

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет Електроніки та Інформаційних Технологій
Кафедра електроенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Лебединський

І.Л

“ ____ ” “ ____ ” 2023 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр

зі спеціальності 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”
на тему: “ Аналіз стану вітрової електроенергетики в Україні та перспективи
впровадження вітрових електростанцій у Сумській області ”

Студента групи ЕТ–91 Михно Ярослава Романовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Я.Р. Михно

(підпис)

Керівник: завідувач кафедри, к.т.н., доцент Лебединський І.Л _____

(підпис)

Суми – 2023

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Михна Ярослава Романовича

1 Тема роботи “ Аналіз стану вітрової електроенергетики в Україні та перспективи впровадження вітрових електростанцій у Сумській області ”

затверджено наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі роботи: 07.06.2023

3. Вихідні дані до роботи: дані всі можливі вітряні електростанції, карта вітрів та каталожні дані до станцій.

4. Зміст пояснювальної записки

- Аналіз поточного стану розвитку вітрової енергетики;
- Дослідження екологічного впливу на середовище;
- Аналіз впровадження ВЕС в Сумській області;
- Оцінка економічної вигідності ВЕС”

5. Перелік графічного матеріалу

- Карта вітрів ;
- Графіки залежності потужності.

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Михно Я.Р.			Аналіз стану вітрової електроенергетики в Україні та перспективи впровадження вітрових електростанцій у	Лит.	Арк.	Листів
Перевір.		Лебединський					2	94
Реценз.						СумДУ, гр. ЕТ-91		
Н. Контр.								
Затверд.		Лебелінський						

Календарний план

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз поточного стану розвитку вітрової енергетики	27.04.-14.05.2023	
2	Дослідження екологічного впливу на середовище	15.05.-21.05.2023	
3	Аналіз впровадження ВЕС в Сумській області	22.05.-28.05.2023	
4	Оцінка економічної вигідності ВЕС	29.05.-05.06.2023	
5	Оформлення роботи	1.06.-7.06.2023	

Студент гр ЕТ-91 _____

Михно Я.Р.

Керівник роботи _____

Лебединський І.Л.

Анотація

с. 95, рис. 9, табл. 13

Бібліографічний опис: “ Аналіз стану вітрової електроенергетики в Україні та перспективи впровадження вітрових електростанцій у Сумській області ” [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”; Освітня програма “Електротехнічні системи електроспоживання”/ Я.Р. Михно; керівник І. Л. Лебединський. - Суми: СумДУ, 2023. - 94 с.

Ключові слова: ВЕУ(вітряна електроустановка), ВЕС(вітряна електростанція), енергія, валовий потенціал, вітер, екологія, місцевість, швидкість. WPP (wind power plant), energy, gross potential, wind, ecology, terrain, speed.

Короткий огляд – Аналіз поточного стану вітряної енергетики в світі. Надання критичної оцінки впровадження вітряних електростанцій в Україні та в межах області. Порівняння з іншими вітряними установками та набуття досвіду інших країн в цій галузі

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

4

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

Зміст

Вступ	6
Розділ 1. Аналіз поточного стану розвитку вітрової енергетики	13
1.1.Світовий ринок	13
1.2.Український ринок	19
Розділ 2. Дослідження екологічного впливу на середовище в порівнянні з традиційними видами здобутку енергії	30
2.1 Позитивний вплив	30
2.2 Негативні фактори впливу ВЕС на середовище проживання людини та їх оцінка	34
2.3. Екологічні переваги	43
Розділ 3. Надання оцінки та перспектив впровадження та підключення ВЕС як для власного користування, так і для великого здобування енергії	49
3.1 Оцінка та перспективи ринку в Україні	49
3.2 Оцінка та перспективи впровадження ВЕС в Сумській області	54
3.2.1 Швидкість вітру середня 3,5-4 м/с	56
3.2.2 Швидкість вітру середня 5-7 м/с	58
3.2.3 Швидкість вітру середня 8-11 м/с	59
3.2.4 Висновок до швидкості вітру в Сумській області	60
3.3 Правове законодавство, та вибір місцевості для встановлення	62
3.3.1 Правове законодавство	62
3.3.2 Вибір місцевості для встановлення	68
Розділ 4.Оцінка економічної вигідності ВЕС	72
Висновок:	93
Список джерел:	94

Вступ

Вітрова енергетика займає все більш значне місце в світовому енергетичному секторі, особливо в розвинених країнах, зокрема в Європі. Це пояснюється не лише проблемою глобальної зміни клімату, але й іншими факторами, такими як енергетична безпека та нестабільність цін на вуглеводневе паливо. Залежність від імпорту вуглеводневої сировини з політично нестабільних держав та нестійкість цін на нафту і газ створюють нестабільність на ринку та можуть призвести до значних економічних втрат.

Вітрова енергетика володіє численними перевагами, які роблять її привабливим рішенням для світових енергетичних проблем. По-перше, вона є екологічно чистим джерелом енергії, не забруднює навколишнє середовище та не викидає шкідливих викидів. По-друге, вітрові ресурси присутні практично в будь-якій частині світу, їх достатньо для задоволення зростаючого попиту на електроенергію.

За останні двадцять років вітрові установки пройшли значний шлях у поліпшенні своїх характеристик. Сучасні вітропарки не поступаються традиційним електростанціям і стають все більш конкурентоспроможними порівняно зі станціями, що використовують викопне паливо, такими як вугілля та газ. Навіть сьогодні вітрова енергетика може конкурувати з новими вугільними та газовими електростанціями.[3]

Україна, як член Європейського енергетичного співтовариства, також зобов'язана досягти до 2025 року 11% частки відновлюваної енергії у загальному енергоспоживанні. Для розвитку відновлюваної енергетики в Україні приділяється значна увага. [15]

Існує Інститут відновлюваної енергетики при Національній академії наук України, який займається розробленням технологій та систем комплексного використання відновлюваних джерел енергії, у тому числі енергії вітру.[4]

Таким чином, вітрова енергетика є привабливим рішенням для світових енергетичних проблем, оскільки вона екологічно чиста, не залежить від вуглеводневого палива та є конкурентоспроможною на ринку електроенергії. Україна також активно працює над розвитком вітроенергетики та інших джерел відновлюваної енергії для досягнення своїх енергетичних цілей.

Актуальність теми полягає в тому, що використання традиційних джерел енергії стає недоцільним з екологічного і економічного погляду. Наскрізна зміна клімату, забруднення повітря та вичерпання природних ресурсів стимулюють пошук нових, стійких та стійких джерел енергії. Використання вітрової енергії має значний потенціал для заміни традиційних джерел енергії в Україні.[7]

Питання ефективності використання традиційних джерел енергії та зниження шкідливих викидів є актуальними проблемами, які потребують невідкладних заходів. Україна, зі своїм значним потенціалом вітроенергетики, має можливість зробити перехід до більш стійких, ефективних та екологічно чистих технологій, таких як вітроенергетика.[9]

Попередження вичерпання традиційних джерел енергії, забруднення навколишнього середовища та зростання споживання електроенергії роблять використання вітрової енергії надзвичайно важливим для України.

Перехід до енергетично ефективних та екологічно чистих технологій, таких як вітроенергетика, є необхідним для забезпечення сталого розвитку країни, зменшення залежності від імпорту енергоносіїв та покращення енергетичної безпеки.

Вітер на нижніх шарах атмосфери формується через нерівномірне нагрівання земної поверхні Сонцем. Беручи до уваги різноманітність поверхні Землі, яка включає сушу, водні простори, гори, ліси, пустелі і болотисті райони, нагрівання відбувається по-різному, навіть на одній широті. Протягом дня над морями і океанами повітря залишається відносно прохолодним, оскільки значна частина сонячної енергії витрачається на випаровування води або поглинається нею. Над сушею повітря прогрівається більше, розширюється, стає менш щільним і піднімається вище над землею. Це повітря заміщається більш холодним і, отже, щільнішим повітрям, що перебувало над водними просторами. Цей процес призводить до виникнення вітру, який направляється від відомого до менш нагріваного регіону, переміщуючи великі маси повітря. Таким чином, повітряні маси неперервно змішуються і рухаються як вертикально, так і паралельно земній поверхні. Ці рухи мають складний характер і залежать від різних факторів.[14]

Зміни температури в берегових районах великих морів і океанів спричиняють появу циркуляції атмосфери, яка має більший масштаб, ніж бризи, відомі як мусони. Ці циркуляційні процеси можуть бути морськими або материковими, характеризуються високими швидкостями і можуть змінювати свій напрямок протягом ночі. Схожі процеси відбуваються в гірських районах і долинах через різницю у нагріванні екваторіальних зон і полюсів Землі, а також внаслідок інших факторів. Ці циркуляційні явища ускладнюються силами інерції, що виникають внаслідок обертання Землі.[14]

Ці сили викликають відхилення повітряних течій, що призводить до утворення безлічі циркуляційних систем, які взаємодіють між собою в різні способи.

Зі зростанням висоти швидкість вітру в середньому збільшується, і на висоті 500 м вона приблизно вдвічі вища, ніж на рівні землі. Сила і напрям вітру змінюються по-різному в різних зонах, в залежності від висоти над землею

поверхнею. Наприклад, на екваторі неподалік від землі знаходиться зона зі слабкими і змінними швидкостями вітру, тоді як у верхніх шарах атмосфери виникають значні швидкості повітряних потоків, спрямованих на схід. У зоні між 30° північної і південної широти, на висоті від 1 до 4 км над землею, утворюються стабільні повітряні течії. В північній півкулі їх середня швидкість ближче до землі становить 7-9 м/с.[14]

Навколо зони низького тиску виникають великомасштабні циркуляції повітряних мас. В північній півкулі вони проти годинникової стрілки, а в південній - у напрямку годинникової стрілки. Сезонні зміни в тепловій енергії, отримані від Сонця, відбуваються через нахил осі обертання Землі на 23,5° до площини обертання навколо Сонця. Величина цих змін залежить від сили і напрямку вітру над конкретною зоною земної поверхні.

На висоті від 8 до 12 км над земною поверхнею, в тропосфері, утворюються струменеві повітряні течії, які характеризуються рівномірністю та потужністю. Ці течії виникають внаслідок особливостей висотної атмосферної циркуляції і відрізняються від характеристик приземного вітру.

Таким чином, тепла енергія, що надходить від Сонця, перетворюється на кінетичну енергію руху великих мас повітря в атмосфері, яка і проявляється у вигляді вітру. Вітер є векторною величиною, яка включає напрямок і швидкість переміщення повітря.[17]

Напрямок вітру зазвичай вказує на ту сторону горизонту, з якої дме вітер. Таким чином, вітер, який переміщує повітря з півдня на північ, називається південним.

Швидкість його зазвичай визначають у метрах на секунду, а у судноплавстві у вузлах. Зі швидкістю вітру нерозривно зв'язане поняття швидкості вітру: – 2...3 м/с – слабкий (ледь відчувається); [14]

- 4...7 м/с – помірний (хитаються тонкі гілки дерев);
- 10...12 м/с – сильний (хитаються товсті гілки дерев);
- 15...20 м/с – буря;
- 20...30 м/с – шторм;
- більше 30 м/с – ураган.

Вітер є одним з найпотужніших джерел енергії, яке людство використовує здавна, і його потенціал використання значно перевищує поточний рівень використання. За приблизними розрахунками, сонячна енергія, що безперервно надходить на Землю, має потужність, що перевищує 1011 гігаватт. Це означає, що вітроелектростанції можуть потенційно виробляти щорічно близько $1,18 \cdot 10^{13}$ кіловат-годин енергії, що значно перевищує поточний рівень споживання енергії людством.[14]

За даними Інституту відновлюваної енергетики Академії наук України, на території України існують декілька областей, які мають потенціал для економічно вигідного виробництва електричної енергії з використанням вітрогенераторних установок. Ці області можна виділити в залежності від середньорічної швидкості вітру.[12]

Під час взаємодії вітроколеса з вітром, енергія вітрового потоку передається вітроколесу, проте через наявність аеродинамічних втрат лише частина потужності вітрового потоку використовується. Оскільки швидкість вітру постійно змінюється, енергія вітрового потоку і, відповідно, потужність, що розвивається вітроколесом, зазнають значних коливань. Загальна структура вітрового потоку за певний період часу характеризується кількома величинами: середньою швидкістю вітру, поривчастістю вітру, змінливістю вітру та тривалістю періодів з підвищеною або зниженою швидкістю вітру порівняно з середнім значенням.[13]

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

Вітроустановки зазвичай ефективно використовують вітер, що дме в приземному шарі, на висоті до 50-70 метрів, іноді до 100-150 метрів над землею. Тому особливо важливі характеристики повітряних потоків саме у цьому шарі. Головною характеристикою, що визначає енергетичну цінність вітру, є його швидкість. Однак через різні метеорологічні фактори (такі як атмосферні збурення, зміни сонячної активності, коливання кількості теплової енергії, що надходить на Землю) і вплив рельєфних умов, швидкість і напрямок вітру в даній місцевості змінюються випадковим чином. Це робить передбачення потужності, яку може виробляти вітроустановка в різні моменти часу, малоймовірним завданням. Проте загальна вироблення електроенергії агрегатом протягом тривалого періоду може бути розрахована з високою надійністю, оскільки середня швидкість вітру і розподіл швидкостей протягом року або сезону змінюються незначно.[10]

Середня швидкість вітру $V_{сер}$ за вибраний проміжок часу $T = t_1 - t_2$ визначається відношенням суми вимірних значень миттєвої швидкості v до числа вимірювань n [14]

$$v_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n v_i}{n}$$

Напрямок вітру звичайно відіграє меншу роль з точки зору його використання. Однак у кожних ландшафтних умовах вітри різних румбів мають неоднакові поривчастість і швидкість. Їх повторюваність визначають по розі вітрів – графіку, що показує, який відсоток загальної пори року вітер має той чи інший напрямок. [14]

Зм	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

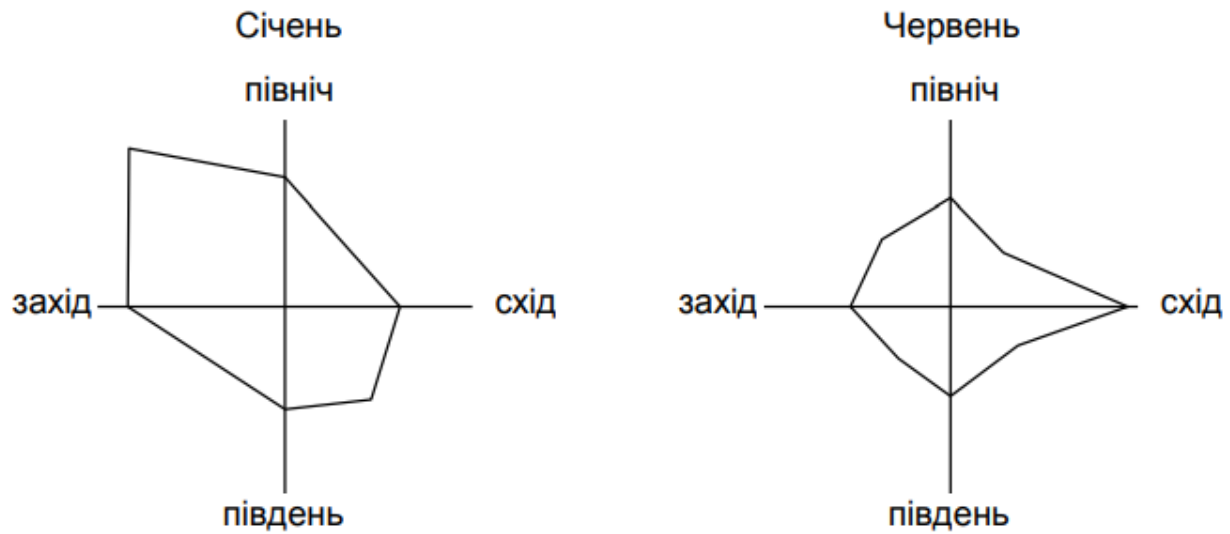


Рисунок 1 - Приклад рози вітру

Задачі бакалаврської роботи:

- Проведемо аналіз поточного стану розвитку вітрової енергетики;
- Проаналізуємо ситуацію на європейському та світовому ринках вітрової енергетики та спрогнозуємо очікуване збільшення потужності;
- Оцінити виробництво електроенергії
- Аналіз ризика
- Дослідження екологічного впливу на середовище в порівнянні з традиційними видами здобутку енергії;
- Надання оцінки та перспектив впровадження та підключення ВЕС як для власного користування, так і для великого здобування енергії;
- Підготуємо план організації підключення вітроелектростанції до регіональної енергосистеми та оцінимо його економічну вигідність

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

12

Розділ 1. Аналіз поточного стану розвитку вітрової енергетики

1.1. Світовий ринок

На сьогоднішній день вітроенергетика є найшвидкозростаючою галуззю серед альтернативних джерел енергії. Протягом останніх двадцяти років ця галузь перетворилася з екзотичного явища на швидко розвиваючу галузь, в якій розроблено більш ефективні та надійні технології. Вартість цих технологій протягом десяти років майже вдвічі знизилася, що дозволило їх комерціалізувати.

