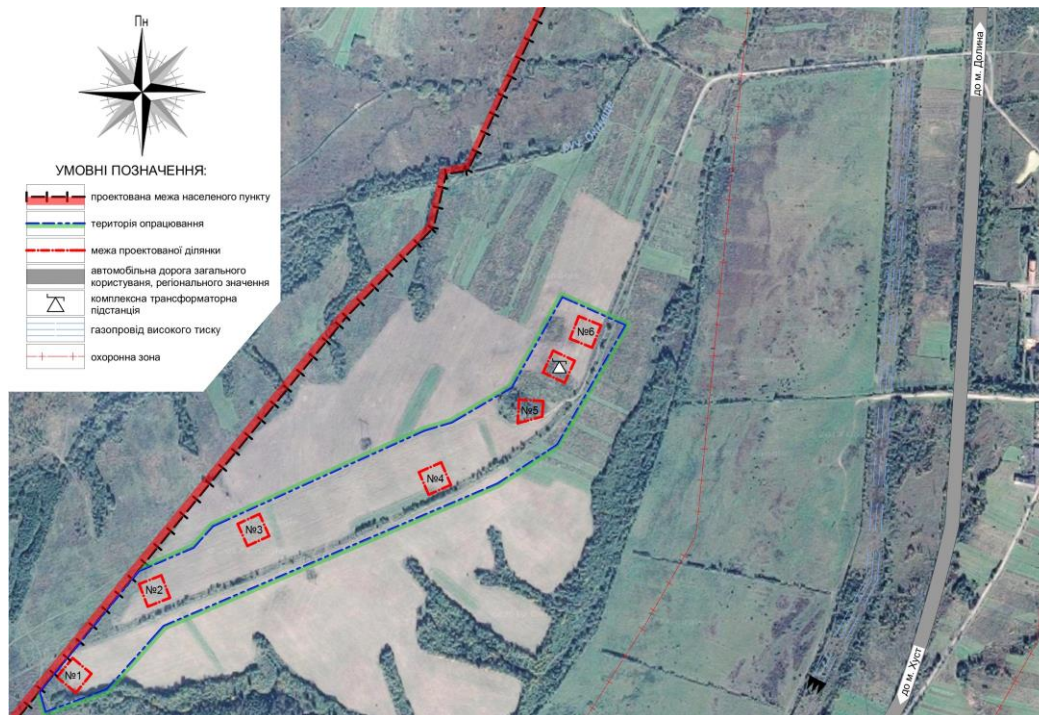
**Формулювання мети статті.** Метою роботи є підтвердження актуальності встановлення нових потужностей (вітрових установок) для виробництва електроенергії на території Карпатського регіону.

**Виклад основного матеріалу.** Для підтримання Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. нами запропоновано впровадження використання нетрадиційних джерел енергії на території Карпатського регіону. Провівши аналіз і врахувавши географічні та кліматичні характеристики досліджуваного району, ми обираємо використання вітрової енергетики. Переваги даного вибору полягають у тому, що Карпатський регіон включає ряд територій, на яких є земельні площі із середньорічними швидкостями вітру 6,0–7,5 м/сек, це і дозволяє ефективно застосовувати обраний метод – будівництво ВЕС. Враховуючи низьку щільність населення на даних територіях, нами було обрано встановлення вітрових установок у невеликих населених пунктах для забезпечення їх енергоавтономності.

Прикладом використання відновлюваних джерел енергії є спорудження вітроелектростанції на території с. Шевченкове Долинського району Івано-Франківської області. У 2015 р. було розроблено проект під будівництво та обслуговування ВЕС в урочищі Обідний в межах населеного пункту (рис.1). Дана ділянка вибрана за рахунок великого потенціалу енергії вітру і розташована на південь від районного центру. Рельєф місцевості складний, гірський, відмітки землі на різних територіях проектування коливається в межах 504,0–590,9 м. В результаті досліджень фізико-геологічних процесів та явищ, несприятливих для будівництва, не виявлено.

Враховуючи всі кліматичні умови ділянки, вирішено, що найбільш доцільно використовувати вітрогенератори двох типів: «Nordex» потужністю 600 кВт та «Nordex» – 1300 кВт.

