

ШИФР «ВІТРОЕНЕРГЕТИКА»

СТУДЕНТСЬКА НАУКОВА РОБОТА

на тему:

**«Використання альтернативних джерел енергії на прикладі
вітроелектростанції в м. Старий Самбір»**

2021 рік

ВСТУП

Актуальність роботи. Зараз, як ніколи раніше, гостро постало питання: що чекає на людство – енергетичне голодування чи енергетичний достаток? Адже науково-технічний прогрес неможливий без розвитку енергетики, електрифікації. Для підвищення продуктивності праці головне значення має механізація і автоматизація виробничих процесів. Але переважна більшість технічних засобів механізації і автоматизації має електричну основу. Для того, щоб попередити перше, тобто енергетичне голодування, і домогтися другого – енергетичного достатку – слід використовувати, такі джерела електроенергії, які чинять мізерний негативний вплив на навколишнє середовище, відносно використання інших джерел, та мають здатність відновлюватись і ніколи не закінчуватись. Це так звані альтернативні джерела енергії. Альтернативна енергетика – це енергія природних явищ, яка шляхом перетворення в спеціальних установках перетворюються в теплову або електричну енергію. До альтернативних джерел енергії належать: енергія сонця, вітру, хвиль (відпливів та припливів), води, біомаси, біогазу, геотермальна (термальні води).

Забезпечення екологічної та енергетичної безпеки держави є пріоритетним завданням, вирішення якої важливе для всього суспільства.

Мета і завдання дослідження. Метою нашої роботи є аналіз використання вітроенергетики за допомогою ВЕС поблизу м. Старий Самбір.

Дослідити вплив вітроелектростанцій на стан здоров'я людини та навколишнє середовище, виявити недоліки та запропонувати заходи щодо їх ліквідації.

Проаналізувати вплив вітроелектростанцій на стан навколишнього середовища та здоров'я людей, а також запропоновано способи вирішення проблем, які можуть виникати під час експлуатації вітроелектростанцій.

- визначення параметрів вітроенергетичних установок різної проектною потужності.

- науково обґрунтувати доцільність одержання енергії вітрової ;

- обґрунтувати класифікацію вітроустановок за параметрами і призначенням

-правове регулювання вітроенергетики у світі та Україні :

- моніторинг використання вітроенергетики в світі за останнє десятиліття;

- розвиток вітроенергетики в Україні.

Методи дослідження: моніторинг, спостереження, аналіз, порівняння, графічні й табличні.

Об'єкт дослідження – вітрові ресурси в Старосамбірському районі.

Предмет дослідження – процеси отримання енергоносіїв із використанням вітрових ресурсів.

Наукова частина роботи полягає у наступному:

1. Теоретично обґрунтувати та підтвердити експериментально ефективність використання вітроенергетики як альтернативного виду палива.

2. Проаналізувати вплив ВЕС «СТАРИЙ САМБІР–1» І «СТАРИЙ САМБІР–2» на стан навколишнього середовища.

3. Здійснити оцінку вітрових ресурсів та потенціалу вітроенергетики в Старосамбірському районі за допомогою Глобального атласу вітрів. (Wind resource assessment)

Загальна характеристика наукової роботи. Наукова робота складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків.

Ключові слова: вітроенергетика, вітроелектростанція, турбіна, установка, вітрогенератор, енергія, паливо, потужність, лопать, вітер.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1

1.1. Історія будівництва вітроелектростанцій у світі	5
1.2. Початок розвитку вітроенергетики в Україні	6
1.3. Вітроенергетичний сектор України	9

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕС «СТАРИЙ САМБІР -1» ТА ВЕС «СТАРИЙ САМБІР – 2»

2.1. Місце розташування ВЕС	11
2.2. Географічне положення вітроелектростанцій	13
2.3. Будова вітротурбін VESTAS V112-3.3 та V126-3.45	15
2.4. Продуктивність вітроелектростанцій	18

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВЕС «СТАРИЙ САМБІР - 1» І «СТАРИЙ САМБІР - 2» НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

3.1. Переваги вітроелектростанцій	20
3.2. Негативний вплив ВЕС на стан довкілля та здоров'я людей	23
3.3. Способи вирішення проблем пов'язаних із роботою ВЕС	25

ВИСНОВОК	28
----------	----

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

РОЗДІЛ 1

1.1. Історія будівництва вітроелектростанцій у світі

Історія вітроенергетики висвітлює загальну еволюцію від використання легких та простих пристроїв, на основі сили тяжіння на важкі та матеріаломісткі пристрої до більшого використання легких, матеріально ефективних аеродинамічних пристроїв підйому в сучасну епоху. Найбільш раннім із прикладом використання вітроенергії є вітрильний човен і ця технологія мала важливий вплив на більш пізній розвиток вітряків типу вітрила. Стародавні моряки розуміли підйом і використовували його щодня, не розуміючи фізики, щоб пояснити, як і чому це працює.

Перші вітряки були виготовлені для подрібнення зерна і перекачування води, а найдавнішою відомою конструкцією є система вертикальних осей, розроблена в Персії приблизно в 500-900 рр. н. е. Першим використанням було, мабуть, перекачування води, але точний метод транспортування води не відомий, оскільки жодних креслень чи малюнків (лише словесні записи) немає. Перша відома задокументована конструкція - це також перський вітряний млин, це вертикальні вітрила, виготовлені з пучків очерету або дерева, які кріпилися до центрального вертикального валу горизонтальними підкосами.

Перший відомий вітрогенератор у Європі, що використовується для виробництва електроенергії, побудований в Шотландії в липні 1887 року. Вітрогенератор створений професором Джеймсом Блітом з коледжу Андерсона, Глазго (тепер відомий як Університет Стратклайда). Перший відомий американський автоматичний вітрогенератор, створений для виробництва електроенергії, був побудований винахідником Чарльзом Брушем у 1888 р, щоб забезпечити електроенергією для свого особняка в Огайо. Це був гігант – найбільший у світі, діаметром ротора 17 метрів (50 футів) та 144 лопатями ротора, виготовленими з кедрової деревини. Вітрова турбіна генерувала близько 12 кіловат (кВт) потужності. [3]

1.2. Початок розвитку вітроенергетики в Україні

Україна з давніх часів використовує енергію вітру для механізму дії млинів та в судноплавстві. Про це свідчать численні легенди, пісні та розповіді, в яких описано наявність млинів. Великого поширення в давнину на українських територіях набули вітрові двигуни для перекачування води та виготовлення борошна. Приблизно до 1917 року їхня сумарна потужність складала 1400 МВт. Для порівняння – у 1994 році у країнах Європейського союзу загальна потужність вітрових електростанцій становила 1510 МВт.