Сучасна вітрова турбіна здатна виробляти електрику в 180 разів більше, ніж 20 років тому. Вартість обладнання на одиницю продукції (кВт/год) протягом цього періоду зменшилася більш ніж удвічі.[17]

Примітно, що у 2020 році обсяг інвестицій в розвиток вітрової енергетики склав приблизно 550 доларів за 1 кВт, що відповідає 2,6 центам за 1 кВт/год. Прогнозується, що до 2025 року обсяг інвестицій знизиться до 400 доларів США за 1 кВт, а вартість електрики становитиме 2,3 цента за 1 кВт/год

Згідно з Міжнародним енергетичним агентством, витрати на установку вітрових електростанцій в середньому становлять 1250 доларів США за кВт. Це означає, що порівняно з двадцятирічним періодом, вартість вітрової енергії знизилася з 0,8 доларів США за кВт/год до 0,04 долара США за кВт/год. Завдяки швидкому розвитку технологій та підвищенню продуктивності, загальна вартість вітрової енергії продовжує знижуватися.[4]

Зовнішні інвестори виявляють серйозний інтерес до вітроенергетичного бізнесу. У минулому було зафіксовано декілька значних придбань компаній, пов'язаних з виробництвом віротурбін, відомими гравцями на ринку, такими як "General Electric" і "Siemens". Також кілька великих компаній у секторі розподілу

електроенергії, зокрема "Florida Power and Light" у США і "Iberdrola" в Іспанії, стали власниками великих вітропарків з потужністю понад 3500 МВт. [4] [19]

Навіть нафтові компанії приймають рішення вкладати фінансові ресурси в вітрову енергетику. Наприклад, підрозділ з поновлюваних джерел енергії компанії "Shell" вже інвестував у будівництво 850 МВт вітрових потужностей, переважно в США. Ці приклади свідчать про те, що вітрова енергетика стала провідним сектором на енергетичному ринку. В даний час потенціал використання вітру вже реалізується у більш ніж 70 країнах світу. [4-19]

За останні роки встановлена потужність вітрових електростанцій швидко зростала. Якщо в 2010 році загальна потужність станцій становила 24 320 МВт, то до кінця 2015 року вона збільшилася майже в 4 рази, досягнувши 93 000 МВт. З 2012 року потужність виробництва електроенергії вітром стабільно зростає в середньому на чверть. Це зумовлено введенням нових потужностей, переважно у великих країнах, таких як США, Іспанія та Китай, де ринок вітрової енергії вже добре розвинутий. [5-19]

Незважаючи на це, Європа продовжує лідирувати на ринку вітрової енергії з найбільшою встановленою потужністю. Наприклад, найбільша в світі вітрова електростанція "Стейтлайн" знаходиться в США, в штатах Орегон і Вашингтон, і має загальну потужність 300 МВт. Проте, загалом Європа є лідером за встановленою потужністю вітрових станцій на сьогоднішній день.

В Європі на сьогоднішній день використовується вітряна енергія в 27 країнах. Найбільш розвинена вітроенергетика знаходиться в Німеччині, за якою йдуть Іспанія і Данія. Країни, такі як Чеська Республіка, Фінляндія, Україна, Болгарія, Угорщина, Естонія, Литва, Люксембург, Латвія, Румунія, Словаччина, Кіпр, Мальта і Словенія, разом складають лише 1% від загальної встановленої потужності. [8]

WIND ENERGY CAPACITY INSTALLATIONS

H1 2019

Onshore	MW	Offshore	MW
France	523	UK	931
Sweden	459	Denmark	374
Germany	287	Belgium	370
Italy	286	Germany	252
Ukraine	262		
Turkey	229		
Greece	201		
UK	187		
Spain*	148		
Netherlands	83		
Belgium*	72		
Portugal	57		
Ireland	51		
Russia	50		
Bosnia and Herzegovina	36		
Poland	17		
Austria	16		
Croatia	10		
Denmark	6		

Total onshore:
2,979 MW

Total offshore:
1,927 MW

*provisional numbers



Рисунок 1.1 - Порівняння різних країн світу в видобутку енергії



Рисунок 1.2 - Збільшення генерації у світі на графіку

Дослідження глобальних вітрових ресурсів свідчать про їх значний обсяг і рівномірне розподілення по всім регіонам і країнам. Недостатня сила вітру малоїмовірно може стати обмежуючим фактором для розвитку вітрової енергетики у світі. Зі зростанням вітроенергетики стає необхідним інтегрувати все більші обсяги електроенергії, виробленої за допомогою вітру, у глобальну енергетичну мережу. Нестабільність вітрового потоку не є перешкодою у цьому питанні. Сучасні методи контролю та наявні резервні потужності дозволяють легко інтегрувати до 20% електроенергії, здобутої з вітростанцій.

Понад цей рівень можуть виникнути потреби у внесенні деяких змін у енергетичні системи та їхнє регулювання. Сучасні технології прогнозування та географічний розташунок вітропарків сприяють масштабній інтеграції вітроенергетики. [19]

Прикладом можливостей підключення великих обсягів вітрової енергетики є Данія, де вже зараз 20% загального споживання електроенергії забезпечується за рахунок вітроенергетики. [5]

Дослідження Німецького енергетичного агентства (DENA) показали, що в Німеччині виробництво електроенергії з вітрової енергетики може потроїтися до

2025 року, забезпечивши 14% споживання без необхідності введення додаткових резервних потужностей. [15]

Розвиток сучасної вітроенергетики відбувається в основному в двох напрямках. Перший напрямок - це встановлення вітроелектричних установок малої потужності для автономного електропостачання віддалених об'єктів або об'єктів, що не мають доступу до електричних мереж. Другий напрямок - це будівництво великих вітропарків, які складаються з мегаватних вітроелектричних установок та інтегруються в об'єднані енергетичні системи.

Останнім часом другий напрямок розвитку вітроенергетики набирає прискорення завдяки ряду переваг, які вітропарки мають порівняно з індивідуальними вітроелектричними установками.

Проте, через велике різноманіття конструкцій сучасних потужних вітроелектричних установок, представлених на світовому ринку, та специфічні вимоги до їх розміщення на місцевості, головні електричні схеми вітропарків також відрізняються різноманіттям. Крім технічних аспектів, вони визначаються місцевими кліматичними умовами та ландшафтом.[14]

Різноманітність конструкцій вітроелектричних установок проявляється особливо в використанні кількох типів генераторів електричної енергії від провідних виробників. Це призводить до різних вимог до систем управління та регулювання комплексів в цілому, а також до наявності або відсутності додаткових етапів перетворення електричної енергії перед підключенням до електричних мереж.

У відміну від традиційних електростанцій, де перетворювачі енергії зазвичай розташовані компактно, вітропарки залежно від їх потужності можуть займати значні площі. Вони мають окремі вітроагрегати, розташовані на різних рівнях по

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

вертикалі та в протяжності від сотень метрів до кілометрів. Зважаючи на значну потужність сучасних вітроелектричних установок (від 1 до 5 МВт), це вимагає застосування проміжних етапів трансформації електричної енергії для зниження рівня втрат електроенергії. [19]

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

1.2.Український ринок

Вітроенергетика в Україні є одним зі швидко розвиваючихся секторів відновлюваної енергетики. За останні кілька років Україна значно збільшила свою виробничу потужність вітрових електростанцій (ВЕС) і стала одним з лідерів у регіоні.

Стан розвитку [15] :

1. Виробнича потужність: Україна має великий потенціал для використання вітрової енергії. Згідно з даними на початок 2023 року, загальна виробнича потужність вітрових електростанцій у країні становила приблизно 790 мегаватт (МВт). У 2022 році було введено в експлуатацію близько 270 МВт нових ВЕС.
2. Регулятивна політика: Уряд України активно працює над стимулюванням розвитку вітроенергетики. У 2019 році введено законодавчі зміни, що сприяють поліпшенню умов для інвестування вітрових проектів. Зокрема, встановлено гарантований тариф на вітроенергію та спрощено процедури отримання дозволів на будівництво ВЕС.
3. Розташування ВЕС: Вітрові електростанції в Україні розташовані переважно на узбережжі Чорного та Азовського морів, а також на високогірних районах Західної України. Найбільші вітрові ферми знаходяться в Одеській, Миколаївській, Запорізькій, Херсонській та Дніпропетровській областях.
4. Інвестиції та іноземні компанії: Розвиток вітроенергетики в Україні привертає значні інвестиції та зацікавленість іноземних компаній. Україна сприяє іноземним інвесторам шляхом створення сприятливих умов для бізнесу та залучення нових технологій. Деякі з найбільших іноземних інвесторів в сфері вітроенергетики в Україні включають Vestas (Данія), Siemens Gamesa (Іспанія) та GE Renewable Energy (США).

					КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.	Арк.
Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		19

5. Виклики та перспективи: Україна ще стикається з деякими викликами у сфері вітроенергетики, включаючи недостатню розвиненість енергосховищ, потребу в модернізації енергомереж та удосконалення дозвільних процедур. Проте, з розвитком технологій, зниженням вартості обладнання та підтримкою з боку уряду, вітрова енергетика в Україні має великий потенціал для подальшого зростання.

В цілому, вітроенергетика в Україні прогресує і стає важливою галуззю для диверсифікації енергетичного міксу та зменшення залежності від вугілля та інших видів енергетики з високими викидами вуглецю. [15]

1.Зважаючи на швидкий розвиток вітрової енергетики в Україні, перший пункт аналізу вітроенергетики буде присвячений її виробничій потужності.

Цей значний приріст виробничої потужності свідчить про зростаючу зацікавленість українських та іноземних інвесторів у розвиток вітрової енергетики в країні. Інвестиції у будівництво нових вітрових електростанцій, а також модернізація та розширення існуючих, є ключовими факторами, що сприяють збільшенню виробничої потужності. [15]

Розміщення вітрових електростанцій в Україні відбувається переважно на узбережжі Чорного та Азовського морів, а також на високогірних районах Західної України. Це обумовлено природними умовами, такими як часті вітрові потоки та відкриті простори, які сприяють ефективній роботі вітрових турбін. [17]

Розвиток вітроенергетики в Україні також сприяє зменшенню використання традиційних джерел енергії, таких як вугілля, і допомагає зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, зокрема зменшення викидів вуглецю та інших шкідливих речовин. [17]

Однак, розвиток вітроенергетики в Україні стикається з деякими викликами, такими як нестабільна політична ситуація, бюрократичні перешкоди та недостатня розвиненість енергосховищ. Вирішення цих проблем є важливим завданням для подальшого зростання виробничої потужності вітрових електростанцій в Україні. [12]

Інвестиції, розміщення нових ВЕС та покращення регулятивного середовища є ключовими факторами, що сприяють розвитку вітроенергетики та допомагають Україні досягти своїх цілей у сфері відновлюваної енергетики.

2. Другий пункт аналізу вітроенергетики в Україні буде присвячений регулятивній політиці, яка визначає умови для розвитку цієї галузі.

Уряд України активно працює над стимулюванням розвитку вітроенергетики шляхом прийняття законодавчих змін та політичних заходів. У 2019 році були введені в дію важливі законодавчі зміни, що сприяють поліпшенню умов для інвестування вітрових проектів. [15]

Одним з ключових кроків було встановлення гарантованого тарифу на вітроенергію. Це означає, що виробники електроенергії з вітрових електростанцій мають право отримувати фіксовану ціну за кожен кіловат-годину виробленої електроенергії. Гарантований тариф забезпечує стабільність доходів і позитивно впливає на інтерес інвесторів до вітроенергетики в Україні.

Крім того, були спрощені процедури отримання дозволів на будівництво ВЕС. Це включає процедуру отримання дозволу на розробку проекту, дозволу на будівництво та підключення до електричної мережі. Зменшення бюрократичних перешкод сприяє прискоренню реалізації вітрових проектів та зниженню витрат на їх реалізацію.

Додатково, уряд України активно співпрацює з міжнародними фінансовими та розвитковими організаціями, такими як Європейський банк реконструкції та розвитку, Міжнародний банк реконструкції та розвитку, Міжнародне агентство з відновлювальної енергії, для залучення фінансування та технічної підтримки для розвитку вітрової енергетики в країні.

Значна роль у сприянні розвитку вітроенергетики належить також Державному агентству з енергоефективності та енергозбереження України (ДАЕЕУ). Вони відповідають за розробку стратегій, нормативно-правових актів та інструментів підтримки для розвитку вітроенергетики, а також за сприяння привабливості вітрових проектів для інвесторів. [14]

Ці регулятивні заходи створюють сприятливі умови для розвитку вітроенергетики в Україні, залучають більше інвесторів та сприяють збільшенню виробничої потужності вітрових електростанцій. Однак, є деякі виклики, такі як потреба в подальшій модернізації дозвільних процедур та стабільність регулятивного середовища, які потребують уваги для досягнення більшого розвитку вітроенергетики в країні.

3.Третій пункт аналізу вітроенергетики в Україні буде присвячений економічному впливу цієї галузі на країну. [19]

Розвиток вітроенергетики в Україні має значний економічний вплив на різні аспекти країни, включаючи енергетику, зайнятість, привабливість для іноземних інвесторів та місцевий розвиток.

Перш за все, вітрова енергетика сприяє диверсифікації енергетичного міксу країни, зменшуючи залежність від традиційних джерел енергії, таких як вугілля. Це сприяє створенню стійкого та стабільного енергетичного сектора, який може

працювати незалежно від коливань цін на вугілля та геополітичних ризиків, пов'язаних з його імпортом. [14]

Розвиток вітроенергетики також має позитивний вплив на зайнятість в країні. Будівництво та експлуатація вітрових електростанцій створюють робочі місця на всіх етапах проекту. Це включає інженерів, робітників будівельних бригад, технічний персонал, а також місцевих постачальників та підрядників. Збільшення зайнятості в цій галузі сприяє соціальному розвитку та підвищенню життєвого рівня населення. [7]

Крім того, розвиток вітроенергетики робить Україну привабливою для іноземних інвесторів. Іноземні компанії, такі як Vestas, Siemens Gamesa та GE Renewable Energy, вже активно інвестують у вітрові проекти в країні. Це привертає іноземний капітал, сприяє технологічному обміну та сприяє підвищенню конкурентоспроможності українського ринку вітроенергетики.

Нарешті, розвиток вітроенергетики має потенціал для місцевого розвитку в регіонах, де розташовані вітрові ферми. Це зумовлено не тільки створенням робочих місць, але й інвестиціями у соціальну інфраструктуру, підтримкою місцевих проектів та сприянням розвитку місцевого бізнесу. Це може забезпечити покращання умов життя місцевого населення та зменшення регіональних розбіжностей. [7]

У підсумку, розвиток вітроенергетики в Україні має важливий економічний вплив, включаючи диверсифікацію енергетичного міксу, створення робочих місць, привабливість для іноземних інвесторів та місцевий розвиток. Це сприяє сталому енергетичному розвитку країни та сприяє досягненню її економічних цілей.

4. Четвертий пункт аналізу вітроенергетики в Україні буде присвячений викликам і перспективам розвитку цієї галузі. [1] Незважаючи на позитивні аспекти

					КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.	Арк.
Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		23

розвитку вітроенергетики в Україні, існують певні виклики, які можуть впливати на її подальше зростання.

По-перше, одним з основних викликів є нестабільна політична ситуація та зміни в регулятивному середовищі. Нестабільність законодавства та непередбачувані зміни правил можуть створювати невпевненість серед інвесторів і гальмувати розвиток галузі. Стабільність політичної та регуляторної сфери є необхідною для привабливості інвестицій та відновлення довіри інвесторів. [6]

По-друге, існують певні технічні виклики, пов'язані зі змінністю вітрових умов. Вітроенергетика залежить від наявності вітру, і нестабільність вітрових умов може вплинути на надійність та стабільність постачання електроенергії. Розв'язання цього виклику вимагає вдосконалення технологій зберігання енергії та інтеграції з іншими джерелами енергії, такими як сонячна енергія або енергосховища.

По-третє, одним з викликів є нестача розвиненої інфраструктури, зокрема енергосховищ та енергомереж, які можуть використовуватися для зберігання та розподілу виробленої вітроенергії. Розвиток необхідних інфраструктурних об'єктів вимагає значних інвестицій та уваги з боку уряду та регуляторних органів. [2]

Однак, недивлячись на виклики, розвиток вітроенергетики в Україні також має великий потенціал і перспективи. Країна має великі природні ресурси вітрової енергії, а також вже набула значного досвіду у будівництві та експлуатації вітрових електростанцій. Крім того, залучення іноземних інвестицій та технологій може сприяти прискореному розвитку галузі. [2]

Загалом, для подальшого успішного розвитку вітроенергетики в Україні необхідно забезпечити стабільність регулятивного середовища, вирішити технічні виклики, розвинути необхідну інфраструктуру та продовжувати привертати іноземні інвестиції. При належному підході і підтримці з боку уряду та зацікавлених

сторін, вітрова енергетика може продовжувати грати важливу роль у енергетичному міксі України та сприяти економічному розвитку країни.