Вітрову електростанцію встановлюють таким чином, щоб сприяти запобіганню наслідків глобального потепління, гарантованому та безпечному енергопостачанню. Викиди парникових газів можуть бути зменшені завдяки заміщенню в українській енергосистемі вироблення електричної енергії тепловими електростанціями на генерацію енергії ВЕС. Ділянка, на якій передбачено будівництво ВЕС вважається ідеальною для генерації вітрової енергії при наявності сприятливих вітрових умов та обмеженому впливу на навколишнє середовище. Території, важливі для туристичної індустрії та житлові поселення, повинні бути розташовані на відстані, достатній для того, щоб уникнути будь-якого турбування від шуму та візуального впливу.



**Рис. 1. Схема розташування об'єкту**

З метою деталізації і уточнень у більш крупному масштабі та визначення параметрів і вимог до розташування споруд розробляється детальний план території, на якій планується розташування вітроелектростанції.

Територія, яка розглядається детальним планом населеного пункту, складається з окремих ділянок із розташуванням на них споруд, що формують комплекс вітроелектростанції, а саме:

- вітроелектроустановок (ВЕУ);
- трансформаторного пункту (КТП);
- технологічних проїздів;
- лінії електропередач.

Об'єкти, що входять до складу вітрової електричної станції відносяться до таких певних категорій та класу наслідків (табл.1).

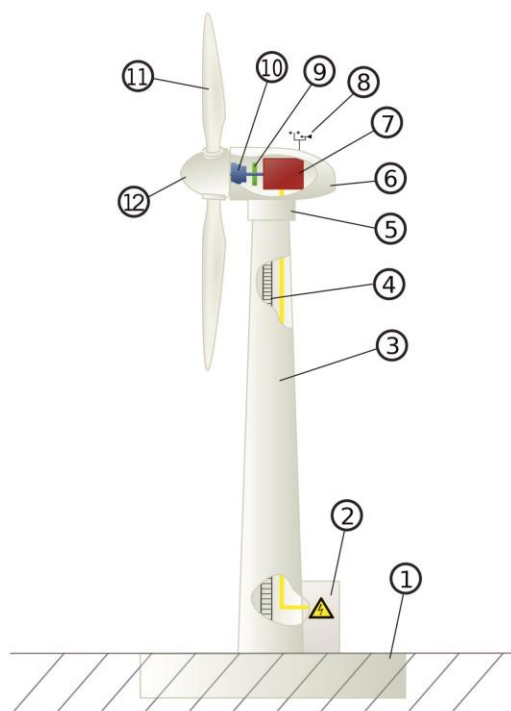
*Таблиця 1*

**Об'єкти вітрової електричної станції**

Найменування	Категорія об'єкту	Клас наслідків (відповідальності)
Вітрова електрична установка	IV	CC2
Технологічні проїзди	II	CC1
Трансформаторний пункт	III	CC2
Лінії електропередачі	III	CC2

ВЕУ – це пристрій, що призначений для перетворення кінетичної енергії вітру в електричну. ВЕУ розраховані для розташування в місцях із середньорічною швидкістю вітру 7,5 м/с.

ВЕУ являє собою конусоподібну вежу висотою 50-60 м, на верхівці якої розташована гондола з ротором, лопаті, діаметр яких складає від 43,0 м (для ВЕУ 600 кВт) та діаметр 60 м (для ВЕУ 1300 кВт) (рис. 2).



**Рис. 2. Вітрова електрична установка** (1 – фундамент; 2 – трансформатор; 3 – вежа; 4 – драбина для доступу до гондоли; 5 – поворотний механізм; 6 – гондола; 7 – електрогенератор; 8 – система відслідковування швидкості на напрямку вітру; 9 – гальмівна система; 10 – трансмісія; 11 – лопаті, 12 – ковпак ротору)

Вежа має трубчасту форму і складається з 24 секцій, що з'єднуються між собою високоміцними зварними швами. Діаметр вежі в основі складає 3,56 м, а на верхівці 1,56 м. В основі вежі розташований люк, через який можна потрапити в середину вежі де, знаходяться кабельні лінії, що ведуть від генератора до трансформатора та драбина для обслуговування. На верхівці вежі знаходиться гондола, до якої кріпляться лопаті.