В Україні перша вітрова електростанція була збудована в 1931 році недалеко м. Севастополя і мала назву Балаклавська ВЕС Д-30, яка була найбільшою ВЕС у світі в цей час. Балаклавська ВЕС Д-30 не мала аналогів ніде через свої розміри. Діаметр вітроколеса становив 30 м, потужність вітроелектричного агрегату складала 100кВт, висота вежі становила 25м, 30об/хв – частота обертання вітроколеса. За часів незалежної України першою вітроенергетичною станцією є Новоазовська ВЕС, яка була збудована в 1997 році. [5]

Роблячи висновки з досвіду світу, завдяки державній підтримці вітроенергетика отримала потужний поштовх для розвитку і цим вийшла на лідерські позиції в економіках розвинених країн.

В Європейському Союзі найкраще поєднується енергетична та екологічна політика та механізми її реалізації. Згідно з Директивою 2009/28/ЄС:

- місцевим енергетичним компаніям надаються квоти в розмірі 2-15% від загального обсягу продажу електроенергії, виробленої на ВЕУ;
- власнику вітроенергетичного генератора надається грант в розмірі 40-75% від вартості генератора на його купівлю та встановлення;
- приватному власнику для купівлі, встановлення та експлуатації ВЕУ дозвіл не потрібний.

Система торгівлі «зеленими» сертифікатами передбачає, що за кожен кВт*год, вироблену на основі ВЕС, видаються «зелені» сертифікати, які можна використати на вільному ринку. Виручка від їх продажу є надбавкою до основного тарифу. Така система прийнята у декількох штатах США, Італії, Швеції та Великобританії.

В Україні початком розвитку вітроенергетики вважається 1996 рік, коли був прийнятий Указ Президента «Про будівництво вітряних електростанцій», яким передбачалося розвиток вітроенергетики та початок будівництва ВЕС.

На сьогодні в Україні правове регулювання вітроенергетики здійснюється за допомогою таких законів: «Про альтернативні джерела енергії», «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів». В законодавчу базу, що стосується вітроенергетики входять нормативно-правові акти, такі як «Про встановлення «зеленого тарифу» для окремих об'єктів альтернативної енергетики на певний період часу», «Про затвердження примірних договорів, які укладаються із суб'єктами господарювання, що виробляють електричну енергію з використанням альтернативних джерел енергії». Також правове регулювання ВЕС виконується завдяки ряду державних стандартів України (ДСТУ): ДСТУ 4037-2001 Установки електричні вітрові. Загальні технічні вимоги; ДСТУ 4051-2001 Станції електричні вітрові. Загальні технічні умови; ДСТУ 8292:2015 Вітроенергетика. Вітрові електричні станції. Приєднання до електроенергетичної системи.

Потужність вітроенергетики в 2019 році стрімко росте, якщо порівнювати її з іншими роками. За даними Всесвітньої ради вітроенергетики (The Global Wind Energy Council, GWEC) загальна потужність вітроенергетики становила 651 ГВт у всьому світі, що на 10% більше ніж у 2018 році. У 2019р було встановлено нові вітроенергетичні станції потужністю 60,4 ГВт, що на 19% більше порівняно з 2018 роком. Китай, США, Велика Британія, Індія та Іспанія - п'ять найбільших країн-виробників вітрових установок на 2019 р., які розробили 70% всіх нових вітроенергетичних станцій в цьому році (рис. 1.4).

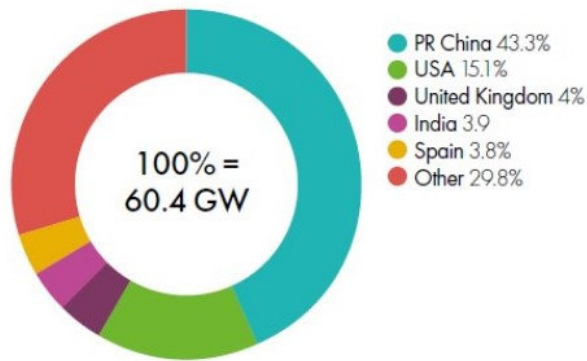


Рис.1.4 Нова потужність вітроенергетики в 2019 р

Нові установки на морському вітровому ринку досягли 54,2 ГВт, тоді як ринок вітрових морських островів перейшов рубіж у 6,1 ГВт, що становить 10% нових установок у 2019 році - це найвищий рівень дотепер. Китай залишається загальним лідером у нових установках для морського вітру, додаючи потужність понад 2,3 ГВт у 2019 році, Великобританія та Німеччина на другому та третьому місці, встановивши 1,8 ГВт та 1,1 ГВт відповідно (рис. 1.5).

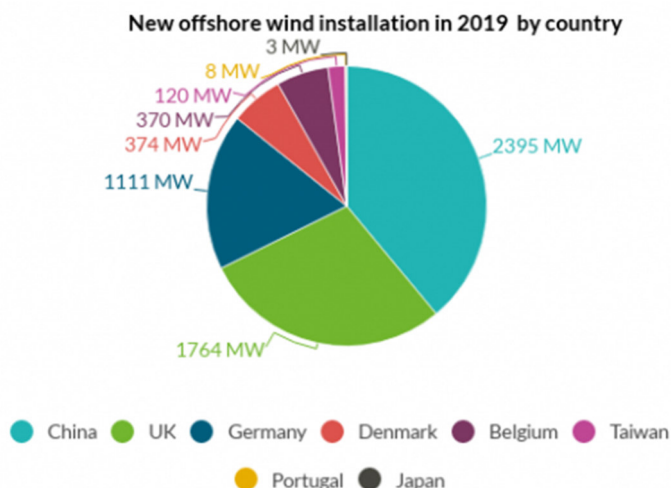


Рис. 1.5 Нові морські вітрові установки у 2019 по країнах

Найбільшими світовими виробниками вітроенергетики є Китай і США, які виробляють понад 60 % енергії у світі.

Однак через спалах пандемії прогнозувати точний розвиток вітроенергетичного сектору не можливо. Повний вплив COVID-19 на виробництво вітроенергетики досі невідомий. Спалах вірусу може уповільнити будівництво енергетичних проектів відповідно до загального економічного сповільнення виробництва та розвитку інфраструктури. [12]

1.3. Вітроенергетичний сектор України

За даними Української вітроенергетичної асоціації, сумарна потужність вітроенергетичного сектору України на кінець 2019 року становила 533 МВт. З них 12 вітроелектростанцій із загальною потужністю 395 МВт надавали екологічно чисту електроенергію Україні за «зеленим» тарифом. Обсяг вітроенергетики, виробленої в 2019 році, може забезпечити більше 246 000 українських домогосподарств, за умови, що вони будуть споживати в середньому 400 кВт*год за місяць.

Завдяки ВЕС було скорочено викидів вуглекислого газу в атмосферу на 835 млн т.; а також зекономлено близько 170 т вугілля та 110 м³ природного газу.