5.П'ятий пункт аналізу вітроенергетики в Україні буде присвячений впливу на довкілля та сталому розвитку.Розвиток вітроенергетики в Україні має важливий вплив на довкілля та сталість енергетичного сектора.

По-перше, вітроенергетика є чистим джерелом енергії, яке не викидає парникові гази та інші шкідливі речовини.

Це допомагає зменшити викиди вуглецю та інших забруднюючих речовин, сприяючи зменшенню негативного впливу на клімат та здоров'я людей.

По-друге, вітроенергетика допомагає зменшити залежність від імпорту енергоресурсів. Розширення виробництва вітроенергії сприяє зменшенню імпорту вугілля та інших видів палива, що полегшує енергетичну безпеку країни та зменшує ризик геополітичних конфліктів, пов'язаних з енергетикою.

По-третє, розвиток вітроенергетики сприяє розвитку зеленого бізнесу та інновацій. Він стимулює попит на вітрові технології, що забезпечує створення нових робочих місць та сприяє економічному зростанню. [8]

Крім того, цей сектор стимулює науково-дослідну діяльність та розвиток нових технологій у сфері вітроенергетики.

По-четверте, розвиток вітроенергетики може мати позитивний вплив на місцевий розвиток. Розміщення вітрових ферм в сільських та прибережних районах сприяє створенню робочих місць, розвитку інфраструктури та підтримці місцевих проектів. Це може поліпшити економічні умови та якість життя місцевого населення. [12]

Однак, при розвитку вітроенергетики також існують певні екологічні виклики. Наприклад, вплив на птахів і розробка вітрових ферм на екологічно важливих територіях. Для зменшення таких негативних наслідків важливо проводити детальні дослідження та екологічну оцінку перед будівництвом вітрових ферм та враховувати вимоги охорони природи та збереження біорізноманіття.

У підсумку, розвиток вітроенергетики в Україні має значний позитивний вплив на довкілля та сталий розвиток.

Він допомагає зменшити викиди парникових газів, залежність від імпорту енергоресурсів, стимулює розвиток зеленого бізнесу та інновацій, сприяє місцевому розвитку та забезпечує енергетичну безпеку країни. Однак, важливо забезпечувати екологічну урівноваженість та враховувати негативний вплив на довкілля, проводячи відповідні екологічні дослідження та дотримуючись вимог охорони природи.

За даними Міжгалузевого науково-технічного центру вітроенергетики Національної академії наук України, Україна має значні ресурси вітрової енергії, оцінювані на 30 ТВт·год/рік. Енергетика в країні відіграє важливу роль у паливно-енергетичному комплексі, забезпечуючи більше 7,5% промислового виробництва держави.

На сьогоднішній день в Україні функціонує 13 вітроелектростанцій. З них 10 знаходяться в окупованому Криму, проте за попередніми даними працюють лише 6 з них. Крім того, є по одній вітроелектростанції у Донецькій та Миколаївській областях, а також одна поблизу міста Трускавець в Карпатах.

Особливу важливість має розвиток вітроенергетики для Кримського півострова, проте через невизначеність ситуації з ним, обговорення перспектив будівництва там вітроелектростанцій наразі вважається недоцільним. Існуючі вітроелектростанції в

Україні зазвичай мають застаріле обладнання і потужність до 600 кВт. У порівнянні з цим, у Європі планується виробництво вітроелектростанцій із потужністю до 6 МВт, а найпоширеніша потужність одного вітрового турбінного установки становить 2-3 МВт. Україна тільки починає впроваджувати установки із потужністю до 2 МВт, а до цього випускалися установки від 100 до 600 кВт. Зараз лише Україна серійно виробляє ліцензійні вітроелектроустановки серед країн колишнього СРСР. [16]

У виробництві цих установок задіяно 20 заводів колишнього військово-промислового комплексу, а збірку вітроелектрогенераторів здійснює Дніпропетровський "Південний машинобудівний завод".

Україна має площі придатні для будівництва вітроелектростанцій, охоплюючи карпатський, приазовський, донецький, західнокримський, гірнокримський, керченський регіони, а також Харківську й Полтавську області. За розрахунками науковців, при максимальному використанні вітрового потенціалу в цих регіонах можна було б виробляти електроенергію в обсягах, які забезпечували б до 50% загального енергоспоживання країни.

На сьогоднішній день в Україні існує нерівномірне розподілення енергетичного виробництва, і не всі регіони країни однаково забезпечені електроенергією. У зв'язку з цим, нова державна система організації енергопередачі передбачає створення або укрупнення існуючих організацій на рівнях виробництва і збуту. [15]

Одним із перспективних напрямків розвитку електроенергетики в Україні є виробництво електроенергії з подальшим її продажем. Це вигідний товарообіг, оскільки продаж електрики є більш дохідним, ніж продаж самих корисних копалин.

Також, з урахуванням можливої асоціації з Європейським союзом, Україна, як європейська країна, має потенціал для постачання електроенергії в інші країни. У

2015 році Україна виробила 78 млрд кВт·год електроенергії, що спожито усередині країни, і зростання виробництва електроенергії склало 7%. Однак, існує дефіцит резервів виробництва електроенергії в країні, особливо в осінньо-зимовий період.

У першому кварталі 2016 року було вироблено 24 млрд кВт·год електроенергії, зростання виробництва склало 7,5%.

Україна має великий потенціал для розвитку альтернативної енергетики на своїй території, зокрема використання енергії вітру і енергії сонця. Ці напрямки є найбільш перспективними для забезпечення енергетичних потреб країни.

Одним з можливих варіантів є широке використання сонячної енергії для гарячого автономного опалення будинків або навіть цілих мікрорайонів.

За допомогою сонячних панелей можна збирати сонячне випромінювання та перетворювати його на електричну або теплову енергію. Це може бути особливо ефективним у сільських районах, де можна використовувати сонячні колектори для опалення будинків та гарячого водопостачання. [15]

Пропозиція уряду полягає в збільшенні частки використання альтернативної енергії в загальній структурі енергоспоживання країни. Це можна досягти шляхом стимулювання розвитку відновлювальних джерел енергії шляхом надання пільг та підтримки для інвесторів, сприяння встановленню сонячних та вітрових електростанцій, а також розробки інфраструктури для їхнього підключення до енергетичної системи країни.

Збільшення використання альтернативної енергії має багато переваг, включаючи зменшення залежності від імпорту енергоносіїв, зниження викидів шкідливих речовин у атмосферу та сприяння створенню нових робочих місць у галузі виробництва та установки альтернативних енергетичних систем.

Таким чином, розвиток альтернативної енергетики в Україні є важливим кроком у напрямку сталого розвитку та забезпечення енергетичної незалежності країни. Це дає можливість використовувати природні ресурси країни для виробництва чистої та відновлювальної енергії, що сприятиме екологічній стійкості та економічному зростанню. [11]

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розділ 2. Дослідження екологічного впливу на середовище в порівнянні з традиційними видами здобутку енергії

2.1 Позитивний вплив

Останнім десятиліттям світ стикається з двома серйозними проблемами в галузі енергетики: надійність енергопостачання та негативний вплив виробництва енергії на навколишнє середовище. Спалювання органічних палив призводить до активізації парникового ефекту і глобального потепління. Приблизно 80% викидів двоокису вуглецю (CO₂) пов'язані з використанням викопних ресурсів, що призводить до перевантаження атмосфери парниковими газами.

Збільшення споживання нафти, природного газу і вугілля також призводить до виснаження цих ресурсів, які могли бути використані більш ефективно для хімічної переробки в корисні сполуки або збережені для майбутніх поколінь. Видобуток та транспортування паливних корисних копалин призводять до забруднення атмосфери, водних об'єктів і утворення відходів.

Крім цього, паливно-енергетичний комплекс сприяє викиду парникових газів, зокрема вуглекислого газу (CO₂), які мають значний негативний вплив на навколишнє середовище. Китай є одним з найбільших викидачів CO₂, перевищуючи США в цьому показнику. Викиди CO₂ на душу населення в Китаї становлять близько 6 тонн, тоді як у США - близько 18 тонн на душу населення. [8]

Отже, ці проблеми в галузі енергетики потребують негайних заходів для забезпечення надійного та екологічно стійкого енергопостачання.

Розвиток альтернативних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, може бути одним з рішень, спрямованих на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та розподіл енергетичних ресурсів більш раціонально.

					КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.	Арк.
Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		30

Дослідження показують, що паливно-енергетичний комплекс має значний вплив на навколишнє середовище, і зменшення запасів традиційних палив підкреслює необхідність розробки нових екологічно чистих та надійних джерел енергії. Відновлювані джерела енергії, такі як вітер, сонце, річки, припливи та хвилі океану, біомаса та органічні відходи, є альтернативою викопному паливу. [8]

Проте важливо зрозуміти, що виробництво електроенергії з відновлюваних джерел не є абсолютно екологічно чистим варіантом. Ці джерела енергії мають вплив на навколишнє середовище, який відрізняється від традиційних джерел, таких як органічне, мінеральне та гідравлічне паливо. У деяких випадках, навіть вплив традиційних джерел може бути менш небезпечним.

Деякі аспекти екологічного впливу відновлюваних джерел енергії на навколишнє середовище ще не повністю з'ясовані, особливо в довгостроковому плані, і їх дослідження і розробки залишаються менш розробленими, ніж технічні аспекти використання цих джерел.

Таким чином, важливо продовжувати наукові дослідження та розвиток відновлюваних джерел енергії з урахуванням їхнього екологічного впливу на навколишнє середовище та розробки ефективних методів мінімізації негативних наслідків.[8]

Використання вітроенергетики загалом сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, що виникає при добуванні та використанні традиційних джерел енергії. Основні переваги вітроенергетики полягають у зменшенні наступних видів вторгнень у середовище [12]:

1. Зменшення вторгнень при будівництві шахт, бурінні свердловин та прокладанні трубопроводів. Це дозволяє уникнути локального забруднення та поширення зруйнування на значні відстані. [12]

2. Зниження забруднення повітря і води. Вітроенергетика не призводить до викидів шкідливих речовин, таких як важкі метали, кислотні дощі та смог. Також вона не сприяє забрудненню води, яке виникає при бурінні свердловин. [12]
3. Зменшення глобального потепління. Використання вітроенергії не супроводжується викидами парникових газів, таких як двоокис вуглецю (CO₂), що сприяє зменшенню глобального потепління.
4. Зменшення теплового забруднення води. Відсутність необхідності використання охолоджувальних вод в електростанціях, що працюють на вітровій енергії, допомагає уникнути теплового забруднення водних ресурсів.
5. Зменшення затоплення територій та зміни режиму течії річок. Вітроенергетика не вимагає створення великих гідроелектростанцій, які можуть призводити до затоплення територій і зміни природного режиму течії річок. [12]
6. Зменшення забруднення навколишнього середовища на етапах видобутку, транспортування і переробки вугілля. Відсутність необхідності використання вугілля при виробництві електроенергії з вітру допомагає уникнути забруднення, пов'язаного з видобуванням, транспортуванням та переробкою цього виду палива.

Отже, вітроенергетичні установки виробляють електроенергію, не забруднюючи повітря, воду та землю, і не виробляють небезпечних відходів. Вони є надійним та екологічно чистим джерелом енергії. В порівнянні з традиційними джерелами енергії, вітроенергетика має значні переваги з екологічного та економічного погляду.

Використання вітроенергії є найбільш перспективним серед відновлюваних джерел енергії з точки зору екології та економіки. Робота одного вітрогенератора потужністю 1 МВт протягом 20 років дозволяє заощадити значну кількість вугілля

та нафти. Крім того, його використання сприяє значному зменшенню викидів шкідливих газів, таких як CO₂, SO₂ та оксиди азоту.

Прогнози світової вітроенергетики до 2050 року показують, що цей вид енергетики може суттєво зменшити забруднення повітря вуглекислим газом. Розвиток ринку вітроенергетики за останнє десятиліття виявився швидкішим, ніж будь-якого іншого виду відновлюваної енергії.

Важливо зазначити, що вітроенергетика має локальний вплив на навколишнє середовище. Це означає, що аварійні ситуації на вітростанціях не призводять до загибелі великої кількості людей або катастрофічних наслідків для навколишнього середовища, як це може бути у випадку аварій на атомних електростанціях або гідроелектростанціях з великими греблями.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

2.2 Негативні фактори впливу ВЕС на середовище проживання людини та їх оцінка

При будівництві вітроенергетичних установок (ВЕУ), будівництві доріг та проведенні будівельно-монтажних робіт, може виникати проблема ерозії ґрунту. Особливо важливо це питання для регіонів, які мають пустельний або тундровий клімат. Руїнування верхнього шару ґрунту може призвести до деградації поверхні на значних площах. [12]

Під час проектування ВЕС необхідно провести оцінку ризику ерозії ґрунту і при наявності такої проблеми передбачити відповідні заходи, включаючи використання спеціальної техніки та спеціальні методи прокладання доріг, щоб запобігти руїнуванню ґрунту та забезпечити його захист.

Введення вітроустановок в природній ландшафт може порушувати візуальну гармонію і викликати протести серед мешканців, аналогічно до ситуацій, що виникають при будівництві електропередачних ліній, мостів через ущелини тощо. [12]

Ті, хто підтримує індустріальні споруди, можуть знаходити задоволення у спостереженні за творіннями людських рук, тоді як прихильники природи протестують проти вторгнення таких споруд у природний ландшафт. Проте досвід країн з розвинутою вітроенергетикою свідчить, що більшість людей підтримує розвиток вітроенергетики і готові прийняти вторгнення вітроустановок в звичний пейзаж. [12]

В таких випадках рекомендується використовувати підходи, які враховують естетичні аспекти під час проектування ВЕС:

- Встановлення ВЕС однакового типу та розміру, що дозволяє розташовувати їх на однаковій відстані одна від одної, задовольняючи основні естетичні вимоги.
- Використання комп'ютерного моделювання з різними варіантами розташування вітроустановок перед початком будівництва, що допомагає вибрати найбільш приємний для огляду варіант.

Такі підходи дозволяють знайти компроміс між розвитком вітроенергетики та збереженням естетичного вигляду природного ландшафту.

Проблема впливу вітроустановок на птахів, зокрема на орнітофауну, є однією з найбільш обговорюваних. [12]

Вітроелектростанції, як високі структури з рухомими частинами, можуть представляти певну загрозу для птахів. Фактори, які впливають на орнітофауну внаслідок вітроустановок, включають:

1. Фізичний вплив: зіткнення птахів з турбінами, лопатями та вежами.
2. Порушення середовища проживання: зміна умов і характеристик природного середовища птахів.
3. Порушення маршрутів міграції: вплив на шляхи переміщення птахів під час їхньої міграції. [12]

Проте оцінка загрози для птахів від вітроустановок ускладнена через значну залежність від розташування вітроелектростанцій (рельєфу, розташування на майданчику, наявності різних видів птахів в даній місцевості тощо). Крім того, можливість зіткнення птахів з вітроустановками залежить від погодних умов і збільшується в умовах обмеженої видимості. [12]

Таким чином, оцінка впливу вітроустановок на птахів вимагає детального вивчення місцевих умов та природних особливостей конкретного регіону, а також врахування погодних умов.

На підставі цих даних можна зробити висновок, що, хоча вітроелектростанції мають негативний вплив на орнітофауну, їх вплив значно менший, ніж у традиційних джерел енергії. Це досягнуто завдяки тісному співробітництву між проектувальниками вітроустановок і орнітологами. Важливим правилом є уникання розташування вітроелектростанцій на маршрутах міграції перелітних птахів та місцях полювання хижих птахів. [10]

Зменшенню загибелі птахів також сприяв перехід від використання решіток веж до башт у вигляді конічних труб, що зменшило ймовірність зіткнення птахів з лопатями вітроустановок.

Отже, ці заходи спрямовані на зменшення впливу вітроустановок на птахів і показують, що вітроенергетика може бути менш небезпечною для птахів у порівнянні з традиційними джерелами енергії.

Сучасні вітроустановки не створюють загрози для тварин, оскільки вони не випромінюють низькочастотний шум. Це означає, що вітроелектростанції не негативно впливають на життя тварин. [10]

В Європі спостерігається типова ситуація, коли домашні тварини спокійно пасуться між вітроустановками. На території вітроелектростанцій також мають гризуни і койоти, які відчують себе комфортно у цьому середовищі.

Однією з потенційних загроз, що може призвести до загибелі людей, є відрив лопатей вітроустановок і падіння башти.