В середині гондоли розташовані опорно-поворотний механізм, трансмісія, гальмівний механізм, генератор. Гондола складається з трьох основних частин:

- носовий відсік, до якого кріпляться лопаті, передає через опорний підшипник навантаження від ротора на центральний відсік гондоли;
- центральний відсік, передає навантаження від гондоли на вежу, в ньому розташована трансмісія та опорно-поворотний механізм;
- задній відсік, де розташовується генератор та трансформатор, на даху розміщені блискавкоприймач, система відслідковування швидкості та напрямку вітру, ліхтар світлоогорожі.

Обшивка гондоли, що захищає елементи ВЕУ від несприятливих атмосферних явищ, для полегшення маси конструкції, виконана із композитних матеріалів. Гондола спроектована таким чином, щоб забезпечити безперешкодний доступ для обслуговування генератора, та інших елементів ВЕУ [2].

Лопаті, які під дією вітру, здійснюють обертання із частотою 19–27 об./хв, створюють крутний момент, який передається через трансмісію на генератор. Лонжерони та обшивка

виконані із карбону та скловолокна для полегшення конструкції та покращення аеродинамічних властивостей. Форма лопатей забезпечує хороший баланс між продуктивністю та рівнем шуму [3].

Несучі конструкції гондоли розроблені таким чином, щоб навантаження від маси ротора передавались безпосередньо на вежу, а трансмісія повністю відділена від рами гондоли, що дозволяє передавати на трансмісію лише корисне навантаження від обертання лопатей.

Коробка передач призначена для збільшення частоти обертання валу до швидкості, необхідної для нормальної роботи генератора. Коробка передач має компактну конструкцію без головного валу з двома двоступінчатими планетарними редукторами та одним косозубим редуктором. Змащення коробки передач здійснюється примусово [3].

Для максимального використання вітрової енергії гондола має можливість обертатись навколо осі башти за допомогою опорно-поворотного механізму.

Генератор асинхронного типу подвійного живлення обмотки статора і ротора мають роздільне живлення, при цьому сума частот струму живлення кратна частоті обертання валу.

При проектуванні розподільчих пунктів забезпечується:

- створення схеми електропостачання, що забезпечує виконання вимог ПУЕ по надійності електропостачання;

- застосування електрообладнання провідних фірм-виробників Європи та України з високими експлуатаційними характеристиками (трансформатори з можливістю регулювання напруги під навантаженням, електрогазові вимикачі 110 кВ, вакуумні вимикачі 10 кВ);

- застосування релейного захисту на базі мікропроцесорних пристроїв;

- застосування телемеханізації підстанції на сучасному рівні.

Якість енергії, що передається відповідає ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Электромагнитная совместимость технических средств. Нормы качества электромагнитной энергии в системах электроснабжения общего назначения».

Режим роботи електропідстанції цілодобовий, цілорічний. Кабельні лінії, що поєднують ВЕУ, розраховані на номінальну напругу 1 кВт, прокладені в залізобетонних лотках на глибині 1,9 м.

Для забезпечення взаємодії всіх елементів ВЕС використовують систему керування вітровою електростанцією (СК ВЕУ), яка забезпечує двосторонній зв'язок з всім обладнанням і системами, що входять у ВЕУ, приймає інформацію від обладнання і систем, обробляє, систематизує, запам'ятовує та оптимізує інформацію [2].

СК ВЕС вирішує такі завдання:

- контроль роботи та керування ВЕУ (кількість годин роботи кожної ВЕУ, кількість енергії виробленої кожною ВЕУ, середня потужність кожної ВЕУ);

- контроль та керування передавання енергії в мережу загального призначення;

- збір, накопичення, документування інформації про технічний стан і роботу об'єктів ВЕС і передача необхідної інформації у вищі ланки керування енергосистемою;

- облік усіх робіт, які виконують на ВЕС для її обслуговування;

- заборону використання несправних ВЕУ та систем;

- статистична обробка інформації про роботу ВЕС.

Фундамент, на який встановлюється ВЕУ проектується в залежності від:

- даних отриманих в результаті інженерно-геологічних та інженерно-геодезичних вишукувань для будівництва;
  - конструктивних та технологічних особливостей ВЕУ, навантажень, що діють на фундамент та умови його експлуатації;
  - техніко-економічного порівняння варіантів проектних рішень (з оцінкою зведених витрат, для прийняття варіанту що забезпечує найбільш повне використання міцнісних та деформаційних характеристик ґрунтів та фізико-механічних властивостей матеріалів фундаменту);
  - врахування місцевих умов будівництва та досвід проектування, будівництва та експлуатації в аналогічних інженерно-геологічних умовах.
- Навантаження на фундамент від ВЕУ показані на рис. 3.