Лідером за встановленою вітроенергетичною потужністю є Запорізька область, адже тут встановлені найбільші в Україні та одна з найбільших в Європі Ботієвська ВЕС та Приморська ВЕС з потужністю 200 МВт кожна. Потужність кожної ВЕС дозволяє окремо забезпечити електроенергетикою південну частину Запорізької області. За допомогою ВЕС було зменшено на 730 тис. т CO₂ викидів в атмосферу. Ботієвська ВЕС складається з 65 вітротурбін, які будували у дві черги. У Приморській ВЕС працює 52 вітротурбіни. [14]

Продовжує розвиватись вітроенергетика в Львівській та Івано-Франківській областях. У Львівській області знаходяться 3 та 4 за потужністю вітроелектростанції в Україні – це ВЕС «Старий Самбір – 2» та ВЕС «Старий Самбір – 1» відповідно. Потужність ВЕС «Старий Самбір – 2» складає 20,7МВт, а ВЕС «Старий Самбір – 1» - 13,2 МВт.

Роблячи висновки з досвіду світу, завдяки державній підтримці вітроенергетика отримала потужний поштовх для розвитку і цим вийшла на лідерські позиції в економіках розвинених країн.

В Європейському Союзі найкраще поєднується енергетична та екологічна політика та механізми її реалізації.

Система торгівлі «зеленими» сертифікатами передбачає, що за кожну кВт*год, вироблену на основі ВЕС, видаються «зелені» сертифікати, які можна використати на вільному ринку. Виручка від їх продажу є надбавкою до основного тарифу. Така система прийнята у декількох штатах США, Італії, Швеції та Великобританії.

Вітроенергетичний сектор України також розвивається з кожним роком все краще. Лідером серед областей за встановленою потужністю є Запорізька, в якій розташовані 2 найбільші ВЕС країни. За допомогою вітроелектростанцій Україні вдалось істотно скоротити викиди вуглекислого газу та зекономити використання викопного палива.

Розвитку вітроенергетики істотно сприяють системи «стимулювання» від уряду країн, такі як квоти, «зелені» тарифи, пільги, премії, «зелені» сертифікати.

РОЗДІЛ 2.

ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕС «СТАРИЙ САМБІР -1» ТА ВЕС «СТАРИЙ САМБІР – 2»

2.1. Місце розташування ВЕС

Оцінку вітрових ресурсів в Старосамбірському районі здійснювали за допомогою Глобального атласу вітрів. Завдяки оцінці вітрових ресурсів (Wind resource assessment) можна надати оцінки потенціалу вітроенергетики в усьому світі, за країною або регіоном або для конкретного місця. Глобальна оцінка потенціалу вітроенергетики доступна завдяки Глобальному атласу вітрів (The Global Wind Atlas) – веб-додаток, створений для визначення потенційної області високого вітру в будь-якій точці світу, наданий Технічним університетом Данії у партнерстві зі Світовим банком.

Розташування є критично важливим для успіху вітроелектростанції. Умови, що сприяють успішному розташуванню вітроелектростанцій, включають: умови вітру, доступ до електричної передачі, фізичний доступ та місцеві ціни на електроенергію.

Чим швидша середня швидкість вітру, тим більше електроенергії виробить вітрогенератор, тому сильніші вітри, як правило, економічно кращі для розвитку вітроелектростанцій. Коефіцієнт врівноваження полягає в тому, що для сильних поривів і високої турбулентності потрібні більш сильні і більш дорогі турбіни, інакше вони ризикують пошкодитися. Однак середня потужність вітру не пропорційна середній швидкості вітру. З цієї причини ідеальними умовами вітру були б сильні, але стійкі вітри зі слабкою турбулентністю, що виходили з одного напрямку.

Гірські перевали є ідеальними місцями для вітроелектростанцій в цих умовах. Гірський канал проходить через вітер, перекритий горами через тунель, як прохід у райони нижчого тиску та більш рівну землю.

Після всіх оцінок та перевірок компанія, яка займається будівництвом ВЕС на Західній Україні, почала будівництво ВЕС у Старосамбірському районі. Отже, ВЕС Старий Самбір 1 та Старий Самбір 2 розташовані у Львівській

області Старосамбірського району в м. Старий Самбір та с. Стрільбичі відповідно. Район знаходиться у передгір'ях Український Карпат (Верхньодністровські Бескиди), що є основною перевагою Старосамбірщини для будівництва ВЕС.

Українські Карпати – це один з найсприятливіших регіонів для розвитку вітроенергетики в Україні, разом з узбережжям Азовського та Чорного морів. У Старосамбірському районі швидкість вітру в зимовий період досягає 7-8 м/с. Для будівництва ВЕУ з метою виробництва електроенергії рекомендується середньорічна швидкість вітру 4,5 – 30 м/с. Також було здійснено за допомогою моніторингу оцінку вітроенергетичного потенціалу Карпатського регіону (табл. 2.1) стосовно районів з високими показниками середньорічної швидкості повітряного потоку (більше 5,5м/с на висоті 10 м).(рис.2.1) [16]

Таблиця 1

Вітроенергетичний потенціал областей Карпатського регіону

Область	Природний потенціал вітру, кВт*год/м² на рік	Технічно-досяжний потенціал, кВт*год/м² на рік	Економічна оцінка потенціалу, млн.грн/рік	Частка використовуваного потенціалу вітроенергетики, %
Львівська	7230	1150	8119,2	0,42
Івано-Франківська	5810	1020	1726,1	Менше 0,1
Чернівецька	4320	830	1918,0	Менше 0,1
Закарпатська	4320	830	1918,0	Менше 0,1
Усього	21680	3830	13681,3	

2.2. Географічне положення вітроелектростанцій

Товариство з обмеженою відповідальністю «Еко-Оптіма», засноване в 2004 році, є найбільшою компанією в Західній Україні, яка займається розробкою та впровадженням альтернативних джерел енергії. «Еко-Оптіма» є першою приватною компанією в Західній Україні, яка отримала кредит від Європейського Банку Реконструкції та Розвитку (ЄБРР) для будівництва вітроелектростанції Старий Самбір-1. [17]

Компанія вклала в будівництво ВЕС «Старий Самбір-1» 7 млн. євро, а 13,5 млн. євро «Еко-Оптіма» отримала від ЄБРР. Тобто будівництво першої вітроелектростанції - Старий Самбір-1 – обійшлося в 20,5 млн. євро. «Відбити» інвестиції ТОВ планує через 8 років, з моменту запуску ВЕС, тобто в 2024 році.

ВЕС «Старий Самбір -1» знаходиться в м. Старий Самбір (Львівська обл). Вітроелектростанція розміщена на пагорбі з відстанню 720 м від найближчої забудови. Розміщено 4 вітротурбіни V112-3.3 датської фірми Vestas одиничною потужністю 3300 кВт на площі 1,87 га.

Будівництво ВЕС «Старий Самбір -1» складалось з двох черг. Перша черга будівництва була завершена в грудні 2014 року і було введено в експлуатацію 2 вітротурбіни Vestas V112-3.3 загальною потужністю 6,6 МВт. Офіційне відкриття відбулося в лютому 2015 року. Ці вітроагрегати розраховані на 20 років експлуатації. Вартість першої черги становила 13 млн. євро.