Хоча були зафіксовані окремі випадки, за весь період існування вітроенергетики лише одна людина загинула в результаті працюючих

вітроустановок, і це сталося в Німеччині, коли парашутист потрапив у зону дії вітру.
[10]

Таким чином, відмінно від інших видів електростанцій, де загибель людей може бути доволі поширеною явищем, вітроелектростанції не становлять серйозної загрози для життя людей, навіть в екстремальних умовах, таких як шторми, землетруси, повені та інші стихійні лиха.

Звуковий шум, що виникає від роботи вітроенергетичних установок, є основним негативним акустичним фактором, пов'язаним з ними. Джерелами акустичного шуму вітроустановок є гондола, маточина вітроколеса, лопаті та башта (щогла). Резонансні коливання можуть відігравати значну роль, особливо у випадку вітроустановок зі змінною частотою обертання вітроколеса. Також важливими факторами є шуми мультиплікатора та ефективність застосовуваних елементів шумопоглинання (шумоізоляції). [10]

Дослідження акустичного шуму двох великих вітроенергетичних установок потужністю 2 і 3 МВт виявили, що основним джерелом шуму є мультиплікатор. Рівень шуму, який вони випромінюють, залежить від типу передачі, умов роботи, конструкції, робочих характеристик і розташування мультиплікатора. [10]

Інші компоненти вітроустановки, такі як генератор, гідравлічне обладнання і лопаті, легко контролюються відповідними методами.

Результати вимірювань рівнів шуму, що випромінюється різними частинами вітроустановок, показали їх відносну значимість. Наприклад, гондола має рівень шуму 55 дБ, маточина - 47 дБ, лопаті - 49 дБ, а вежа - 29 дБ. Вимірювання проводилися на рівні землі на відстані 115 метрів від башти в напрямку вітру. [10]

У сучасних вітроустановках відсутні мультиплікатори, а гондоли використовують ефективні звукоізолюючі і звукопоглинаючі матеріали. Основним джерелом шуму в таких вітроустановках є аеродинамічний шум, створений лопатями. Низькочастотні складові (1-5 Гц) аеродинамічного шуму були проблемою для деяких ранніх проектів вітроустановок, оскільки вони мали негативний вплив на живі організми.

Однак аеродинамічний шум може бути зменшений за допомогою відповідного профілювання лопатей, вибору швидкості обертання вітроколеса та механізму його орієнтації по вітру.

Варто зазначити, що малі вітроустановки можуть бути більш шумними, ніж великі вітротурбіни, і це пояснюється двома причинами.

По-перше, швидкість обертання вітроколеса і, відповідно, кінців лопатей малих вітроустановок вища, ніж у більших. По-друге, більше ресурсів виділяється на дослідження зниження шуму великих машин порівняно з малими. [10]

Оскільки шум малих вітроустановок перешкоджає в основному власникам, він на даний момент не є принциповою перешкодою для їх використання. Показники шуму позначені в таблиці 2.1.

Зм	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

Таблиця 2.1. Характеристика джерел шуму за даними Британської вітроенергетичної асоціації [4]

Джерело шуму	дБ
Поріг чутності	0
Сільська ніч, фон	20-40
Спальна кімната	35
Вітроустановка на відстані 350 м	35-45
Легковий автомобіль, швидкість 70 км/г, відстань 100 м	55
жвавий офіс в максимум активності	60
Грузовий автомобіль, швидкість 50 км/г, відстань 100 м	65
пневмобур на відстані 7 м	95
літак на відстані 250 м	105
Больовий поріг	140

Важливо зазначити, що на сьогоднішній день немає однозначних міжнародних стандартів і вимог, що регулюють шум вітроенергетичних установок (ВЕУ). У світовій практиці існують різні документи, які визначають методики вимірювання шумових характеристик ВЕУ для їх сертифікації.

Ці документи видані такими організаціями, як International Energy Agency (IEA), American Wind Energy Association (AWEA), International Electrotechnical Commission (IEC) і Commission of the European Communities (CEC).

Крім того, в більшості країн існують національні стандарти, які регламентують шум вітроенергетичних установок. [10]

Вплив на роботу радіо, локаційних і телевізійних пристроїв [10-12]. До недавнього часу вважалося, що перешкоди, спричинені вітроенергетичними установками (ВЕУ), мають незначний вплив на роботу радіо-, локаційних і телевізійних пристроїв, якщо ВЕУ не будуються в одну лінію в напрямку до передавальної станції або розташовуються на достатній відстані.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

Використання супутникової передачі сигналів також усуває цю проблему автоматично. Перші вітроагрегати мали лопаті з металу або дерева, де металеві лопаті відбивали радіо- і телевізійні сигнали, а дерев'яні поглинали їх. Однак, зі зростанням потужностей і розмірів ВЕУ, їх лопаті виконуються з напівпрозорого скловолокна, що робить їх перешкодою для радіо- і телесигналів. З метою захисту лопатей від ударів блискавки, вони оснащуються алюмінієвими провідниками, які направляють струм до землі, але такі лопаті відображають радіо- і телевізійні сигнали.

Вітроенергетичні установки також можуть створювати перешкоди для сигналів військових радарів. Однак, при правильному дизайні форми вітроустановки можна ефективно зменшити рівень відбитих електромагнітних сигналів.

Для зменшення впливу ВЕУ на радіо- і телекомунікаційні системи рекомендується розташовувати їх на достатній відстані від цих систем, а також використовувати радіо-поглинаючі покриття на лопатях під час виробництва.

Вплив вітроенергетичних установок (ВЕУ) на повітряний транспорт має два аспекти, які варто враховувати:

1. ВЕУ являють собою фізичну перешкоду для повітряного транспорту, подібно до високих будівель і споруд. Це призводить до встановлення певних вимог авіаційних організацій щодо розташування ВЕУ поблизу аеродромів, визначення безпечних висот польотів, обладнання ВЕУ маркувальними та сигналізаційними пристроями, а також включення ВЕУ до авіаційних карт.
2. ВЕУ можуть впливати на системи комунікації, навігації та спостереження, зокрема на роботу радіолокаційних систем (РЛС), що використовуються в

аеронавігації. Це ставить вимоги до безпечного розташування ВЕУ, зокрема відносно РЛС.

На сьогоднішній день не існує єдиних нормативних документів, які би чітко регламентували вплив ВЕУ на повітряний транспорт. Однак, авіаційні організації встановлюють свої внутрішні вимоги та рекомендації, які враховують цей вплив з метою забезпечення безпеки повітряних перевезень. Ось узагальнені вимоги у ведучих країн в цій галузі наведені в виді таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Узагальнені вимоги регламентуючи вплив ВЕУ на повітряний транспорт [18]

Країни	Безпечне розташування ВЕУ для громадянської авіації		Безпечна висота польотів	Висота ВЕУ при нанесені на карту
	Аеродромні РЛС	Інші		
Велико-британія	30 км	34 км для системи посадки, 30 км для других систем	Не нижче 76 м	Більш 91 м
Данія	стандарт ICAO	стандарт ICAO	Не нижче 100 м	Більш 100 м
Германія	стандарт ICAO	стандарт ICAO	Не нижче 100 м	Більш 100 м
Голландія	стандарт ICAO, для ВЕУ з висотою більш 150 м - 30 км	стандарт ICAO	Не нижче 366 м	Більш 91 м

Варто відзначити, що Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) встановила стандарти щодо розташування вітроенергетичних установок (ВЕУ) відносно радіолокаційних систем (РЛС). Ці стандарти визначають безпечний нахил ВЕУ, який вимірюється як відношення висоти ВЕУ до відстані від РЛС. [18]

Згідно зі стандартом ICAO, для активних РЛС (тобто РЛС, які використовують активне випромінювання сигналу) безпечний нахил на ВЕУ становить 1/100, що означає, що висота ВЕУ повинна бути 1/100 від відстані до

РЛС. Для РЛС спостереження з активною відповіддю безпечний нахил становить 1/200, а для допоміжного аеронавігаційного обладнання - 1/50. [18]

Ці стандарти ІСАО слугують орієнтиром для розташування ВЕУ з метою забезпечення безпеки повітряного руху та ефективної роботи РЛС в аеронавігації. [18]

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3. Екологічні переваги

Важливо відзначити, що вітроенергетичні установки (ВЕУ) мають екологічні переваги порівняно з традиційними джерелами та методами виробництва електроенергії. Одним із факторів, які забезпечують ці переваги, є відсутність викидів вуглекислого газу, шкідливих газів (наприклад, NO і SO), твердих речовин і важких металів. [17]

Кількісна оцінка зменшення шкідливих викидів завдяки використанню ВЕУ може бути проведена на основі конкретних даних електростанцій в зоні будівництва ВЕС або за загальними даними, що наведені у таблицях.

Ці дані використовуються для оцінки екологічних переваг ВЕУ, особливо в тих випадках, коли конкретні дані про паливні електростанції в зоні будівництва ВЕС невідомі.

Ці вимірювання шкідливих викидів, що наведені у таблиці 2.3., є важливими факторами для оцінки впливу ВЕУ на навколишнє середовище та підкреслюють екологічну перевагу використання вітрової енергії. [14]

Таблиця 2.3. Усереднені дані по питомій емісії газів під паливної енергетики США

Вид газу	Питомі значення г/кВт*год при використанні палива			
	Вугілля	Природний газ	Нафта	Середнє
Діоксид вуглецю, CO ₂	967	468	708	690
Діоксид сірки, SO ₂	6,1	0,0032	3,1	3,63
Оксиди азоту, NO _x	3,45	0,82	0,95	2,22

Використання води є значною проблемою в електричному та тепловому виробництві, особливо в місцях, де вода обмежена.

Традиційні паливні та атомні електростанції використовують великі обсяги води для охолодження конденсаторів у термодинамічних циклах, а також для очищення й обробки палива, наприклад, у вугільних електростанціях.

У порівнянні з цим, використання води вітроенергетичними установками є незначним. ВЕС не потребують великих обсягів води для своєї роботи і не мають значного впливу на водні ресурси.

Дані про безповоротні втрати води на паливних електростанціях наведені в таблиці 2.4. , які є відображенням обсягів води, використаної в процесах охолодження та обробки палива в енергетичній промисловості.

Таблиця 2.4. Безповоротні питомі втрати води на паливних електростанціях США і на ВЕС

Вид електростанції	Витрата води, літрів/кВт*год
АЕС	2,3
Вугільна	1,9
На нафті і нафтопродуктах	1,6
Комбінована газова	0,95
вітрова	0,004

У сучасних умовах, будь-яка технологія проходить строгу оцінку щодо її впливу на людину і навколишнє середовище. Це також стосується вітроенергетики, яка вважається одним з найекологічніших джерел електроенергії. [6]

Аналіз впливу на навколишнє середовище повинен проводитися на всіх етапах життєвого циклу будівництва вітроелектричних станцій.

Це включає виробництво енергетичного обладнання, будівництво, експлуатацію та ліквідацію ВЕС. Оцінка впливу має визначити основні складові та

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

рівень негативного впливу процесів будівництва, експлуатації та ліквідації ВЕС на компоненти навколишнього середовища, такі як атмосферне повітря, водні ресурси, ґрунт, рослинність, тваринний світ тощо.

Результати оцінки використовуються для розробки та впровадження заходів з охорони навколишнього середовища, спрямованих на зменшення негативних впливів і прийняття рішень щодо будівництва конкретних вітроелектричних станцій.

У процесі будівництва ВЕС, основні впливи на навколишнє середовище включають забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунту, утилізацію відходів, відторгнення сільськогосподарських земель та шкоду рослинному і тваринному світу. У процесі експлуатації ВЕС, вплив може бути пов'язаний з шумом, вібраціями, електромагнітним випроміню. [12]

Під час будівництва вітроелектричних станцій (ВЕС), на навколишнє природне середовище можуть справляти негативний вплив такі процеси:

1. Будівництво і ремонт доріг: Великий рух транспорту та будівельна техніка під час будівництва ВЕС можуть спричинити забруднення атмосфери шкідливими викидами, включаючи викиди від транспортних засобів та пилу від дорожнього покриття.
2. Інженерна підготовка території: Цей процес включає розчищення та підготовку місця для будівництва ВЕС, що може призвести до видалення рослинного покриву та зруйнування природних екосистем.
3. Закладка фундаментів ВЕС та спеціальних майданчиків для їх монтажу:
4. Цей етап вимагає великих земляних робіт та будівельних робіт, що можуть спричинити забруднення ґрунту, особливо внаслідок розкопування та знесення природних шарів ґрунту. [3]

5. Будівництво ліній електропередачі (ЛЕП), групової підстанції та інших об'єктів схеми видачі потужності ВЕС: Цей процес включає будівництво інфраструктури для передачі виробленої електроенергії, що може призвести до забруднення атмосфери та негативного впливу на ґрунт та водні ресурси.
6. Будівництво та оснащення ремонтно-експлуатаційної бази ВЕС з центральним пунктом управління: Цей процес пов'язаний з будівництвом необхідної інфраструктури для підтримки експлуатації ВЕС, що може впливати на навколишнє середовище через забруднення та споживання ресурсів. [2]
7. Будівництво та демонтаж тимчасових будівель і споруд, рекультивація земель, благоустрій території: Під час будівництва ВЕС необхідно створювати тимчасові споруди для робочого персоналу та здійснювати благоустрій території. Цей процес може мати вплив на навколишнє середовище через забруднення, зміну природного ландшафту та екологічного балансу.
8. Життєдіяльність будівельного персоналу: Під час будівництва ВЕС працівники перебувають на місці будівництва, що може призвести до вироблення відходів, забруднення поверхневих і підземних вод, а також негативного впливу на природні ресурси навколишнього середовища.

Усі ці процеси повинні бути враховані та оцінені при проведенні оцінки впливу будівництва ВЕС на навколишнє середовище, з метою прийняття заходів з мінімізації негативних наслідків та забезпечення сталого розвитку. [3]

Основне навантаження на повітряне середовище під час будівництва ВЕС виникає внаслідок викидів забруднюючих речовин автотранспортними засобами, будівельними машинами та механізмами. Також забруднення атмосфери виникає при проведенні зварювальних та фарбувальних робіт, використанні сипких будівельних матеріалів та інших процесах. [3]

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

У результаті цих діяльностей у навколишнє середовище потрапляють такі забруднюючі речовини: оксид вуглецю, оксид і діоксид азоту, діоксид сірки, бензин, газ, сажа, неорганічний пил, 10-20% діоксиду кремнію, оксиди заліза і марганцю, фтористі з'єднання та інші речовини. [4]

Під час експлуатації сучасних ВЕС, як вже зазначалося, відбувається вплив на людину, флору і фауну, атмосферне повітря, водні об'єкти та землекористування. Цей вплив проявляється через такі фактори, як шум, вібрації, електромагнітне випромінювання, оптичні ефекти, механічний вплив та утворення відходів.

Оперуючи ВЕС, людина може бути піддана шуму, вібраціям та електромагнітному випромінюванню, що може вплинути на її комфорт та здоров'я. Також може відбуватись механічний вплив, пов'язаний з експлуатацією самої енергетичної установки.

У зв'язку з роботою ВЕС, можуть виникати оптичні ефекти, такі як блиск або відблиск світла, які можуть мати певний вплив на навколишнє середовище.

Крім того, у процесі експлуатації ВЕС виникають відходи, які потребують відповідного управління та поводження. Це можуть бути відпрацьовані матеріали, мастила, експлуатаційні розчини тощо.[2]

Водні об'єкти із ВЕС можуть використовуватись для охолодження або очищення, що може мати наслідки для водних екосистем.

Землекористування також відбувається у зоні розташування ВЕС, що може призвести до змін використання землі та вплинути на біорізноманіття та природні екосистеми. [5]

Однією з основних проблем вітроенергетики є утилізація лопатей вітроустановок, зокрема тих, що виготовлені з композитних матеріалів. Ця

проблема стає найбільш актуальною зі зростанням кількості встановлених ВЕУ і наближенням терміну їх служби. Україна, зокрема, очікує виникнення цієї проблеми після 2040 року.

На сьогоднішній день, для утилізації лопатей запропоновані два основних способи: механічна і термічна переробка.

Найпоширенішим методом переробки є термічний спосіб, зокрема спалювання лопатей. Проте, після спалювання утворюється значна кількість золи, яка потребує подальшої утилізації. Одним з перспективних методів переробки є піроліз, який передбачає нагрівання лопатей без доступу кисню при температурі близько 500° С. Під час піролізу волокна лопатей можуть бути відновлені для повторного використання, а утворений газ можна спалювати для отримання електроенергії.

Отже, проблема утилізації лопатей вітроустановок потребує уваги, і на сьогоднішній день розглядаються різні методи, зокрема термічна переробка, для ефективного вирішення цієї проблеми.