В більшості випадків використовують плитний фундамент. Враховуючи рельєф місцевості Карпатського регіону фундамент повинен складати 11x11 м з глибиною закладання – 2,6 м. Для виготовлення фундаменту використовують сталь арматурну класу А-III  $\varnothing$  20, та бетон класу В40. Фундамент встановлюється на природну основу [2].

Палевий фундамент доцільно використовувати у випадках коли:

- в межах будівельного майданчика, верхня відмітка пласту ґрунту, що може бути використана в якості основи, різко змінюється;
- несучий пласт залягає під товщею слабких ґрунтів (мулисті, торф'яні, насипні, пухкий пісок) глибше, ніж 5 м;
- будівництво ведеться на схилах, де можливий розвиток зсувів, або необхідне їх закріплення.

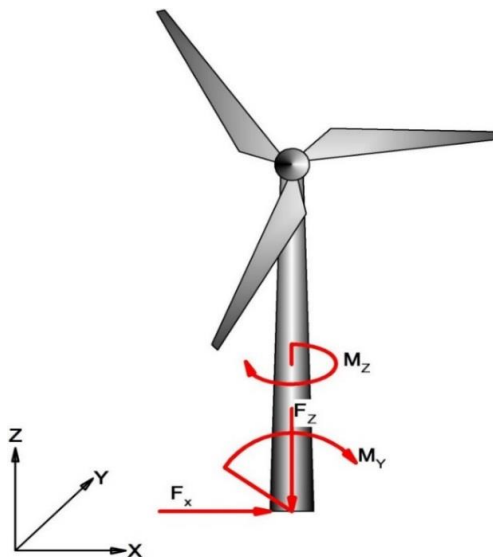


Рис. 3. Навантаження на фундамент

На час будівництва ВЕС планується розміщення ряду допоміжних споруд, що демонтуються після завершення будівництва [2]:

- склади для зберігання елементів ВЕУ;
- стоянки спецтехніки;
- склад для зберігання стабілізатора ґрунту LBS;

- склад для зберігання паливно-мастильних матеріалів;
- тимчасові господарські та житлові будівлі;
- адміністративний корпус;
- склад для зберігання інструменту;
- площадка для зберігання земляних мас.

Склад для зберігання елементів ВЕУ – огорожений відкритий майданчик, на який автотранспортом доставляють крупні складові частини ВЕУ.

Стоянки спецтехніки - огорожений відкритий майданчик, на якому розміщуються трейлери, скрепери, бульдозери та інша спецтехніка.

Склад для зберігання стабілізатора ґрунту LBS – огорожений майданчик на якому розташовуються металеві цистерни із стабілізатором ґрунту LBS, навіс під яким розміщений насос та інше допоміжне обладнання.

Склад для зберігання паливно-мастильних матеріалів – огорожений майданчик на якому розміщений навіс, де зберігаються металеві цистерни із паливно-мастильними матеріалами.

Тимчасові господарські та житлові будівлі – дерев'яні каркасно-щитові будівлі, розміщені на тимчасових фундаментах (блоки ФБС), що використовуються для проживання та забезпечення санітарно-побутових потреб робітників в період будівництва.

Адміністративний корпус – дерев'яна каркасно-щитова будівля, розміщена на тимчасовому фундаменті (блоки ФБС).

Склад для зберігання інструменту – дерев'яні каркасно-щитові будівлі, розміщені на тимчасових фундаментах (блоки ФБС), що використовуються для зберігання дрібного електро- та ручного інструменту.

Площадка для зберігання земляних мас – земляний насип для тимчасового зберігання ґрунту під час проведення робіт по прокладанню доріг та облаштування майданчиків під ВЕУ.