Друга черга будівництва тривала впродовж 2016 року і була завершена в серпні, встановленням ще 2 вітротурбін Vestas V112-3.3 (рис. 2.2). Запрацювала друга черга ВЕС у вересні 2016 року, офіційне відкриття відбулось в жовтні цього ж року. На неї було витрачено 7,5 млн. євро. Після введення в експлуатацію ще двох вітроустановок загальна потужність ВЕС становить 13,2 МВт.



Рис. 2.2 Будівництво другої черги ВЕС «Старий Самбір -1»

Після вдалого будівництва ВЕС «Старий Самбір -1» компанія «Еко-Оптіма» вирішила розпочати будівництво наступної ВЕС. Стартувало будівництво в листопаді 2016 року. [18]

ВЕС «Старий Самбір – 2» - друга за введенням в експлуатацію та перша за потужністю вітроелектростанція в Західній Україні збудована компанією «Еко-Оптіма». Вартість інвестиції у ВЕС становить 34 млн. євро, з яких 8,6 млн. євро надав Європейський Банк Реконструкції та Розвитку (ЄБРР); 4 млн. євро – Фонд «Чистих технологій» (CFT); 5,5 млн. євро надав у кредит Інвестиційний фонд для країн, що розвиваються (IFU); 5 млн. євро інвестувала Північна екологічна фінансова корпорація (NEFCO).

ВЕС «Старий Самбір – 2» була побудована в с. Стрільбичі поблизу м.Старого Самбора, на пагорбі з відстанню близько 600 м до найближчого будинку. Вітроелектростанція займає площу в розмірі 7,79 га. Будівництво ВЕС проходило однією чергою. У вересні 2016 року компанія заявила, що має на меті найближчим часом побудувати ще одну ВЕС, у листопаді 2016 року «Еко-Оптіма» почала будівництво другої вітроелектростанції в Старосамбірському районі. Вже 28 липня 2017 року відбулось введення ВЕС «Старий Самбір – 2» в експлуатацію, офіційне відкриття пройшло у вересні 2017 року.

Було збудовано 6 вітрогенераторів V126-3.45 датської фірми Vestas, потужність кожного – 3450 кВт. Після завершення будівництва вітроелектростанція почала працювати з потужністю 20,7 МВт. [19]

2.3. Будова вітротурбін VESTAS V112-3.3 та V126-3.45

Vestas Wind Systems – найбільша компанія в галузі розробки вітрогенераторів у світі. Vestas – це датський виробник, заснований у 1945 році. На 2019 рік компанія встановила у понад 80 країнах на п'яти континентах більше 66 тис. вітрогенераторів з потужністю 100 ГВт. Виробничі підприємства Vestas створив у 12 країнах, серед яких: Китай, США, Бразилія, Індія, Австралія, Італія, Великобританія, Німеччина, Швеція, Іспанія, Норвегія, Румунія, де працює більше 24 тис. людей. Vestas Wind Systems – перша у світі компанія, яка всього лиш за один рік (2019), встановила вітрові турбіни із загальною потужністю 10 ГВт. [20]

VESTAS V112-3.3 – одна з найкращих та надійних вітротурбін компанії, якою користується понад 30 держав. Це трилопатева вітроенергетична установка з горизонтальною віссю, номінальна потужність якої становить 3,3МВт. Вітротурбіна може працювати при найнижчій температурі -20°C та максимальній температурі $+45^{\circ}\text{C}$. Мінімальна швидкість вітру для роботи VESTAS V112-3.3 становить 3 м/с. Для того, щоб вітротурбіна вийшла на номінальну потужність швидкість вітру повинна сягати 13 м/с. (рис. 2.3) Максимальна швидкість вітру, після перевищення якої, вітротурбіна автоматично вимикається складає 25 м/с. Повторне включення вітроустановки відбувається при швидкості вітру 23 м/с.

Висота вежі вітроустановки становить 119м. Діаметр ротора складає 112 м. Параметри гондолої вітротурбіни VESTAS V112-3.3: висота – 6,8 м; довжина - 12,8 м; ширина – 4,0 м. Довжина однієї лопаті сягає 54,65 м. [

Висота башти VESTAS V126-3.45 складає 117 м, діаметр ротора – 126 м. Висота гондолої становить 6,9 м, довжина – 12,8 м, а ширина – 4,2 м. Довжина кожної лопаті складає 61,7 м.

Вітротурбіна V126-3.45 побудована за тією з самою перевіреною технологією компанії VESTAS, що і вітротурбіна V112-3.3. Основними зовнішніми складовими вітроустановок компанії VESTAS є вежа (башта), гондола, ротор, 3

лопаті та система відстеження напрямку та швидкості вітру, які ми можемо розглянути на рис. 2.5 а, б.



Рис. 2.5 Зовнішній вигляд вітротурбін VESTAS

а – вигляд здалека, б – вигляд зблизька:

1 – вежа, 2 – гондола, 3 – ковпак ротора, 4 – лопать, 5 – система відстеження напрямку та швидкості вітру

Основним завданням ротора є перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію обертання лопатей. Діаметр роторів вітротурбін V112-3.3 та V126-3.45 становить відповідно 112 м і 126 м. Ротор виготовляється з чавуну тому, що він забезпечує міцність конструкції. Вітроколесо складається з трьох підшипників, трьох лопатей і механізму пітча, який допомагає визначити кут лопатей.

Лопаті виготовлені із легкого, міцного і одночасно гнучкого склопластику, перевагою якого є те, що він не стоїть на заваді переміщенню радіосигналів. Незалежно від синхронної роботи, кожна лопать може контролюватися окремо. Також вони оснащені системою захисту від блискавок.

Гондоли вітроустановок фірми VESTAS, а саме V112-3.3 та V126-3.45, складається з генератора, редуктора, трансформатора та підшипників, які згадувалось вище (рис 2.6).

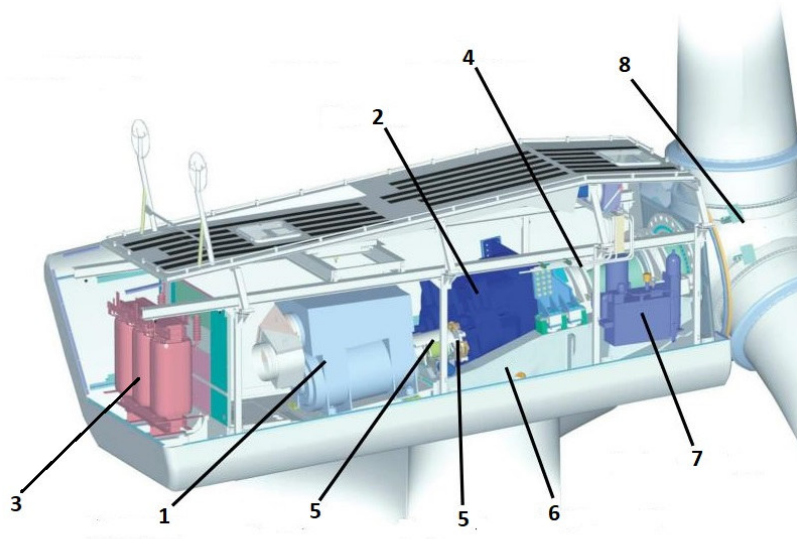


Рис. 2.6 Будова гондоли вітротурбіни VESTAS

1 – генератор, 2 – редуктор, 3 – трансформатор, 4 – основні підшипники, 5 – система гальмування, 6 – система охолодження, 7 –гідравлічна система, 8 – маточина

На основі даних цих датчиків безперервно ведеться контроль з офісів у Старому Самборі чи у Львові за положенням гондоли і лопатей, а також зміна їх положення.