Розділ 3. Надання оцінки та перспектив впровадження та підключення ВЕС як для власного користування, так і для великого здобування енергії

3.1 Оцінка та перспективи ринку в Україні

Вітроенергетика в Україні розпочала свій розвиток у 1996 році з проектування Новоазовської вітроелектростанції потужністю 50 МВт. Проте суттєве зростання будівництва вітроелектростанцій спостерігається з 2009 року, коли Уряд України впровадив "Зелений тариф". На кінець 2012 року загальна потужність вітроелектростанцій в Україні становила близько 263 МВт. У 2015 році було введено в експлуатацію 16,6 МВт вітрогенеруючих потужностей. Таким чином, станом на 31 грудня 2015 року загальна потужність вітроелектростанцій на материковій частині України склала 426,2 МВт. Усі вітроелектростанції підключені до електричної мережі. [17]

Важливим напрямком наукових досліджень в Україні є створення вітроенергоустановок з можливістю розташування генератора на низькій висоті та вертикальною позицією вітросприймаючих елементів.

Україна має достатні ресурси для виготовлення вітрових електростанцій всіх потужностей, які застосовуються на практиці - від мікротурбін до потужних вітроагрегатів.

Згідно з Міжгалузевим науково-технічним центром вітроенергетики Національної академії наук України, наша країна має значні ресурси вітрової енергії, які оцінюються приблизно в 30 ТВт-годин на рік. Енергетика є одним із найважливіших сегментів паливно-енергетичного комплексу і забезпечує понад 7,5% загального обсягу промислового виробництва країни. [15]

На території України вважаються придатними для будівництва вітроелектростанцій площі до 7 тис. км², включаючи карпатський, приазовський, донецький, західнокримський, гірнокримський, керченський регіони, Харківську та Полтавську області. За розрахунками вчених, при максимальному використанні сили вітру в цих регіонах можна було б забезпечити електроенергією в обсягах, достатніх для задоволення до 50% загального енергоспоживання країни.

В Україні перспективним напрямком розвитку електроенергетики є виробництво та продаж електроенергії. Продаж електрики є вигідним, оскільки ціна на неї вища, ніж на самі корисні копалини. Крім того, використання нетрадиційних джерел енергії в Україні має великий потенціал і в довгостроковій перспективі може замінити традиційну енергетику. Це дозволить знизити витрати на енергозабезпечення, транспортування енергоносіїв і вирішити екологічні проблеми.

Продуктивність використання енергетичних ресурсів в Україні становить 34%, але до 2030-2040 років має досягти рівня 60-70%. Порівняно з Японією (40%), Німеччиною і США (обидві - 38%), Україна має можливість досягти подібних показників. [4]

Найперспективнішими напрямками для розвитку альтернативної енергетики в Україні є використання вітрової та сонячної енергії. Проте розвиток відновлюваної енергетики в Україні обмежується кількома негативними факторами, такими як недостатнє нормативно-правове забезпечення, відсутність стимулюючої політики держави, недостатнє фінансування науково-дослідних та конструкторських розробок, недостатня інформованість та консерватизм учасників ринку, нестача кваліфікованих кадрів, які можуть вирішувати організаційно-технічні, екологічні та економічні проблеми використання відновлюваної енергії, а також велика капіталомісткість проектів вітроелектростанцій. [17]

Основним завданням інноваційної політики в регіоні є забезпечення збалансованої взаємодії між науковим, технічним та виробничим потенціалом, сприяння розробці та впровадженню механізмів активізації інноваційної діяльності суб'єктів підприємництва і поширенню інновацій в усіх галузях економіки. Для досягнення цих цілей важливим напрямком є створення законодавчої та нормативно-правової бази, яка визначає правові, економічні та організаційні засади державного регулювання інноваційної діяльності в Україні.

У цьому контексті, конкретними кроками на шляху реалізації державної інноваційної політики стало прийняття базових законів України в сфері інноваційної діяльності, таких як «Про інноваційну діяльність», «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні» та «Про спеціальний режим інвестиційної та інноваційної діяльності технологічних парків».

Ці закони спрямовані на створення сприятливого середовища для розвитку інновацій, встановлення пріоритетних напрямків інноваційної діяльності та регулювання діяльності технологічних парків.

Ці кроки сприяють створенню умов для залучення інвестицій у сферу інновацій, стимулюють дослідницько-розвідувальну діяльність, розвиток нових технологій та їх впровадження на виробництво.

Така законодавча база сприяє зростанню інноваційного потенціалу регіону та сприяє залученню талановитих науковців, підприємців та інвесторів у розвиток інноваційного сектора економіки.

Загалом, реалізація інноваційної політики та створення відповідної законодавчої бази в Україні сприятимуть активному розвитку інноваційної сфери, залученню інвестицій, підтримці наукових досліджень та стимулюванню інноваційного підприємництва.

Аналіз практичної діяльності наукових і науково-технічних організацій України свідчить про потенціал ефективного використання науково-технічного потенціалу країни для розв'язання завдань енергозбереження, за умови створення необхідних економічних та організаційних умов. Основною формою такої діяльності має стати розвиток малого інноваційного підприємництва та створення мережі наукових і технологічних центрів, парків та інших інноваційних структур. [12]

Залучення вчених до виробничої діяльності, які можуть швидко оцінити наукові розробки і знайти оптимальні сфери їх застосування, сприятиме економічному зростанню на всій території та допоможе привернути вітчизняних і зарубіжних інвесторів. Важливою базою для цього мають стати провідні спеціалізовані наукові організації України, на основі наукових розробок яких можуть бути створені виробничо-комерційні інноваційні підприємства. [14]

Цей підхід сприятиме перетворенню наукових розробок у практично застосовні технології та нові енергозберігаючі рішення, що підтримуватиме економічне зростання та сприятиме сталому розвитку.

Крім того, це дозволить створити нові робочі місця, підвищити конкурентоспроможність українських підприємств на міжнародному ринку та залучити інвестиції для подальшого розвитку інноваційного сектора.

Розробка мережевих інноваційних структур в регіонах для підтримки великих та технологічно складних проектів з енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії потребує прямої державної підтримки. Ці структури повинні залучати підприємства, наукові установи, фінансові установи, органи місцевої виконавчої влади та малий бізнес.

Створення таких інноваційних структур має відбуватися поетапно, спочатку в містах, потім в районних центрах, і далі в населених пунктах наступного рівня. Це дозволить охопити широку територію та забезпечити розвиток енергозбереження на різних рівнях. [14]

Ефективний розвиток інноваційного підприємництва в галузі енергозбереження в Україні може бути забезпечений при цілеспрямованій роботі місцевих органів влади. Їх активна підтримка та сприяння сприятимуть прискореному розвитку цього сектора. Такі заходи включатимуть створення сприятливого інвестиційного клімату, сприяння укладанню партнерських угод між різними сторонами, залучення фахівців та ресурсів для впровадження інноваційних проєктів.

Все це сприятиме активному розвитку енергозбереження в Україні, залученню інвестицій та створенню нових робочих місць, що підсилюватиме стале економічне зростання країни.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2 Оцінка та перспективи впровадження ВЕС в Сумській області

Сумська область, розташована в північно-східній частині України, має певний потенціал для розвитку вітроенергетики. Основним фактором, що сприяє цьому, є географічне та ландшафтне положення області.

Сумська область відноситься до рівнинних районів з відкритою місцевістю, що сприяє вільному руху повітряних мас та створенню стабільних вітрових ресурсів. Відсутність значних гірських перешкод та відкритий простір сприяють плавному потоку вітру, що може бути використано для ефективної генерації вітрової енергії.

Враховуючи загальну географічну сприятливість та відкритий рівнинний ландшафт Сумської області, можна припустити, що у регіоні існує певний потенціал для встановлення вітроенергетичних установок. [14]

Сумська область має потенціал для використання вітроенергії та будівництва вітрових електростанцій. Для сучасних технологій вітроенергетики рекомендується використовувати райони з середньорічною швидкістю вітру від 5 м/с і вище на висоті 10 метрів над землею. Проаналізувавши статистичні дані про швидкість та повторюваність вітру, було проведено районування території Сумської області та визначено її вітровий потенціал на різних висотах. Ці дані можуть бути використані проектувальниками вітроенергетичних об'єктів для встановлення оптимальної потужності вітрогенераторів та типу енергії для максимально ефективного виробництва електроенергії в конкретній місцевості. [17]

За допомогою вітроустановок, в Сумській області можливе використання від 15% до 19% річного потенціалу вітру, що проходить крізь поверхню вітроколеса. Область має середньорічну швидкість вітру 4,5 м/с, а в окремих районах до 5 м/с. Очікувана виробництва електроенергії з 1 квадратного метра площі вітроколеса на висоті 15 метрів становить до 1120 кВт-год/кв. метр річно для природного

потенціалу вітру та понад 200 кВт-год/кв. метр річно для технічно-дослідного потенціалу. [16]

Перевагою Сумської області є можливість використання вітроенергії для місцевих споживачів. Однак, для успішного використання вітроенергії необхідно забезпечити технічну можливість автоматичного підключення до існуючої електричної мережі та створення умов для функціонування вітроелектростанцій як бізнес-проектів.

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

					Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	55

3.2.1 Швидкість вітру середня 3,5-4 м/с

Встановлення вітрових енергоустановок залежить від декількох факторів, а швидкість вітру - один з найважливіших з них. Швидкість вітру впливає на ефективність та рентабельність вітрових турбін.

Зазвичай, мінімальна швидкість вітру для ефективної роботи вітрових турбін становить близько 3-4 м/с. За таких умов, вітроелектростанція може почати генерувати електрику, але з досить низькою потужністю. Це означає, що при такій швидкості вітру вітрові турбіни можуть постачати електроенергію, але її обсяг буде обмеженим.

Оптимальна швидкість вітру для вітрових турбін зазвичай становить 12-15 м/с. При цих умовах турбіни працюють найефективніше і генерують максимальну потужність.

Якщо середня швидкість вітру на певній території нижча за цей оптимальний рівень, то встановлення великих комерційних вітрових енергоустановок може бути менш рентабельним. [16]

Проте варто зазначити, що швидкість вітру не є єдиним фактором, який впливає на вигідність встановлення вітрових енергоустановок. Інші фактори, такі як доступність земельних ділянок, правове середовище, економічні умови та попит на електроенергію в даній області, також мають значення.

При швидкості вітру 3,5 м/с, перспективи для встановлення вітрових енергоустановок в Сумській області можуть бути обмеженими. Для сучасних технологій вітроенергетики рекомендується використовувати райони з середньорічною швидкістю вітру від 5 м/с і вище на висоті 10 метрів над землею. [16]

При швидкості вітру 3,5 м/с, ефективність та рентабельність вітрових енергоустановок можуть бути значно знижені. Це може вплинути на виробництво електроенергії та повернення витрат на будівництво та експлуатацію вітрових електростанцій. Однак, важливо враховувати, що швидкість вітру може варіюватися в залежності від розташування та конкретних умов місцевості.

У разі низьких швидкостей вітру, інші джерела відновлювальної енергії, такі як сонячна енергія або біомаса, можуть бути більш ефективними варіантами для виробництва електроенергії.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

3.2.2 Швидкість вітру середня 5-7 м/с

Швидкість вітру у діапазоні 5-7 м/с вважається помірною для встановлення вітрових енергоустановок. В цьому діапазоні вітроелектростанції можуть ефективно працювати і генерувати значну кількість електроенергії.

Оптимальна швидкість вітру для багатьох вітрових турбін знаходиться приблизно в діапазоні 12-15 м/с. Однак, це не означає, що вітрові енергоустановки не будуть працювати при нижчих швидкостях вітру. Багато сучасних турбін розроблені з урахуванням роботи при помірних швидкостях вітру і мають певну потужність навіть при 5-7 м/с.

Помірні швидкості вітру можуть бути особливо привабливими для децентралізованих систем виробництва енергії, де вітрові турбіни можуть бути поставлені недалеко від місця споживання електроенергії, зменшуючи втрати в електричній мережі.

Крім того, враховуючи збільшення потужності вітрових турбін та постійне поліпшення технологій, можливо, що встановлення вітрових енергоустановок при швидкостях вітру 5-7 м/с стане ще більш привабливим і ефективним у майбутньому.

3.2.3 Швидкість вітру середня 8-11 м/с

Швидкість вітру є одним з ключових факторів, який впливає на ефективність роботи вітрових енергоустановок. Діапазон вітрової швидкості 8-11 м/с вважається досить сприятливим для використання вітроенергії з комерційною метою. Ось кілька причин, чому цей діапазон є сприятливим:

1. Ефективність турбін: Багато моделей вітрових турбін мають оптимальну швидкість вітру для максимальної ефективності приблизно в діапазоні 8-11 м/с. Це означає, що при таких швидкостях вітру турбіни можуть генерувати значну кількість електроенергії.
2. Значна виробництва електроенергії: Вітрові енергоустановки в діапазоні 8-11 м/с можуть надавати стабільне та значне виробництво електроенергії протягом тривалого періоду. Це дозволяє забезпечити енергетичні потреби, зокрема для приватного користування.
3. Мінімальні шкоди: Швидкість вітру у діапазоні 8-11 м/с вважається помірною, що означає, що відповідна турбіна може працювати з достатньою потужністю, при цьому не виникають значні пошкодження або напруга на системі.
4. Підтримка програм: В деяких країнах та регіонах існують програми підтримки для розвитку вітрової енергетики, які можуть забезпечити фінансові стимули та пільги для встановлення вітрових енергоустановок у діапазоні 8-11 м/с.

3.2.4 Висновок до швидкості вітру в Сумській області

Сила вітру, бали	Швидкість вітру, м/сек	Характеристика	Дія вітру
0	< 0.3	<u>Штиль</u>	Повна відсутність вітру. Дим піднімається прямовисто. Листя дерев нерухоме.
1	0.3–1.5	Тихий	<u>Дим «пливе». Флюгер не обертається.</u>
2	1.6–3.4	Легкий	Рух повітря відчувається обличчям. Шелестить <u>листя</u> . Флюгер обертається.
3	3.4–5.4	Слабкий	Тріпоче <u>листя</u> , хитаються дрібні гілки. Майорять прапори.
4	5.5–7.9	Помірний	Хитаються тонкі гілки дерев. Вітер піднімає пил та шматки паперу.
5	8.0–10.7	Свіжий	Хитаються великі гілки. На воді з'являються хвилі.
6	10.8–13.8	Сильний	Хитаються великі гілки
7	13.9–17.1	Міцний	Хитаються невеликі <u>стовбури</u> дерев. На морі здіймаються <u>хвилі</u> , що піняться.
8	17.2–20.7	Дуже міцний	Ламаються гілки дерев, важко йти проти вітру.
9	20.8–24.4	<u>Шторм</u>	Невеликі руйнування. Зриває <u>черепицю</u> , руйнує <u>димарі</u>
10	24.5–28.4	<u>Сильний шторм</u>	Значні руйнування. <u>Дерева</u> вириваються з <u>корінням</u>
11	28.5–32.6	<u>Жорстокий шторм</u>	Великі руйнування
12	≥ 32.7	Ураган	Призводить до спустошень

Таблиця 3.1 - Градація швидкості вітру по шкалі Бофорта

Зм	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

60

На висоті в 10 м в Сумській області в середньому швидкість вітру не перевищує 5-5,5 м/с, а в більшості ми знаходимось в слабкому діапазоні вітру. Це надає змогу проаналізувати та спрогнозувати розвиток ВЕС в нашій області.

Якщо у Сумській області існує дефіцит електроенергії та відсутність конкуренції на ринку вітрової енергії, то встановлення вітрових енергоустановок може бути перспективною ідеєю.

Нижче наведені додаткові переваги, які можуть привабити інвесторів до цього проекту:

1. Енергетична незалежність: Встановлення вітрових енергоустановок дозволить забезпечити електроенергією місцеву спільноту і зменшити залежність від імпорту електроенергії. Це може бути особливо важливо в умовах дефіциту електроенергії, коли забезпечення стабільного електропостачання є пріоритетом.
2. Економічні переваги: Встановлення вітрових енергоустановок може стати джерелом нових робочих місць та привести до економічного розвитку регіону. Привабливі умови і відсутність конкуренції на ринку вітрової енергії можуть спонукати інвесторів до фінансування проекту.
3. Екологічна стійкість: Використання вітрової енергії є екологічно чистим джерелом енергії, що дозволяє зменшити викиди вуглецю та інших забруднюючих речовин.

Це може підвищити екологічну стійкість регіону та сприяти збереженню навколишнього середовища.

4. Підтримка програм: В деяких країнах та регіонах існують програми підтримки вітрової енергетики, що надають фінансову підтримку, пільги та стимули для встановлення вітрових енергоустановок. Це може сприяти залученню інвесторів та знизити витрати на проект.