Основним небезпечним техногенним фактором під час аварії на ВЕС є пожежі. Для протидії утворення пожеж на ВЕС та на прилеглий території передбачається:

- використання якісного обладнання провідних фірм-виробників Європи та України;
- використання для від'єднання навантаження комутаційних апаратів з робочими контактами в елегазових ємкостях або у вакуумі;
- виконання з'єднання або розгалуження кабелів і проводів з допомогою пресування, зварювання, або спеціальних затисків для запобігання небезпечних в пожежному відношенні перехідних опорів, для запобігання перегріванню і пошкодження стиків;
- організація проїздів на території ВЕС для безперешкодного проїзду пожежних машин;
- застосування негорючих будівельних конструкцій і матеріалів для будівництва ВЕС;
- приєднання металевих конструкцій до пристроїв заземлення у відповідності вимог ПУЕ;
- для евакуації людей з будівель ВЕС передбачені двері, що відкриваються в напрямку руху до виходу назовні, згідно вимоги ПУЕ та ДБН В. 1.1.7-2002 [4];

- організація блискавкозахисту ВЕС;
- застосування силових та контрольних кабелів із негорючою ізоляцією;
- виготовлення панелей релейного захисту, автоматики, управління з металевим днищем і отворами для прокладання кабелів з наступним ущільненням отворів матеріалами з вогнестійкістю не менше 45 хв;
- обладнання території та робочих місць засобами первинного пожежогасіння (порошкові та вуглекислотні вогнегасники) та протипожежним інвентарем (лопати, сокири, ящики з піском);
- забезпечення протипожежних розривів між об'єктами, що входять до складу ВЕС, та лісовими масивами.

Також експлуатація ВЕС передбачає забезпечення заходів охорони ВЕС, зокрема встановлення засобів відеоспостереження та організації фізичної охорони. Це забезпечить обмеження доступу третіх осіб на територію ВЕС та прилеглу територію, що дасть можливість запобігання диверсій, терактів, незаконним вирубкам лісу, знищенню фауни, браконьєрства [2].

Згідно СНіП 2.04.02.84 зовнішнє пожежогасіння для службових будівель передбачено від пожежних резервуарів. Витрати води становлять 5 л/с.

До заходів по інженерній підготовці території належать:

- вертикальне планування території;
- поверхневе водовідведення.

В обов'язковому порядку будуть проведені рекультивація поверхневого шару ґрунту та відновлення рослинного покриття.

Технологічний процес виробництва енергії ВЕС не передбачає використання паливних, водних та інших природних ресурсів. Викиди в атмосферу в процесі роботи ВЕС- відсутні. Технологічні відходи – відсутні. Будівельне сміття по завершенню будівельно-монтажних робіт та побутові відходи в процесі експлуатації будуть зберігатися в спеціально відведених контейнерах із подальшим їх вивезенням.

Об'єкти ВЕС, в цілому, та вітрові турбіни, зокрема, обладнані системами автоматичної сигналізації та пожежогасіння з метою попередження пожежі на ВЕС та на прилеглий території, в тому числі землях сільськогосподарського призначення та лісового фонду.

Після завершення будівництва та проведення комплексного благоустрою, при експлуатації ВЕС у відповідності до державних будівельних норм, ВЕС не має негативного впливу на навколишнє середовище. Кінцевий висновок щодо впливу на навколишнє природне середовище здійснюється Державною санітарно-епідеміологічною експертизою у встановленому порядку.

Озеленення території передбачає максимальне збереження існуючих зелених насаджень. Частина ділянок біля вітрової електроустановки, яка в період будівництва бетонується, залишається з твердим покриттям, решта території підлягає відновленню трав'яного покриття.

**Висновки.** Враховуючи проведені дослідження, а також міжнародну практику щодо використання ВЕС у невеликих населених пунктах, можна стверджувати, що використання запропонованих двох типів вітрогенераторів: «Nordeх» потужністю 600 кВт та «Nordeх» – 1300 кВт можна практично застосовувати для енергоавтономності селищ Карпатського регіону.



Впровадження використання вітрової енергетики дозволить підтримати Енергетичну стратегію України на період до 2030 р., підняти рівень екологічної безпеки на досліджуваній території.

### Література

- 1 Енергетична стратегія України на період до 2030 року. [Електронний курс].
- 2 Детальний план території земельних ділянок під будівництво та обслуговування вітрової електростанції в урочищі Обідний в с.Шевченкове, Шевченківської сільської ради Долинського району Івано-Франківської області. Львів – 2015 р.
- 3 <http://tehnovator.com.ua/ua/energy-ua/wind-energy-ua/construction-wind-system-ua.html>.
- 4 ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

© І. М. Мацалак

*Надійшла до редакції 03 квітня 2017 р.*

*Рекомендував до друку*

*докт. техн. наук Я. О. Адаменко*