До внутрішньої системи управління ВЕС «Старий Самбір -1» і ВЕС «Старий Самбір -2» входить:

- Система гальмування;
- Система охолодження;
- Гідравлічна система;
- Система захисту від блискавок та заземлення;
- Система управління і безпеки.

VESTAS приділяє велику увагу системі захисту від блискавок, яка відповідає вимогам стандарту ICE 1024 -1. Дана система працює в наступному порядку: вловлений струм громовідводами лопатей чи рамою анемометру, відводиться в систему заземлення за допомогою прямого з'єднання з

неіржавіючої сталі. Вітротурбіни, які знаходяться в межах одного вітрового поля, мають одну спільну систему заземлення, тобто ВЕС Старий Самбір – 1 та Старий Самбір – 2 мають по одній системі заземлення.

Система управління і безпеки виконує постійне спостереження за роботою вітротурбіни, її робочими параметрами та їх стабілізації для оптимальної експлуатації ВЕУ. Управління здійснюється за допомогою офісів у Старому Самборі, Львові або Данії та системи збору даних SCADA (Supervisor Control And Data Acquisition).

Дана система забезпечує контроль та аналіз роботи кожної вітротурбіни та всього вітрового поля; запуск і зупинку вітроенергетичної установки. Також система дає змогу контролювати систему спостереження за швидкістю і напрямом вітру, як згадувалось вище. На основі всіх отриманих даних формують щоденні, щомісячні та щорічні звіти з виробітку електроенергії. [21]

2.4. Продуктивність вітроелектростанцій

Для обидвох вітроелектростанцій НКРЕКП схвалила «зелений» тариф. «Зелений» тариф для ВЕС «Старий Самбір – 1» був прийнятий: 25 грудня 2014 року - для 1 черги, 23 вересня 2016 року – для 2 черги. Для ВЕС «Старий Самбір – 2» він був прийнятий 8 серпня 2017 року. Це означає, що, наприклад, в 2015 році (коли тільки був схвалений «зелений» тариф для ВЕС «Старий Самбір – 1») вартість електроенергії, яку закупляло ДП «Енергоринок», тобто загальна енергетична система України, в усіх виробників електроенергії становила в середньому 2,8 євроценти за 1 кВт*год. В той же час електроенергію з ВЕС ДП «Енергоринок» купляв за 10 євроцентів (3,3 грн). Тобто так держава заохочує виробників електричної енергії використовувати альтернативні джерела. [23]

За допомогою ВЕС «Старий Самбір – 1» було заплановано виробництво електроенергії в розмірі 35 млн. кВт*год за рік, проте на даний час ВЕС генерує приблизно 18 млн кВт*год електроенергії за рік. Така сама ситуація спостерігається на ВЕС «Старий Самбір – 2» - заплановане середньорічне

виробництво електроенергії становить 56 млн кВт*год, але на даний момент виробництво електроенергії за рік складає 38 млн кВт*год.

Це пояснюється тим, що середньорічна швидкість вітру в регіоні становить 6,5 – 7,5 м/с, а для того щоб вітроенергетичні установки вийшли на номінальну потужність потрібно, щоб швидкість вітру сягала 12 м/с – для вітротурбін типу V126-3.45 та 13 м/с – для вітротурбін типу V112-3.3.

Середньорічне споживання електроенергетики Старосамбірського району становить приблизно 50 млн кВт*год. Це означає те, що вітроелектростанції «Старий Самбір -1» та «Старий Самбір – 2», не виходячи на номінальну потужність, здатні забезпечити район електроенергетикою. Проте, на даний час, ВЕС передають свою електроенергію на оптовий ринок електроенергії – ДП «Енергоринок», тобто в загальну енергетичну систему України. [24]

ВЕС «Старий Самбір -1» та ВЕС «Старий Самбір – 2» є першими вітроелектростанціями побудованими на Західній Україні. ВЕС розміщені у Старосамбірському районі, тому що він знаходиться у передгір'ях Українських Карпат. Гірські райони є одними з найкращих регіонів для розвитку вітроенергетики, адже там вітри розвиваються з більшою швидкістю.

ВЕС займають 3 і 4 місця за потужністю в Україні: «Старий Самбір – 2» із потужністю 20,7 МВт, та «Старий Самбір -1» із встановленою потужністю 13,2 МВт.

РОЗДІЛ 3

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВЕС «СТАРИЙ САМБІР - 1» І «СТАРИЙ САМБІР - 2» НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ЗДОРОВ'Я ЛЮДЕЙ

3.1. Переваги вітроелектростанцій

Як показує світовий досвід поширення вітроенергетики - це один з кращих видів альтернативної енергетики. Розглянемо, Розглянемо, які позитивні аспекти використання енергії вітрового потоку для утворення електроенергії за допомогою ВЕС «Старий Самбір - 1» та «Старий Самбір - 2» спостерігаються в регіоні.

До основних переваг використання вітроенергетичних установок належать:

- екологічно-чиста енергія. Сила вітру – це «чисте», не забруднює джерело з якого виробляється електроенергія. На відміну від інших типів електростанцій, ВЕС не виділяє у повітря токсичних речовин або забруднювачів, які можуть завдати великої шкоди навколишньому середовищу та людині. Наприклад, під час спалювання рідкого чи твердого палива при експлуатації ТЕС виділяється чадний (CO) та вуглекислий (CO₂) газ, сажа, пил, оксиди нітрогену (NO_x) і сірки (SO_x). Зміни або інколи руйнування природних ландшафтів відбувається внаслідок видобутку торфу чи вугілля відкритим способом. Під час виробництва і транспортування нафти є великий ризик її розливу, який може знищити на великих територіях все живе. Під час роботи АЕС в атмосферу потрапляє чимало радіоактивних ізотопів, які пізніше з їжею чи водою потрапляють в організми тварин та людей і спричиняють різного роду захворювання.