3.3 Правове законодавство, та вибір місцевості для встановлення

3.3.1 Правове законодавство

Україна має відповідне законодавство, що регулює використання вітрової енергії та встановлення вітрових енергоустановок. Основними законами та нормативно-правовими актами є:

1. Закон України "Про альтернативні джерела енергії" (включаючи розділ про вітрову енергетику). Цей закон визначає загальні принципи розвитку та використання альтернативних джерел енергії в Україні, включаючи вітрову енергію.
2. Постанова Кабінету Міністрів України "Про затвердження Порядку розроблення, затвердження та реалізації планування територій розташування об'єктів відновлювальної енергетики". Ця постанова встановлює порядок планування територій для розташування вітрових енергоустановок та інших об'єктів відновлювальної енергетики.
3. Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері енергетики та комунальних послуг "Про затвердження Типових умов виконання розрахунків стосовно гарантованої викупної ціни для електричної енергії, що виробляється з використанням вітрових енергоустановок". Ця постанова визначає умови, за яких здійснюється викуп електроенергії, виробленої з використанням вітрових енергоустановок, за гарантованою викупною ціною.
4. Порядок реалізації проектів з використання вітрової енергії. Цей порядок визначає вимоги до проектів вітрових енергоустановок, включаючи процедури отримання дозволів та ліцензій, вимоги до досліджень та оцінки впливу на довкілля.

Закон України "Про альтернативні джерела енергії" є основним законодавчим актом, який регулює використання вітрової енергії та інших альтернативних джерел енергії в Україні. Основні положення цього закону включають:

1. Визначення альтернативних джерел енергії: Закон визначає альтернативні джерела енергії як джерела, що використовуються для виробництва електричної та теплової енергії, включаючи вітряну енергію, сонячну енергію, геотермальну енергію, біомасу, гідроенергію та інші джерела.
2. Пріоритет розвитку альтернативних джерел енергії: Закон надає пріоритет розвитку альтернативних джерел енергії, зокрема вітрової енергії, у розвитку енергетичної системи країни.
3. Регулювання діяльності в галузі альтернативних джерел енергії: Закон встановлює вимоги щодо дозволів та ліцензій на використання альтернативних джерел енергії, включаючи вітрову енергію.
4. Він також визначає процедури, права та обов'язки суб'єктів господарювання, що займаються використанням альтернативних джерел енергії.
5. Фінансова підтримка: Закон передбачає можливість отримання фінансової підтримки та стимулів для розвитку альтернативних джерел енергії, включаючи вітрову енергію. Це може включати пільги, субсидії, гранти та інші форми державної підтримки.
6. Захист прав та інтересів інвесторів: Закон встановлює механізми захисту прав та інтересів інвесторів у галузі альтернативних джерел енергії, включаючи вітрову енергію.

Відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України "Про затвердження Порядку розроблення, затвердження та реалізації планування територій розташування об'єктів відновлювальної енергетики", цей документ встановлює порядок планування територій для розташування вітрових енергоустановок та інших об'єктів відновлювальної енергетики.

Основні положення цього порядку включають:

1. Визначення територій для розташування об'єктів відновлювальної енергетики: Порядок визначає процедури та критерії для визначення територій, на яких можна розміщувати вітрові енергоустановки. Це включає аналіз даних про вітровий потенціал, екологічні обмеження, просторове планування та інші фактори.
2. Процедура планування територій: Порядок встановлює процедуру розроблення та затвердження планів територій для розміщення вітрових енергоустановок. Це включає залучення зацікавлених сторін, проведення консультацій, екологічну оцінку та інші етапи.
3. Критерії для розміщення вітрових енергоустановок: Порядок встановлює критерії технічної та економічної доцільності для розміщення вітрових енергоустановок. Це включає аналіз вітрового потенціалу, дистанції до населених пунктів, екологічні вимоги, просторові обмеження та інші фактори.
4. Управління та контроль: Порядок встановлює механізми управління та контролю за реалізацією планів територій, включаючи виконавчі органи, відповідальність та моніторинг.

Національний план дій з розвитку вітрової енергетики до 2035 року" встановлює основні стратегічні цілі, завдання та заходи для розвитку вітрової енергетики в Україні. Він орієнтований на досягнення збалансованого та сталого розвитку сектора вітрової енергетики та сприяння зменшенню викидів шкідливих речовин та залежності від імпорту енергоносіїв.

Основні положення цього плану включають:

1. Цілі розвитку: План визначає конкретні цілі щодо потужності вітрової енергетики, що повинна бути введена в експлуатацію до 2035 року. Ці цілі зазвичай включають збільшення встановленої потужності, виробництва електроенергії та частки вітрової енергії в загальній енергетичній системі країни.
2. Планування та ідентифікація потенціалу: План включає оцінку потенціалу розвитку вітрової енергетики в різних регіонах України. Це включає визначення пріоритетних територій для розміщення вітрових енергоустановок та ідентифікацію обмежень, таких як екологічні аспекти та конфлікти використання земельних ресурсів.
3. Законодавчі та регуляторні заходи: План передбачає прийняття та впровадження необхідних законодавчих та регуляторних заходів для сприяння розвитку вітрової енергетики. Це може включати спрощення процедур отримання дозволів та ліцензій, розробку механізмів підтримки та стимулювання інвестицій, а також встановлення норм і стандартів для експлуатації вітрових енергоустановок.
4. Фінансування та інвестиції: План визначає механізми фінансування та залучення інвестицій у сектор вітрової енергетики.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

5. Це може включати створення спеціальних фондів, підтримку фінансових інструментів та програм підтримки для інвесторів.
6. 5.Моніторинг та контроль: План передбачає систему моніторингу та контролю за реалізацією стратегії розвитку вітрової енергетики. Це включає оцінку виконання поставлених цілей, збір та аналіз даних про розвиток сектора, а також прийняття необхідних коректив та заходів для досягнення поставлених завдань.

В Україні порядок реалізації проектів з використання вітрової енергії регулюється відповідним законодавством та нормативно-правовими актами. Основні етапи та вимоги до проектів вітрових енергоустановок включають наступне:

1. Підготовчий етап:

- Визначення потенціалу: Виконання досліджень для визначення потенціалу вітрової енергії у конкретному регіоні.
- Вибір місця: Вибір місця для розміщення вітрової енергоустановки на основі географічних, екологічних, енергетичних та інших факторів.
- Розробка концепції: Розробка концепції проекту, включаючи технічні характеристики, потужність, план розміщення та інші важливі параметри.

2. Отримання дозволів та ліцензій:

- Дозвіл на розробку проекту: Отримання дозволу на розробку проектної документації від відповідних органів.
- Оцінка впливу на довкілля: Проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД) та отримання відповідної документації (ОВД-документ).
- Ліцензування: Отримання ліцензії на виробництво електричної енергії від національного регуляторного органу.

3. Будівництво та встановлення:

- Підготовка майданчика: Підготовка майданчика для будівництва, включаючи дослідження ґрунтів, влаштування фундаменту та інші підготовчі роботи.
- Встановлення вітрових енергоустановок: Монтаж та встановлення вітрових турбін згідно з проектною документацією.
- Підключення до електричної мережі: Забезпечення підключення вітрової енергоустановки до електричної мережі згідно з вимогами та стандартами.

4. Експлуатація та обслуговування:

- Експлуатація: Запуск та експлуатація вітрових енергоустановок відповідно до встановлених процедур та рекомендацій виробника.
- Технічне обслуговування: Забезпечення регулярного технічного обслуговування та контролю стану вітрових турбін.
- Моніторинг та звітність: Здійснення моніторингу роботи вітрових енергоустановок, збір даних про вироблену електроенергію та подання відповідних звітів органам контролю.

3.3.2 Вибір місцевості для встановлення

Вибір місцевості для встановлення вітрових енергоустановок в Україні вимагає ретельного аналізу та оцінки різних факторів. Основні чинники, які враховуються при виборі місця, включають наступне:

1. Потенціал вітру: Важливим фактором є наявність достатньої і стабільної швидкості вітру. Проводяться дослідження та вимірювання швидкості вітру на різних потенційних майданчиках. Зазвичай вимагається середня річна швидкість вітру в межах 6-7 м/с і більше.
2. Географічне розташування: Місце встановлення повинно мати відкрите просторове розташування, що сприяє неперешкодженому потоку вітру. Бажано обирати місцевості з низькою густиною забудови, малою кількістю перешкод, таких як гори або високі будівлі.
3. Доступ до електричної мережі: Майданчик повинен мати доступ до електричної мережі для підключення вітрової енергоустановки та передачі виробленої електроенергії.
4. Екологічні аспекти: Враховується вплив на довкілля, включаючи вплив на птахів, біорізноманіття та інші види. Проводяться оцінки впливу на довкілля та приймаються заходи для зменшення можливого негативного впливу.
5. Громадська прийнятність: При виборі місця встановлення враховуються думка та прийнятність проекту для місцевих жителів та громади. Консультації з місцевими мешканцями та організація відкритого діалогу можуть бути проведені для забезпечення широкої підтримки.
6. Земельні умови: Доступність земельних ділянок та відповідність їхніх характеристик вимогам для встановлення вітрових енергоустановок.

Розташування вітрових енергоустановок в Сумській області. Ось кілька можливих варіантів розташування вітряків в Сумській області:

					КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.	Арк.
Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		68

1. Пересічні висоти та пагорбисті райони: Сумська область характеризується рельєфом з переважанням пагорбів. Висоти та наявність пагорбистих районів сприяють формуванню потенціалу вітру. Такі райони можуть бути перспективними для розташування вітрових енергоустановок.
2. Відкриті простори: Місцевості з відкритими просторами, які мають низьку густоту забудови, можуть бути сприятливими для встановлення вітрових енергоустановок. Наявність відкритих полів, сільських територій або степових районів може забезпечувати неперешкоджений потік вітру.
3. Близькість до електричної мережі: При виборі місця розташування вітрових енергоустановок варто враховувати доступність електричної мережі для підключення виробленої електроенергії. Місця, що знаходяться поруч з існуючими лініями електропередачі, можуть бути перевагою при розташуванні вітряків.

Зм	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата



Рисунок 3.2.Рельєфна карта Сумської області

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

Арк.

70

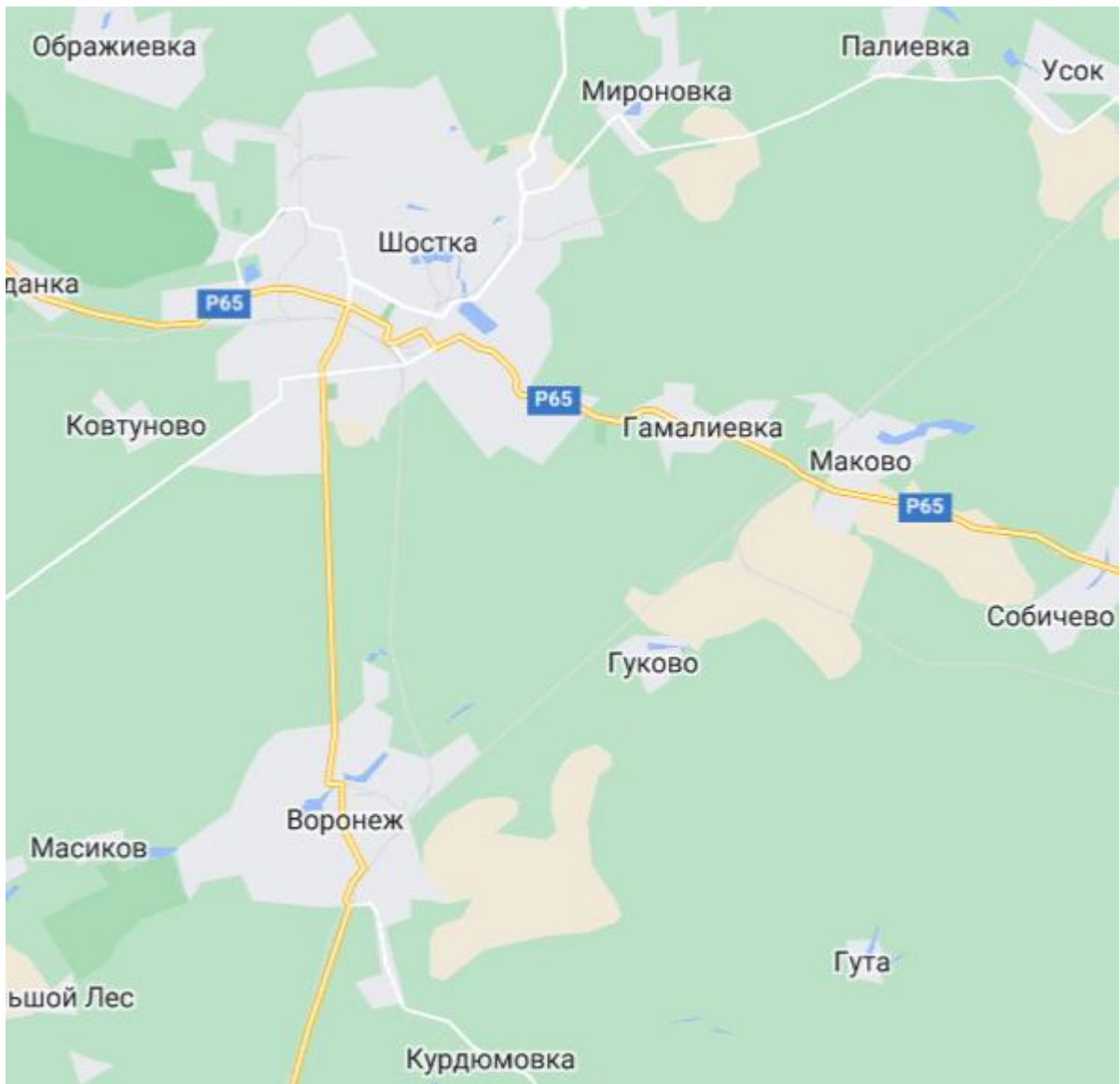


Рисунок 3.3. Найкраще місцезрештування для встановлення вітряків, вказано на мапі.

Зм	Арк.	№ доквм.	Підпис	Дата

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

71

Розділ 4.Оцінка економічної вигідності ВЕС

Валовий (теоретичний) потенціал вітрової енергії регіону (країни, континенту) визначається як частина середньобагаторічної сумарної вітрової енергії, яка може бути використана на площі даного регіону протягом одного року.

Цей потенціал вказує на максимальну енергію, яка може бути теоретично видобута з вітру в даній області протягом тривалого періоду часу.

Розглянутий регіон представляється як сукупність ділянок, або зон, у кожній з яких питома потужність вітрової енергії, а також географічні, кліматичні і погодні умови є однорідними по всій площі зони. Як правило, зони повинні відповідати розташуванню метеорологічних станцій. Валовий потенціал W_v , кВт·год/рік регіону представляє суму валових потенціалів складових його зон. [14]

Питомий валовий потенціал вітрової енергії зони визначається середньою питоною потужністю вітрового потоку P , кВт/м²:

$$W_{\text{пит.в.}} = \frac{[P] T}{20}$$

де $T = 8760$ год/рік

Розглянемо виведення формули, оскільки це є надзвичайно важливим моментом для визначення всіх енергетичних характеристик. Валовий потенціал визначається відповідно до допущення, що при обтіканні повітряними потоками перешкоди ("повітряної греблі") висотою "Н" збурений потік повністю відновлюється на відстані рівній $20H$ після перешкоди. [14]

Тоді модель визначення валового потенціалу вітрової енергії представляє систему "повітряних гребель" висотою H , орієнтованих перпендикулярно напрямку вітру і розташованих на плоскій поверхні Землі з відстанню $20 H$ один від одного. [14]

Для кожної прямокутної площадки зі сторонами a і b ($S = ab$) з відомою питомою енергією ($S = ab$, Вт·год/м²) проходять над майданчиком повітряних мас задача визначення валового потенціалу зводиться до визначення величини площин, що пересікаються повітряними потоками і кількості цих площин ("рамок") на майданчику. Це пояснюється на малюнку

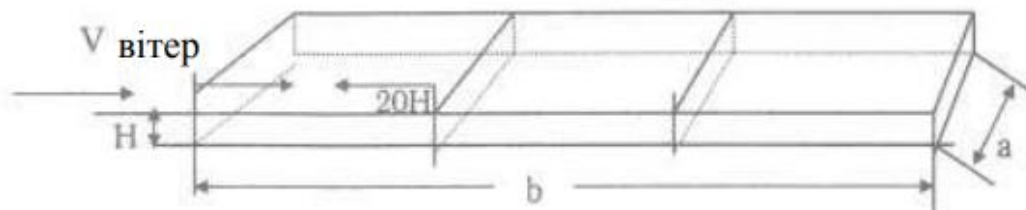


Рисунок 4.1.