Понад 1500 тонн викидів вуглекислого газу на рік можна усунути, використовуючи турбіну із потужністю як мінімум 1 МВт замість одного мегавата енергії з викопного палива. Вітрові турбіни Vestas нешкідливо виробляють електроенергію від вітру, що проходить повз. Енергія вітру не утворює відходів або забруднює воду, адже це надзвичайно важливий фактор,

враховуючи дефіцит води. На відміну від викопного палива та атомних електростанцій, енергія вітру має один з найнижчих показників споживання води, що робить її ключовою для збереження гідрологічних ресурсів. Наприклад, в Україні під час роботи АЕС витрачається близько 3000 км³ прісної води в рік, після очищення цієї води повертається близько 40 % і внаслідок застарілих технологій в її складі можна виявити радіоактивні речовини або важкі метали.

Виробництво, транспортування та встановлення вітрогенератора незначно сприяє глобальному потеплінню, але саме виробництво електроенергії не передбачає жодних викидів в атмосферу;

- зменшення споживання викопного палива. Виробництво електроенергії з енергії вітру зменшує потребу у використанні викопного палива. Це не тільки зменшує викиди вуглецю, але й допомагає зберегти запаси природних ресурсів Землі. Як результат, запаси викопного палива, як вугілля, нафта та природний газ, збережуться надовго. Як було зазначено раніше, в Україні за 2019 рік було зекономлено близько 170 т вугілля та 110 м³ природного газу. За допомогою ВЕС «Старий Самбір - 1» та «Старий Самбір - 2» було зекономлено 18% традиційного палива;

- відновлювальна енергія. Вітер – безкоштовний невичерпний відновлювальний ресурс, на відміну від викопного палива. На відміну від запасів викопного палива вітер ніколи не закінчиться. Поки Сонце продовжує світити ми зможемо використовувати енергію вітру на землі. Кілька незалежних дослідницьких груп дійшли одних і тих же висновків: світовий потенціал вітроенергетики становить понад 400 ТВт (тераватт). Це робить вітрові установки життєздатним варіантом, який допомагає задовольнити наші майбутні потреби в енергії;

- вітроустановки Vestas повністю автономні, тому для виробництва електроенергії їм не потрібні інші джерела енергії. Також для постійного контролю працівникам не потрібно бути безпосередньо на території ВЕС, адже система працює комп'ютеризовано. Технічний стан турбін перевіряються 1 раз

на квартал безпосередньо на ВЕС. Тому турбіни розміщено у малолюдних та віддалених місцях (рис. 3.1), для того, щоб не завдавати небажаних, для людей навколишніх територій, змін у повсякденне життя;



Рис. 3.1 ВЕС «Старий Самбір – 1»

- встановлені вітроенергетичні установки займають невеликі площі, проте відстань між ними становить 784 м для турбіни ВЕС «Старий Самбір -1» та 882 м для віротурбін ВЕС «Старий Самбір – 2» - а це немалі площі. Тому території вітроелектростанцій використовуються для інших видів господарської діяльності: поруч території ВЕС «Старий Самбір -1», що знаходиться недалеко міста Старий Самбір, місцеві фермери у 2018 році вирощували ріпак; біля території ВЕС «Старий Самбір -2», яка знаходиться в селі Стрільбичі, місцеві жителі займаються вирощуванням картоплі та пшениці;

- підвищення зайнятості населення. Як будь-яка промисловість, вітроенергетика потребує кваліфікованих працівників та фахівців в даній галузі. Збільшилась зайнятість населення у районі як при будівництві ВЕС, так і при їх експлуатації. .

Вітрогенератори виробляють електроенергію від двох до шести центів за кіловат-годину, що є одним з найнижчих джерел відновлюваних джерел енергії. Оскільки технології, необхідні для вітрогенераторів, продовжували вдосконалюватися, ціни також знизилися. Крім того, зараз немає конкурентоспроможного ринку вітроенергетики, оскільки вітер - це вільно доступний природний ресурс, більша частина якого не використовується.

3.2. Негативний вплив ВЕС на стан довкілля та здоров'я людей

Попри чималу кількість переваг, вітроелектростанції «Старий Самбір -1» та «Старий Самбір – 2» чинять незначний негативний вплив на стан навколишнього середовища.

Одним із найбільш негативних впливів вітроелектростанцій є загроза птахам та рукокрилим. Небезпеку для живих організмів становлять обертові елементи турбіни, які перешкоджають міграційним шляхам птахів. Будівництво ВЕС порушило середовище проживання птахів. Зіткнення птахів чи кажанів із лопатями під час обертання, з повітряним потоком за турбіною чи лініями електропередач може завдати їм травм чи призвести до смерті. Слід зазначити, що в умовах поганої видимості ризик зіткнення пірнатих з ВЕУ підвищується. За статистикою, причиною загибелі не менше чотирьох особин птахів або кажанів на рік в Старосамбірському районі є лопаті кожної встановленої турбіни.

Досліджено, що шумове забруднення призводить до психічних розладів у птахів. Шум впливає на їхнє самопочуття та зменшує їх чисельність. Вчені виявили, популяція птахів може скоротитись близько на 90% при підвищенні природного рівня шуму на 10 Дб.

Однак, зараз дослідники вважають, що ВЕУ представляють меншу загрозу дикій природі, ніж інші антропогенні дії. Наприклад, установки, такі як щогли стільникового телефону та радіовежі, набагато небезпечніші для птахів та кажанів, ніж вітротурбіни. Тим не менш, вітроенергетичні установки сприяють смертності популяції птахів та кажанів.

Спостерігається також незначний вплив вітроелектростанцій на рослини і тварини. Внаслідок шумового забруднення рослини повільніше ростуть, інколи рослини можуть надмірно втрачати вологу і як наслідок – в'яне листя та обсихають квіти. За схожою схемою шум діє і на тварин. Наприклад, у бджіл зменшується здатність орієнтуватись, а самі личинки бджіл при надмірному шумовому забрудненні гинуть. Якщо гнізда тварин чи птахів розташовані досить близько до ВЕС, то можливі тріщини в шкарлупах яєць. Як показали

спостереження, внаслідок шуму у с. Стрільбичі зменшилась кількість молока у корів та несучість у курей. За даними Старосамбірської районної ради, у річках Яблунка та Дністер, які протікають повз вітроелектростанцій, зменшилась кількість риби внаслідок шумового забруднення.

Для людей основним недоліком вітроелектростанцій також є шумове забруднення. Шум від ВЕС поділяється на механічний (акустичний) та аеродинамічний.

Акустичний шум зазвичай виникає під час роботи генератора, підшипника, редуктора. Під час вимірювань рівня шумового забруднення окремих частин вітротурбіни V112-3.3 було виявлено, що від гондоли шум становив 60 дБ, ротора – 53 дБ, вежі – 35 дБ. Шумове випромінювання вітротурбіни відносно невелике, адже вітротурбіни Vestas виготовляють із армованого бетону (будматеріал, основою якого є цемент з додаванням металу для кращої міцності).

Аеродинамічний шум виникає в основному від взаємодії лопатей турбіни з вітровим потоком або так званий «свист від розтину повітря лопатями». Рівень аеродинамічного шуму, як правило, залежить від конструкції лопатей, форми кінчиків лопатей, взаємодії лопатей і вежі з повітряним потоком. Випробовування вітротурбін V112-3.3 і V126-3.45 показали, що аеродинамічний шум ВЕС є нижчим за поріг сприйняття людини. На відстані 350 м від ВЕС шумове випромінювання становить 35 – 45 дБ. У країнах світу прийнято мінімальну відстань від ВЕУ до найближчого будинку у розмірі 350 м. ВЕС «Старий Самбір -1» та ВЕС «Старий Самбір – 2» знаходиться на відстані 720 м і 600 м відповідно до найближчої забудови.

Небезпеку життя людині становлять різні аварійні ситуації, які можуть виникнути на вітроелектростанції через технічний стан окремих деталей турбіни або внаслідок поганих погодних умов. Наприклад, причиною відриву лопатей може стати як перевищення швидкості повітряного потоку, що сприяє перевищенню швидкості ротора, так і зношення чи пошкодження матеріалу ротора або лопаті. Точно прорахувати відстань та траєкторію руху зламаних

частин майже не можливо (рис. 3.2). Відстань може змінюватися через розмір, вагу, форму відірваної деталі, а також через швидкість ротора.

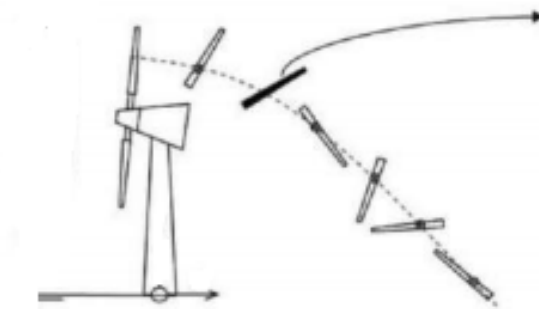


Рис. 3.2 Імовірний відрив лопаті вітротурбіни

Проте дослідники підрахували, що лопать або її деталь, яка прикріплена на висоті 115 м -150 м, не може відлетіти далше 300 м. Інша відірвана деталь може відлетіти з тієї самої висоти на відстань в межах від 100 м до 200 м. Відірвані деталі не становлять ризик для місцевих будинків, адже вони розташовані далше ніж 300 м. Однак ці деталі становлять небезпеку для персоналу ВЕС, який міг в цей час знаходитись на території вітроелектростанції або жителів прилеглих територій, які могли займатись сільськогосподарською роботою на своїх полях, розташованих поруч із вітротурбінами чи сторонніх людей при несанкціонованому доступі на охоронні території ВЕС.

ВЕС викликає у населення дискомфорт, який спричинений миготінням тіней обертових частин турбіни після сходу сонця та перед його заходом, а протягом дня – мерехтінням (відблиски) сонячних променів.

3.3. Способи вирішення проблем пов'язаних із роботою ВЕС

Говорячи про негативний вплив вітроелектростанцій на довкілля чи стан здоров'я людей основними проблемами є загроза птахам та рукокрилим, шумове забруднення як тварин і рослин, так і для людини та візуальне забруднення. Проте, кожен з цих впливів можна тим чи іншим способом зменшити або взагалі ліквідувати.

Повністю ліквідувати травмування чи смерть птахів від обертових частин вітротурбіни майже можливо. Тому що, птахи це живі істоти і запрограмувати їх, щоб вони вибрали інший шлях міграції не можливо. Також важко вибрати місце розташування ВЕС, там де не має рукокрилих чи птахів, адже вони повсюди і якщо сьогодні їх не було на цій території, то завтра вони можуть прилетіти для нового місця проживання чи просто за добуванням їжі.

Проте, для зменшення ризику небезпеки варто компанії «Еко-Оптіма» пофарбувати лопаті турбін Vestas спеціальною флуоресцентною фарбою (рис. 3.3), яку птахи зможуть помітити. Флуоресцентна фарба має здатність світитись в темний час доби завдяки люмінесценції. Протягом дня фарба вбирає в себе сонячне світло, а протягом нічної пори відбиває його. Для того, щоб вона могла світитись вночі, їй потрібно 15 – 20 хвилин денного світла. Фарба безпечна як для навколишнього середовища, так і для людей тому, що в її складі не має шкідливих компонентів.



Рис. 3.3 Флуоресцентна фарба

Для того, щоб птахи та рукокрилі не потрапляли в лопаті вітротурбін слід використовувати акустичні пристрої (рис. 3.4) для відлякування хоча б в період їх міграції. В основі цих пристроїв лежить звук, який нагадує крики птахів про небезпеку. Головною перевагою акустичних пристроїв є те, що вони не знищують птахів. У пірнатих не з'являється відчуття байдужості чи зникання до цих звуків, адже в нервовій системі закріплена реакція втечі на такі крики.



Рис. 3.4 Акустичний відлякувач птахів

Іншою, не менш важливою, проблемою є шумове забруднення, яке у вітротурбінах поділяється на акустичне та аеродинамічне. Вище було описано, що вітрові турбіни V112-3.3 і V126-3.45 не впливають на стан здоров'я людей ближніх територій: виявилось, що шум автомобіля на відстані 100 м є більший від шуму вітроустановок на відстані 350 м.

Проте, шумове забруднення вітротурбін впливає на рослини і тварин, які знаходяться поблизу. Цю проблему можна запобігти за допомогою встановлення основного обладнання, яке спричиняє шум, на більшу висоту; використання звукоізолюючих матеріалів усередині гондоли.

Для попередження відриву лопатей чи її деталей від вітрової турбіни слід встановити спеціальні вібродатчики, які реагують на несправність чи розбалансування ротора і їхнє завдання полягає в тому, щоб надавати в систему контролю та безпеки команду зупинки вітроустановки. Для того, щоб сторонні люди намагаючись потрапити на територію ВЕС не потрапили під ризик отримання травм відірваною деталлю слід встановити на території відповідні попереджувальні знаки. Для запобігання травм обслуговуючого персоналу та інших людей, які опинилися неподалік ВЕС варто налаштувати системою сигналізації, яка буде спрацьовувати під час будь-яких аварійних ситуацій.

Для зменшення миготіння тіней та сонячних променів компанія «Еко-Оптіма» повинна створити захисний екран з дерев. Варто будувати ВЕС з відстанню від житлової забудови приблизно 10 діаметрів ротора вітроустановки, щоб зменшити мерехтіння сонячних променів.

Висновок

У роботі досліджено використання вітроенергетики, як один з найбільш ефективних джерел альтернативної енергії. В роботі розглянуто стан вітроенергетичного сектору у світі та Україні; проаналізовано вплив вітроелектростанцій на стан навколишнього середовища та стан здоров'я людей на прикладі ВЕС «Старий Самбір – 1» і ВЕС «Старий Самбір – 2».

Вітроенергетика має певні економічні переваги: залучення інвестицій та нових технологій в національну економіку; створення робочих місць; вітер – енергетичний ресурс, за який не потрібно платити; рятуються мільйони життів щорічно за рахунок зменшення забруднення повітря. Вітрові станції здатні задовольняти потреби людства в електроенергетиці в майбутньому, так як їх джерело утворення енергії є невичерпним.