Модель визначення валового потенціалу вітрової енергії [14]

Загальна площа, що пересікається повітряними потоками

$$S_{\text{розр}} = An_p = \frac{abH}{20H} = \frac{S}{20}$$

Очевидно, площа "рамок" дорівнює:

$$A = aH$$

а кількість рамок на майданчику

$$n_p = \frac{b}{20H}$$

формула не зміниться, якщо сторони a і b поміняти місцями по відношенню до швидкості вітру. [14]

Тоді валовий потенціал вітрової енергії над ділянкою площею S дорівнюватиме

$$W_B = E_B S_{\text{розр}} = E_B \frac{S}{20} = \frac{pTS \sum_{i=1}^n V_i^3 t_i}{20}$$

Таблиця 4.1. Середньорічні швидкості вітру v, м/с і питомі валові потенціали вітрової енергії, кВт*год/(м²*рік)(на висоті 50 м над рівнем Землі) [14]

Закрита місцевість		Відкрита місцевість		Морський берег		Відкрите море		Пагорби і гори	
v	W _{пит.в}	v	W _{пит.в}	v	W _{пит.в}	v	W _{пит.в}	v	W _{пит.в}
>6,0	>110	>7,5	>220	>8,5	>310	>9,0	>350	>11,5	>790
>5-6,0	66-110	6,5-7,5	130-220	7,0-8,5	180-310	8,0-9,0	260-350	10-11,5	530-790
>4,4-5,0	44-66	5,5-6,5	88-130	6,0-7,0	110-180	7,8-8,0	180-260	8,5-10	310-530
>3,5-4,5	22-44	4,5-5,5	44-88	5,0-6,0	66-110	5,5-7,0	88-180	7,0-8,5	180-390
<3,5	<22	<4,5	<44	<5,0	<66	<5,5	<88	<7,0	<180

Валовий потенціал зони (території) визначається за формулою

$$W_B = W_{yB} S$$

Технічний потенціал вітрової енергії регіону визначається як сумарна електрична енергія, яку можна отримати від використання валового потенціалу вітрової енергії з урахуванням сучасного рівня розвитку технологій та дотримання екологічних норм. [14]

Цей потенціал залежить від різних факторів, таких як параметри вітроенергетичних установок, середньорічна швидкість вітру на висоті, на якій розміщуються генератори, а також відсоток площі регіону, яка придатна для будівництва вітроустановок.

Технічний потенціал може бути розрахований за допомогою певної формули.

$$W_T = W_B c_p \mu_{\text{ген}} \mu_{\text{мех}} \frac{S_T}{S}$$

де: c_p – коефіцієнт використання енергії вітру, який залежить від швидкості вітру по складному закону, змінюючись від максимального значення рівним 0,593, до мінімального порядку 0,05. Досягнуте максимальне значення складає 0,4-0,45. Для зазначених вище цілей коефіцієнт приймається 0,2; $\mu_{\text{ген}}$ і $\mu_{\text{мех}}$ – відповідно ККД генератора і редуктора вітроустановки, значення яких можна прийняти рівним 0,9; S_T – площа зони (регіону) на якому з урахуванням технічних і екологічних обмежень можливе розміщення вітроустановок. Попередні оцінки показують, що величина цієї площі може коливатися від 10 до 30% всієї площі зони (регіону). Приймаємо S_T рівною 12%. [14]

Рисунок 4.2. Потенціал вітрової енергії на території України



Сумська область має низький потенціал для видобутку вітряної енергії, бо більшість місцевості закрита, мало пагорбів і гір, немає великих водоймів або степів. [16]

Економічний потенціал

Економічний потенціал вітрової енергії регіону – це величина річного надходження електричної енергії в регіоні від використання ВЕУ, отримання якої економічно виправдане для регіону при існуючому рівні цін на будівельно-монтажні роботи, обладнання, виробництво, транспортування і розподіл енергії і палива і дотриманні екологічних норм. Економічний потенціал регіону являє суму економічних потенціалів складових його зон. [14]

На основі аналізу даних щодо відведення площ для розміщення вітроенергетичних установок і технічних характеристик ВЕУ в провідних країнах світу приймаємо, що технічний потенціал регіону становить 2% від його валового потенціалу, а економічний потенціал складає 0,5% від технічного потенціалу цього регіону.

У таблиці наведені виконані розробниками вітротурбіни дані розрахунку виробітку електричної енергії ВЕУ REpower 45/600, потужністю 600 кВт, що має stall-регулювання потужності. Розподіл швидкості вітру за діапазонами взято на підставі вимірів для середньорічної швидкості вітру 7 м/с. Характеристика потужності взята за даними випробувань цієї ВЕУ протягом року. Як бачимо для прийнятих умов розрахункова річна вироблення електроенергії склала 1822 тис. кВт·год, що відповідає достатньо високому коефіцієнту використання встановленої потужності рівному 30,4%. Це зайвий раз свідчить про те, що при середньорічній швидкості вітру 7 м/с ефективність вітроустановки не підлягає сумніву. [14]

Таблиця 4.2. Підрахунки ВЕУ за швидкістю вітру для ВЕУ REpower 45/600

Швидкість вітру, м/с	Імовірність швидкості вітру, %	Кількість годин у році, год.	потужність ВЕУ, кВт	Виробництво електроенергії, кВт*год
1	2,25	197,1	0	0
2	5,3	464,28	0	0
3	6,9	604,44	0	0
4	8,7	762,12	20,8	15852
5	10,5	919,8	52,1	47921
6	11,8	1033,68	88,5	91480
7	12,2	1068,72	151,2	161590
8	10,9	954,84	239,8	228970
9	8,5	748,6	317,6	236484
10	7	613,2	417,1	255765
11	5,2	455,52	490	223204
12	3,7	324,12	556	180210
13	2,7	236,52	597	141202
14	1,7	148,92	624	92926
15	1,2	105,12	641	67381
16	0,7	61,32	627	38447
17	0,4	35,04	620	21724
18	0,2	17,5	616	10792
19	0,1	8,76	614	5378
20	0,05	4,4	606	2654
Разом	100	8760		1822010

При розрахунку капіталовкладень для виконання проекту з підключення вітроелектростанції до енергосистеми використовуються розрахункові вартості. Ці вартості включають в себе вартість основного та допоміжного обладнання, а також витрати на будівництво та монтаж.

Для проведення розрахунків капіталовкладень використовується методологія, описана в "Основних базових техніко-економічних показниках ПЛ і ПС 35 - 1150 кВ".

За допомогою цих показників визначаються витрати, необхідні для реалізації рекомендованої схеми підключення вітроелектростанції до енергосистеми.

Цей підхід дозволяє оцінити загальні капіталовкладення, необхідні для впровадження проекту, зокрема витрати на обладнання, будівництво та монтаж, що дозволяє здійснити економічну оцінку проекту і прийняти відповідні рішення.

Таблиця 4.3. Визначення втрат

№ п/п	Складові затрати	од. вимірюванні	Кількість	одиниці тис грн	всього тис грн
1	ОРУ-110 кВ	яч	7	1980	13860
2	Трансформатори Т1, Т2	шт	2	1980	3960
3	ОРУ-6 кВ	яч	22	600,6	13213,2
4	Постійна частина затрат	-	1	1848	1980
5	Суспільні витрати	-	7	1980	1343,1
всього					34356,3

Капітальні вкладення включають в себе наступні складові:

1. Проектування і підготовку майданчика.
2. Будівельні роботи та споруди, що включають опалення, освітлення, вентиляцію, водопостачання та каналізацію.
3. Енергетичне обладнання.
4. Контрольно-вимірювальні прилади.

У таблиці 4.3 наведені загальні показники вартості електрообладнання та будівельно-монтажних робіт, що стосуються електричної частини вітроелектростанції (за винятком вартості вітроагрегатів та будівництва електричної мережі).

Проектна ціна для конкретного агрегату, наприклад, "Мукhно", становить 265 мільйонів гривень.

Важливо зауважити, що наведені розрахунки капітальних вкладень в таблиці 4.4. є лише попередньою оцінкою вартості і не замінюють детальних кошторисів, які будуть складені на подальших етапах проектування.

Таблиця 4.4. Вартість обладнання

найменування	Вартість тис. грн.		
	обладнання	СМР	Повна
1	2	3	4
1. ВЛ 110 кВ одноланцюгова, з проводами АС – 120, на ж.б. опорах (5 км)	4928	1920	6848
2. ВЛ 110 кВ одноланцюгова, з проводами АС – 120, на ж.б. опорах (7 км)	5973	2689,5	8663
3. Лінії силових і контрольних кабелів	2640	15664	18304
4. Підстанція 110/6 кВ	20273	19536	39809
5. Телемеханізація	1430	220	1650
6. Зв'язок	1100	110	1210
7. Дизельна електростанція 2x100 кВт	715	440	1155
Непередбачуванні затрати (10%)	7769		
Всього:	37059	40579	85401,8

Таблиця 4.5. Техніко-економічні показники

Найменування	Од. вим	Значення
Встановлена потужність	МВт	22
Річний виробіток електроенергії (середня багаторічна)	млн.кВт.г	53,1
Число годин використання	год	2412
Загальна площа	ГА	110
Відчужування площа	ГА	6,3
Знімання потужності з загальної площі	кВт/км	20940
Кошторисна вартість будівництва	млн. грн.	10376,9
Річна продукція в відпускних цінах	млн. грн.	73,8
Витрати виробництва в рік	млн. грн.	4,65
Собівартість електроенергії	коп/кВт.г	12,07
Річна економія умовного палива	тонн	17462
Питомі капіталовкладення -на 1 кВт встановленої потужності	грн/кВт	3881,7
-на 1 кВт.год середньобагаторічного виробітку електроенергії	коп/кВт.ч	139,54

Для оцінки можливості генерації електроенергії за допомогою вітроенергетичної установки "Мукhно" використовується інтегральна крива розподілу швидкості вітру, яка враховує середні значення швидкостей на висоті 36 метрів. Ця крива надає можливість оцінити очікувану вироблену потужність вітроенергетичної установки в залежності від швидкості вітру.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

80

Для визначення виробленої потужності вітроенергетичної установки "Мукhno" при різних значеннях швидкості вітру використовується потужнісна характеристика.

Вона дозволяє встановити, яка потужність буде вироблена при певному значенні швидкості вітру.

Ця характеристика вказує, яка потужність може бути вироблена вітроенергетичною установкою при різних швидкостях вітру.

Таким чином, на основі інтегральної кривої розподілу швидкості вітру та потужнісної характеристики вітроенергетичної установки "Мукhno" можна оцінити очікувану вироблену потужність електроенергії.

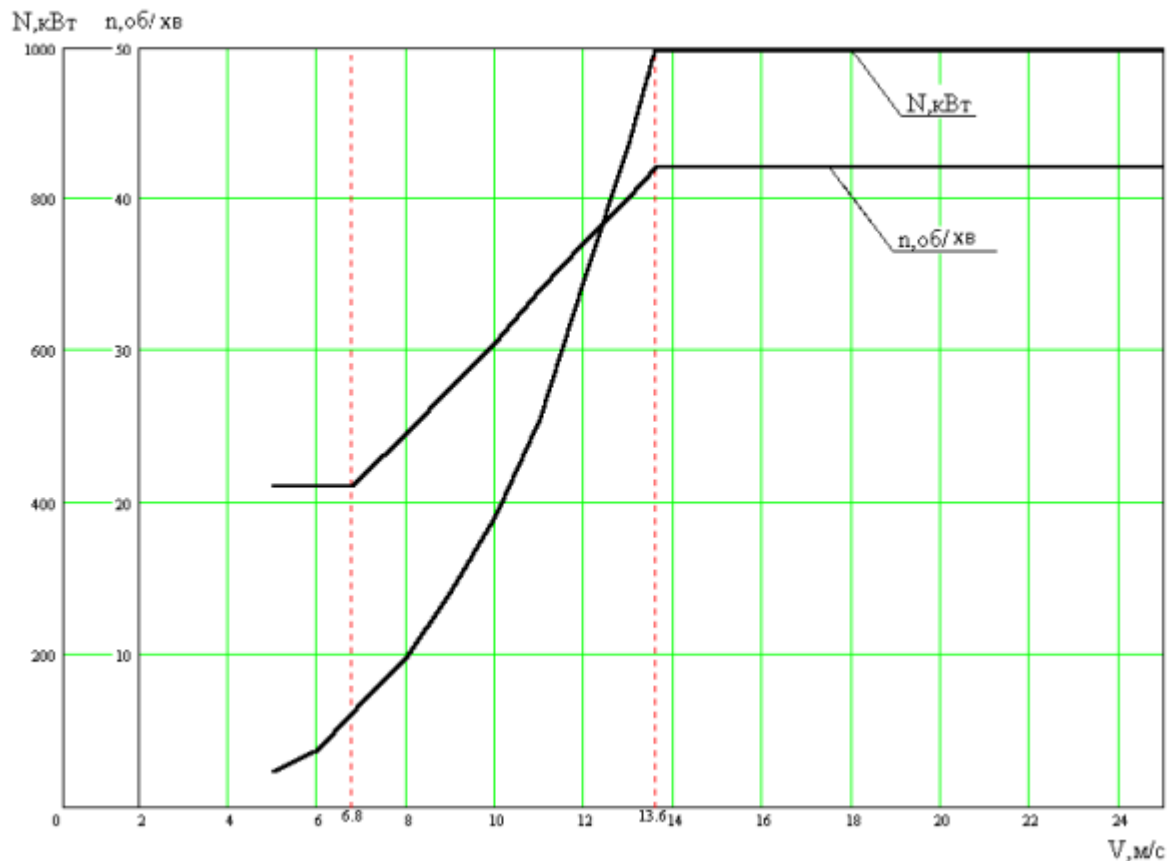


Рисунок 4.3. Очікувана вироблена потужність в залежності від швидкості відтру

Кількість годин (Т, год) енергетичного вітру відповідної потужності і річний виробіток електроенергії (Е, кВт.год.) наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Загальна вироблена електроенергія

Т, год	Р, кВт	Е, кВт.ч.
6225	30	392750
4996	100	453680
4077	200	374760
3420	300	319980
2979	400	284860
2718	500	256320
2412	600	230220
2192	700	208160
1971	800	186280
1752	900	166560
1552	1000	2830880
		62279330

Загальна електроенергія, вироблена вітровою електростанцією (ВЕС), складається з 22 вітряків потужністю 1 мВт кожен і становить 62279330 кВт·год. З метою врахування різних факторів, які впливають на загальну втрату електроенергії, необхідно застосувати наступні коефіцієнти втрат (виражені у відсотках):

1. Неповне використання рози вітрів – 4,5%.
2. Власні потреби – 4,5%.
3. Втрати через технічні простої - 6%.

Враховуючи всі ці фактори, загальна втрата електроенергії становить 15%. Тому, необхідно знизити наведене значення виробленої електроенергії на 15%, щоб врахувати всі втрати.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

82

Таблиця 4.7. Сезонні розрахунки

Сезон	T, год	Е на 1 агрегат кВт.год.	ВВЕС кВт.год.	Е з врахуванням втрат, кВт.год.
зима	1615	756640	16646131	14149216
Весна	1615	829358	18245841	15508963
літо	1510	602503	13255165	11266890
Осінь	1439	670675	14754811	12541588

В таблиці 4.7. наведена інформація про кількість годин (Т, год) з використанням енергетичного вітру відповідної потужності і кількість виробленої електроенергії (Е, кВт·год) за попередні сезони.

За даними з таблиці 4.7. можна зробити висновок, що найбільший обсяг виробленої електроенергії спостерігається у весняний період, що становить 28,7% від загального річного вироблення. Натомість, найменший обсяг вироблення електроенергії зафіксовано влітку, що становить 20,64% від загального річного вироблення.

Таблиця 4.8. Розрахунок в год. По місяцям

місяць	T, год	Е на 1 вітряк кВт.год.	ЕВЕС кВт.год.
1	554	220124	4842762
2	521	219133	4820895
3	549	227656	5008390
4	537	236303	5198721
5	520	212463	4674197
6	488	185879	4089326
7	523	180633	3973917
8	497	160896	3539732
9	441	154436	3397613
10	479	185248	4075480
11	529	227959	5015057
12	569	219573	4830541
Рік	6207	2430303	53466632

Аналізуючи дані з таблиць 4.7. і 4.8., можна зробити висновок, що вироблення електроенергії не є прямою функцією від кількості годин енергетичного вітру.

Замість цього, воно залежить від повторюваності більш високих швидкостей вітру протягом певного періоду, такого як доба, місяць, сезон або рік. Це означає, що навіть якщо час, протягом якого вітряна енергія доступна, може варіюватися, важливою фактором є наявність періодів з високими швидкостями вітру, що повторюються з достатньою частотою.

Вивчаючи середньомісячну і річну швидкість вітру в різні години доби, можна встановити, що зміна швидкості вітру протягом доби є істотною з точки зору використання вітроенергетики. У добовому розрізі спостерігається пікове збільшення вироблення електроенергії в денний час, яке перевищує нічний обсяг вироблення електроенергії в 1,4 рази. Добові коливання вироблення електроенергії мають більш виражений характер у теплий період року і менш помітні взимку.

У енергетичній галузі використовуються два методи для розрахунку економічної ефективності. [14]

Основний метод полягає у порівнянні електростанції з альтернативною тепловою станцією, яка генерує таку ж кількість енергії. Якщо капіталовкладення для розглянутої електростанції є більшими, але щорічні витрати меншими, ніж у альтернативної станції, тоді можна визначити, за який період часу додаткові капіталовкладення в електростанцію повністю повернуться. Цей період часу називається терміном окупності. Якщо термін окупності менше нормативного значення, яке зазвичай становить 12,5 років, то станція вважається ефективною.

Метод абсолютної економічної ефективності включає визначення співвідношення щорічного прибутку до капіталовкладень, що відображає коефіцієнт рентабельності. Прибуток розраховується шляхом віднімання щорічних витрат від доходу, обчисленого за тарифами.

Якщо коефіцієнт рентабельності перевищує встановлену норму, то електростанцію вважають ефективною.

Отже, ці два методи дозволяють визначити економічну ефективність електростанцій з точки зору порівняння з альтернативними рішеннями і рентабельності капіталовкладень.

Якщо отриманий коефіцієнт вище нормативного 0,12 або, хоча б, вище встановленого в системі - розглянута станція визнається економічно ефективною.
[14]

Для об'єктивної оцінки економіки ВЕС доцільно визначити собівартість виробленої ВЕС енергії. Вона визначається:

$$S = \frac{I_{\text{ВЕС}}}{E_{\text{ВЕС}}}$$

Щорічні витрати ІВЕС складаються з двох величин

$$I_{\text{ВЕС}} = I_{\text{ВЕС}}^a + I_{\text{ВЕС}}^E$$

де $I_{\text{ВЕС}}^a$ - амортизаційні відрахування на реновацію і капремонт, $I_{\text{ВЕС}}^E$ - експлуатаційні витрати (зарплата, поточний ремонт, матеріали)

У попередніх розрахунках зазвичай приймають, що щорічні витрати становлять певний відсоток від капіталовкладень.

У випадку вартості обладнання вітрових електростанцій (ВЕС), яка становить близько 65% від капіталовкладень, основною складовою витрат будуть амортизаційні відрахування. Зазвичай, для ВЕС, відрахування на витрати експлуатації та утримання (ВЕУ) становлять приблизно 5% від капіталовкладень $K_{\text{ВЕС}}$. За аналогією з іншими ВЕС, для ВЕС в цілому рекомендується прийняти $I_{\text{ВЕС}}$

у розмірі 7,5% від капіталовкладень $K_{\text{ВЕС}}$. Такий відсоток рекомендується економічним відділом об'єднання "Гідропроект" у галузі енергетичного прогнозування та економіки. Отже, враховуючи ці фактори, амортизаційні відрахування становлять значну частку витрат експлуатації вітрових електростанцій.

Важливим показником, що використовуються для порівняння різних станцій, є питома вартість встановленого кіловата

$$k_{\text{ВЕС}} = \frac{K_{\text{ВЕС}}}{N_{\text{ВЕС}}} = 85401800/22000 = 3881,9 \text{ грн/кВт}$$

Енергетичну ефективність зручно оцінювати числом годин використання встановленої потужності:

$$T_{\text{вик}} = \frac{E_{\text{ВЕС}}}{N_{\text{ВЕС}}} = 2406 \text{ год}$$

$$I_{\text{ВЕС}} = K_{\text{ВЕС}} \frac{P}{100} = 2,91 \text{ млн грн}$$

Де P - відсоток, який визначає витрати 7,5%

$$S = \frac{P}{100} * \frac{K_{\text{ВЕС}}}{T_{\text{вик}}} = \left(\frac{7,5}{100}\right) \left(\frac{38819}{2412}\right) = 12,07 \frac{\text{коп}}{\text{кВт}} \cdot \text{го}$$

Таблиця 4.9. Пораховані значення

Найменування	Од. вим	Значення
встановлена потужність	кВт	22000
виробіток енергії	млн.кВт.год	53,1
число годин використання	год	2412
капіталовкладення	тис.грн.	77633,1
питомі капіталовкладення	грн/кВт	3528,82
кожнорічні витрати	млн.грн	4,71
собівартість електроенергії	коп/кВт.год	12,07

При оцінці потужнісного ефекту вітрових електростанцій (ВЕС) важливо враховувати, що їх потужність повністю залежить від вітрового режиму, і в деякі періоди часу може бути відсутньою. Тому потужність ВЕС не можна розглядати як постійно працюючу.

Проте, при невеликій частці ВЕС у загальній енергетичній системі, не обов'язково потрібно дублювати їх потужність іншими генеруючими потужностями. Це пояснюється тим, що при простоях ВЕС їх виробничу потужність можна компенсувати за рахунок резервних можливостей енергетичної системи.

Таким чином, хоча потужність ВЕС залежить від вітрового режиму і може бути непостійною, при правильному плануванні і врахуванні резервних можливостей енергосистеми, їх потужність може бути ефективно використана без необхідності повного дублювання іншими джерелами енергії

Для визначення частки потужності вітрових електростанцій (ВЕС), яку можна вважати витісняючою, необхідно проводити розрахунки на основі реальних графіків навантажень. Згідно з рекомендаціями Гідропроекту, у першому наближенні цю частку можна прийняти рівною половині потужності ВЕС.

З урахуванням цієї інформації можна обчислити приведений до кіловат-години тариф:

$$T_{\text{прив}} = T_E + \frac{T_N * N_{\text{ВЕС}} * 0,5 * 100}{E_{\text{ВЕС}}} = 65 + (1750 * 22000 * 0,5 * 100) / (52,9 * 10^6) = 101,38$$

коп/кВт*год

де T_N - тариф за потужністю, грн / кВт;

T_E - тариф по виробленню, коп / кВт.год

Після підрахунку виявлено, що різниця між собівартістю (12,07 коп/кВт.год) і тарифом (6,03 коп/кВт.год) становить 6,04 коп/кВт.год, що відповідає 51%. Ця різниця вартості повинна бути покрита або за рахунок державної дотації (яка застосовується в багатьох розвинутих країнах з вітроенергетикою), або за рахунок збільшення тарифу в енергосистемі. [19]

Щоб покрити цю частку собівартості, можуть бути застосовані заходи, такі як державні субсидії або збільшення тарифів у енергосистемі.

На сьогоднішній день відсутня загальноприйнята методика, яка б дозволяла принципово порівняти спалювання органічного палива, що супроводжується забрудненням навколишнього середовища, з використанням поновлюваних, екологічно чистих джерел енергії.

Оцінка такої принципової різниці потребує урахування багатьох факторів, включаючи викиди парникових газів, забруднення повітря, використання природних ресурсів, екологічні наслідки та інші.

Це складний процес, який вимагає детального аналізу впливу кожного виду енергетичних джерел на навколишнє середовище. [19]

Дослідники, наукові установи та міжнародні організації активно працюють над розробкою методологій та інструментів для оцінки екологічного впливу різних

джерел енергії. Однак, наразі відсутня універсальна методика, яка б дозволила провести повну і об'єктивну оцінку цієї принципової різниці.

Організація виробництва

Вітроелектростанція, яка є першим джерелом енергії в регіональній енергосистемі, повинна бути підпорядкована адміністративно-державному обленерго та оперативно управлятися ЦЕС обленерго. Технічне обслуговування, планові капітальні та поточні ремонти основного обладнання зазвичай здійснюються через сервісні підрозділи заводів-виробників. Функції планування, нормування, постачання, оплати праці, бухгалтерського обліку та звітності повинні бути централізовано виконуватися. [19]

Склад вітроелектростанції включає наступні підрозділи:

- Управління - 4 особи;
- Група оперативного персоналу - 7 осіб;
- Ремонтна група - 6 осіб;
- Група адміністративно-господарського обслуговування - 15 осіб;
- Середньорічна чисельність персоналу, залученого для виконання ремонтних робіт - 6 осіб.

Технічне обслуговування та ремонт ВЕС включають:

- Регламентоване технічне обслуговування (ТО-1 і ТО-2);
- Поточний ремонт;
- Капітальний ремонт.

Фактична трудомісткість та інтервали міжремонтних робіт визначаються на підставі досвіду експлуатації вітроелектростанцій.

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

Персонал, який складає штат ВЕС та залучається для сервісного обслуговування, розташовується в адміністративному корпусі на території облenerго і виїжджає на ВЕС для виконання необхідних робіт. [19]

Економічна ефективність вітроелектростанцій (ВЕС) визначається шляхом порівняння капіталовкладень та щорічних витрат з доходами, отриманими від виробленої електроенергії. При проведенні енергоекономічних розрахунків за методом порівняльної економічної ефективності встановлюється, що щорічні витрати ВЕС перевищують витрати альтернативних теплових електростанцій (ТЕС), а розрахунковий дохід, отриманий за діючими тарифами, не покриває ці витрати [9]. Це пояснюється високою вартістю обладнання та відповідно високими витратами, основною складовою яких є амортизаційні відрахування, розраховані на рівні 7,5% від капіталовкладень. При середньорічному виробленні електроенергії ВЕС вартістю 74,3 млн. кВт-год (з урахуванням втрат) та потужністю 22 мВт, і вартості будівництва 667,5 млн. грн., ключові показники ВЕС такі:

- Кількість годин використання максимальної потужності - 2412 годин;
- Питомі капіталовкладення - 3881,9 грн/кВт;
- Собівартість електроенергії - 12,07 коп/кВт-год;
- Річна економія умовного палива - 17457 тонн.

Для забезпечення беззбиткової роботи ВЕС потрібна дотація, яка становитиме близько 10% від собівартості.

Основним напрямком збільшення рентабельності ВЕС є зниження вартості обладнання. Резерви зниження інших витрат на будівництво порівняно невеликі. [19]

Необхідно розробити методику визначення економічної ефективності ВЕС, яка враховуватиме екологічну чистоту енергії та використання відновлюваних джерел енергії. [19]

Здійснений техніко-економічний розрахунок показує, що загальні капіталовкладення для спорудження вітроелектростанції (ВЕС) складають 101,541 млн грн. Розрахунки витрат проводилися за основними статтями калькуляції для станції.

Визначені енергетичні показники ВЕС такі:

- Річний виробіток електроенергії ВЕС становить 62,279,130 кВт-год, розподілений на кожну пору року: зима - 16,481,318 кВт-год, весна - 18,065,189 кВт-год, літо - 13,123,926 кВт-год і осінь - 14,608,724 кВт-год.
- Загальний виробіток електроенергії протягом 12 місяців 52,937,259 кВт-год, а середня добова вироблення становить 7,460 кВт-год.
- Найбільше вироблення електроенергії припадає на весну і становить близько 29% від загального річного вироблення, а найменше - влітку і становить 27%.

Загальне вироблення електроенергії ВЕС з урахуванням втрат (15%) становить приблизно 52,937 млн кВт-год на рік. При встановленій потужності 22 МВт, час роботи на повну потужність складає приблизно 2412 години.

Розрахунки середньосезонного вироблення електроенергії базуються на даних повторюваності швидкості вітру, що визначені як середньоарифметичне середньомісячних значень протягом тривалого періоду.

Отримані економічні показники ВЕС свідчать про недостатню ефективність діючих методик оцінки відновлюваних джерел енергії. Ці методики базуються на недоцільних цінах на паливо, тарифах на електроенергію та штучно встановлених

термінах окупності, не враховуючи збитки, завдані навколишньому середовищу альтернативними джерелами енергії. Для вдосконалення оцінки ефективності вітроенергетики необхідна державна програма субсидій та пільг. Енергетичні системи повинні невідкладно запровадити відповідні ініціативи, інакше збитковість перших ВЕС може уповільнити подальший розвиток вітроенергетики. [19]

‘Зазначена собівартість трансформації 1 кВт електроенергії дорівнює 12, коп/кВт.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Висновок:

Економічні показники вітрових енергоустановок можуть сигналізувати про непридатність існуючих методик оцінки ефективності відновлюваних джерел енергії, а не саму нерентабельність вітрових енергоустановок. Ці методики часто ґрунтуються на необґрунтованих цінах на паливо, тарифах на електроенергію та штучно встановлених термінах окупності, не враховуючи збитки, завдані навколишньому середовищу альтернативними традиційними джерелами енергії. Для вироблення адекватних методик необхідна державна програма субсидій і пільг для розвитку вітроенергетики.

Збільшення частки вітрової енергії має позитивний вплив на вартість електроенергії для кінцевих споживачів, особливо з урахуванням переваги зменшення викидів вуглекислого газу, зменшення негативного впливу на здоров'я людей та навколишнє середовище. Для досягнення цього необхідно, щоб енергетичні системи висували відповідну ініціативу, інакше збитковість перших вітрових енергоустановок може уповільнити подальший розвиток вітроенергетики.

Врахування екологічних і соціальних переваг вітрової енергії враховується при розрахунку загальних вигод для суспільства. Потенціал зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище і поліпшення якості життя людей робить вітрову енергетику привабливою альтернативою для сталого розвитку енергетичної системи.

Список джерел:

1. Л.Е.М.Ліньярола, Д.Рагнія, Ч.Крішнасваміа, К.Ченаб, Сімао Феррейра, Дж.Дж.В.ван Буссель. Експериментальний аналіз сліду моделі вітрової турбіни з горизонтальною віссю. Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114000494>.
2. Крейг Стоута, Бенджамін Бірда. Підвищення ефективності вітрогенераторів з вертикальною віссю з верхнім дефлектором. Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217325584>.
3. Джеральд Мюллер, Мерт Чавушоглу, Марк Керрі. Вітрогенератор з вертикальною віссю опорного типу для інтеграції в будівлю. Режим доступу: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148117304020>.
4. Ноель Еклі Селін. Енергія вітру. БРИТАНСЬКА ЕНЦИКЛОПІДІЯ. Режим доступу: <https://www.britannica.com/science/wind-power>.
5. Держенергоефективності України <http://saee.gov.ua/>
6. Дорожня карта розвитку відновлювальних джерел енергії в Україні 2030 року (REMAP 2030. Renewable Prospects for Ukraine), 2015. <http://www.uwea.com.ua>
7. Запорожець О.І. Розрахунок відстані від вітроенергетичних установок для зменшення ефекту мерехтіння тіней на здоров'я людини / О.І. Запорожець А.В. Литвинюк // Наукоємні технології, 2012, № 4 (16). – С. 121-126 https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjIw67buM3_AhXS-ioKHcthCcAQFnoECBIQAQ&url=https%3A%2F%2Fjrn1.nau.edu.ua%2Findex.php%2F%2F%2Farticle%2Fdownload%2F5311%2F5992&usg=AOvVaw0_-KC4uD7I2D3j3sg1BWN0&opi=89978449
8. Посібник для девелоперів. (2014). Програма фінансування альтернативної енергетики України (USELF) <http://www.uself.com.ua>
9. ENERGY POTENTIAL NONCONVENTIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES OF EREAS OF UKRAINE [Nataliya Strelbitska, Ternopil National Economic University, 2011](http://www.researchgate.net/publication/271369998_Energeticnij_potencial_NV_DE_oblastej_Ukraini) https://www.researchgate.net/publication/271369998_Energeticnij_potencial_NV_DE_oblastej_Ukraini ENERGY POTENTIAL NONCONVENTIONAL AND RENEWABLE ENERGY SOURCES OF EREAS OF UKRAINE
10. Guidelines on the Environmental Impact Assessment for Wind Farms (2010), Belgrade. https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/eia/documents/EIAGuides/Serbia_EIA_windfarms_Jun10_en.pdf
11. Kornius, S. (2012), Power system of Ukraine. Electricity Stakeholder Event on Transit and Cross-Border Cooperation. Energy Charter Secretariat, 28 March

Зм	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

КРБ 3.6.141.216 ПЗ.ЕТ.

Арк.

94

2012. Brussels
https://www.energycharter.org/fileadmin/DocumentsMedia/Events/20120328-ESM_Power_System_Ukraine.pdf
12. Stevenson R. Environmental Impact Assessment for Wind farms.
http://gse.cat.org.uk/downloads/Environmental_Impact_Assessment_Consenting_Process_Wind_farms.pdf
13. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнецов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 304 с.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/48635/1/Kompleksne_2022.pdf
14. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Циленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с. <https://vde.nmu.org.ua/ua/lib/OB-2015-02-11.pdf>
15. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України / за заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2020. – 82 с. <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas.pdf>
16. REmap 2030, Renewable Energy Prospects: Ukraine. https://sae.gov.ua/sites/default/files/ENG%20IRENA_REmap_Ukraine_paper_2015%201304.pdf
17. Вітроенергетичний сектор України 2016
http://uwea.com.ua/uploads/docs/uwea_2016_report_ua_web_open.pdf
18. <https://www.icao.int/Pages/default.aspx>
19. Обґрунтування економічної ефективності використання вітроенергетики в різних регіонах України, ЧИРИНДА Михайло-Вадим Анатолійович, Магістерська робота, Тернопіль – 2017
<http://dspace.wunu.edu.ua/bitstream/316497/17282/1/Чиринда.pdf>