Суттєвих соціально-економічних проблем вітроенергетика не має. Висока вартість встановлення та обслуговування вітрових турбін з кожним роком зменшується. За останні 30 років вартість вітрової енергії значно зменшилася, завдяки скороченню капітальних витрат і покращенню продуктивності. Компанії, які займаються розвитком вітрових електростанцій «відбивають» інвестиції протягом кількох років.

Змінність вітру, яка призводить до нестабільності виробництва електроенергії є основним недоліком економічної ефективності ВЕС. У періоди з малою швидкістю вітру турбіна працює не на повну потужність і надає в енергетичну мережу малу кількість електроенергії і це призводить до економічних затрат. Для запобігання нестабільності виробництва електроенергії слід застосувати резервну потужність у вигляді акумуляторів або у вигляді турбокомпресорів, що є дешевшим та більш новітнім методом.

Для суспільства вітроенергетика не завдає значної шкоди. Основним ризиком для здоров'я та життя людей є можливість виникнення аварійних ситуацій, проте небезпеку можна попередити шляхом встановлення огорожі, попереджувальних знаків, посилення охорони території та накладання штрафу

– в разі несанкціонованого потрапляння посторонніх осіб в періоди сильного посилення вітру. В Україні завдяки ВЕС було скорочено викидів вуглекислого газу в атмосферу на 835 млн т.; а також зекономлено близько 170 т вугілля та 110 м³ природного газу. Лідером за встановленою вітроенергетичною потужністю є Запорізька область, адже тут встановлені найбільші в Україні та одна з найбільших в Європі Ботієвська ВЕС та Приморська ВЕС.

Перші вітроелектростанції Західної України «Старий Самбір-1» та «Старий Самбір-2» знаходяться в передгір'ях Український Карпат - Старосамбірському районі, де вітроенергетичний потенціал є одним з найбільших в Україні.

ВЕС «Старий Самбір - 1» та «Старий Самбір - 2» мають ряд позитивних аспектів. До яких відносять: екологічно-чиста енергія, енергія вітру не утворює відходів або забруднює воду, адже це надзвичайно важливий фактор, враховуючи дефіцит води; зменшення споживання викопного палива; відновлювальна енергія; автономність вітрових турбін; підвищення зайнятості населення.

Попри чималу кількість переваг вітроелектростанції «Старий Самбір -1» та «Старий Самбір – 2» мають незначні недоліки – шумове забруднення, яке спричиняє дискомфорт людям, рослинному і тваринному світам; загроза птахам внаслідок обертання лопатей; візуальне забруднення; виникнення аварійних ситуацій. Проте, кожен з цих впливів можна тим чи іншим способом зменшити або взагалі ліквідувати. Наведені способи можуть бути досить ефективними, а також на їх втілення не потрібно довгого періоду часу та великих затрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wind Power's Beginnings (1000 B.C. - 1300 A.D.) [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.telosnet.com/wind/early.html>
2. History of Wind Turbines [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.renewableenergyworld.com/2014/11/21/history-of-wind-turbines/#gref>
3. Сила вітру третьої планети [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.thirdplanetwind.com/energy/history.aspx>
4. Наукові записки: Серія “Історія” Вітроенергетика на теренах України в XIX - першій половині XX ст.: історична ретроспектива. Автор: Ігор Гайдаєнко
5. На Новоазовській вітровій електростанції будуть встановлені перші сучасні вітротурбіни [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ecoclubua.com/2011/02/na-novoazovskij-vitrovij-elektrostantsiji-budut-vstanovleni-pershi-suchasni-vitroturbiny/>
6. Turbowinds T600-48. Виробники та турбіни. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.thewindpower.net/turbine_en_26_turbowinds_t600-48.php
7. Вітроенергетичні установки. Енергетика: історія, сучасність та майбутнє. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-5/part-1/section-2/2-2/2-2-1>
8. Вітроенергетичні установки як альтернатива енергозощаджуючих технологій та енергозабезпечення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Energiya/article/view/3511/3434>
9. Звіт відділу інформаційно-аналітичного забезпечення зарубіжною інформацією НТЦЕ НЕК «Укренерго». Зарубіжна практика стимулювання розвитку поновлюваних джерел енергії та їх приєднання до електромереж енергосистем
10. Вітроенергетика в Україні: законодавче регулювання. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.pgp-journal.kiev.ua/archive/2014/11_2014.pdf#page=35

11. ЗУ «Про альтернативні джерела енергії». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15>
12. Global Wind Report 2019 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://gwec.net/global-wind-report-2019/>
13. Топ-10 найбільших вітроелектростанцій [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.power-technology.com/features/feature-biggest-wind-farms-in-the-world-texas/>
14. Українська вітроенергетична асоціація. Офіційний сайт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.uwea.com.ua/>
15. Вітрова енергетика в Україні: 7 найпотужніших станцій [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://shotam.info/vitrova-enerhetyka-v-ukraini-7-naypotuzhnishykh-stantsiy/>
16. Оцінка потенціалу відновлюваної енергетики Карпатського регіону України та його використання [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.irbisnbuv.gov.ua/cgbin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/sepspu_2016_6_9.pdf
17. ТОВ «Еко-Оптіма». Офіційний сайт. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.ecooptima.com.ua/#about>
18. 5 фактів про найбільшу у Західній Україні вітроелектростанцію, яку будують львів'яни [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://prybutok.com.ua/4161/5-faktiv-pro-najbilshu-u-zahidnij-ukrajini-vitroelektrostantsiyu-yaku-buduyut-lviviany/>
19. ВЕС «Старий Самбір -2» [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%95%D0%A1_%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B9_%D0%A1%D0%B0%D0%BC%D0%B1%D1%96%D1%80-2
20. Vestas [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/Vestas>

21. Vestas. 3MW PLATFORM. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.nhsec.nh.gov/projects/2013-02/documents/131212appendix_15.pdf
22. V126-3.45 MW® at a glance [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.vestas.com/en/products/4-mw-platform/v126-3_3_mw#!at-a-glance
23. Інформація про об'єкти альтернативної енергетики, яким встановлено "зелений" тариф. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidpnyemstva/stat_info_zelenyi_taryf/2017/stat_zelenyi-taryf.06-2017.pdf
24. Вітер змін: як за 100 км від Львова працює вітроелектростанція. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://tvoemisto.tv/exclusive/viter_peremin_yak_za_sto_km_vid_lvova_pratsyuie_vitroelektrostantsiya_78878.html
25. Вітроенергетика у Греції [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.evwind.es/2015/12/29/wind-energy-in-greece-vestas-wind-turbines-for-a-wind-farm/55071>
26. Bingham Wind Project [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sargent-corp.com/project/bingham-wind-project/>
27. Vestas wins 52MW wind power order in Turkey [Електронний ресурс]