УДК: 621.438

КАЛДА Г.С., ТХУЖЕВСЬКА-ЦЕСЛЯК Б.
Жешувський політехнічний університет, м. Жешув

СОКОЛАН К.С.
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Калда Галина Станіславівна, д.т.н., професор кафедри охорони середовища Жешувського політехнічного університету

Тхужевська-Цесляк Барбара, к.т.н., доцент кафедри охорони середовища Жешувського політехнічного університету

Соколан Катерина Станіславівна, к.т.н., доцент Хмельницького національного університету

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ. ЕНЕРГІЯ ВІТРУ

Розглянуто можливості та перспективи використання енергії вітру в Польщі та Україні. Проведено техніко-економічний аналіз використання вітрової енергетики та визначено енергетичний потенціал вітру щодо створення ефективних вітроелектричних станцій.

Paper represents studying possibilities and perspectives of using wind power in Poland and Ukraine. Usage of wind power has been technically and economically assessed and wind power potential has been determined as for creating effective wind power stations.

Історія розвитку вітрової енергетики

Світова історія вітрової енергетики розпочинається ще з IV століття нашої ери у Древньому Єгипті. В древніх індійських і єгипетських писаннях можна зустріти опис обладнання, яке використовувало енергію вітру для наводнення грунту та для помолу зерна. Продукція вітрової електроенергії почалась у Данії, Англії, Німеччині та у США ще на початку XX сторіччя. З 1930 р. інтенсивно почали розробляти різні конструкції вітряних енергетичних установок. Перші генераторні турбіни з'явились у 1959 р. у Данії. Що стосується Польщі, то перші вітряні млини з'явились ще в 1271 р. З XVII сторіччя почався швидкий розвиток вітрових установок, було побудовано в країні понад 20 тисяч вітряків, найбільше яких було встановлено на Західному Помор'ю, біля Гданська, в Мазурах, Сльонску та Вєлькопольску. Вітрові млини на той час становили близько 50 % всіх млинів Польщі. Найбільша кількість сучасних вітрових електростанцій була побудована з 1980 по 1996 роки.

Розвиток вітрової енергетики в Україні та Польщі

Розвиток поновлювальних видів енергетики є дуже важливим для всіх країн світу, в тому числі і для Польщі та України. Що стосується багатьох країн Європи, в тому числі України та Польщі, то загальним для нас є недостатня база сировини по газу й нафті та залежність від поставок цього органічного палива від зовнішніх джерел. Україна в цьому плані є дуже залежною від Росії. Друга особливість української економіки – це великий об'єм енергомістких галузей, таких, як металургія, хімія, виробництво цементу.

В Україні є значні ресурси більшості відомих на сьогодні видів поновлювальних та нетрадиційних джерел енергії. Але технічні

можливості та необхідний науковий потенціал існує в двох направленнях, одним з яких є використання енергії вітру. За даними НАН України, розвиток вітрової енергетики в країні може дати 30…45 млрд.кВт×год електроенергії на рік. Але фактично освоєння цього значного потенціалу в країні ще і не почалось, у той час, коли в більшості країн Європи саме вітрова енергетика досить інтенсивно розвивається останні 15 років. Перевагою використання вітрової енергетики є те, що коли вітрові енергогенеруючі станції та установки підключені до загальної мережі держави, то використання атомної енергії, вугілля, нафти та газу різко скорочується. Державна мережа є відповідним акумулятором, тому використання вітрових електроустановок є дуже вигідним, тому що вони дають електроенергію в загальну схему. Коли піднявся вітер, можна виключити гідроелектростанції або блок на тепловій електростанції і це призводить до великої економії сировини. Встановлено, що найоптимальнішим є доведення вкладу вітрової енергетики до 30 % у загальній мережі. Це дає велику економію коштів та сировини і не призведе до зменшення енергопостачання при раптовому затиханню вітру. Але, на жаль, на сьогодні вклад вітрової електроенергетики в Україні не досягає навіть 1 %, у той час, коли в Данії доля енергії вітру досягає 30 %, Німеччині – більше 7 %. Потужність вітрових електростанцій Німеччини сьогодні досягає 20 млн.кВт (для порівняння – сумарна потужність всіх атомних електростанцій України становить 13,8 млн.кВт).

Початок промислового освоєння вітру в Україні приходиться на 90-ті роки минулого століття. Уже в той час західноєвропейські країни добились серйозних результатів у розвитку вітроенергетики. Їх досвід показав, що успіх у великій мірі залежить від державної підтримки. По-перше, вітрові електроустановки є досить складними в технічному відношенні агрегатами. Що стосується України, то вони виготовляються на ВО "Південний машинобудівний завод ім. Макарова", на підприємстві "Вітроенергетика" у Дніпропетровську, а інші виготовляються в основному в Бельгії, США, Данії, Італії. По-друге, потенціальна конкурентоспроможність вітрової енергетики в ті часи була ще меншою, ніж сьогодні. Загальна потужність вітрових електростанцій сьогодні в Україні становить менше 100 МВт, тоді, як у таких країнах, як Швеція, Данія, Норвегія, Німеччина, Швейцарія, США, Австралія, Нова Зеландія експлуатується понад 1 млн. вітряних установок потужністю кожної від 5 до 3000 кВт.

За даними, на кінець грудня 2006 року в Підкарпатському воєводстві Польщі почалось будівництво 42 вітрових турбін загальною потужністю 43 МВт, із них 20 вітрових турбін загальною потужністю 37,5 МВт будуть функціонувати на висоті 100…130 м. Найближчим часом планується будівництво ще 66 вітрових електростанцій.

Кліматичні та вітрові умови Польщі й України

Енергію вітру можна використовувати в зонах пасатів та західних вітрів. Для ефективного використання енергії вітру потрібно, щоб його швидкість досягала 5…10 м/с протягом не менше 60 % діб щорічно. Що стосується території України, то до таких районів відносяться Причорноморський район, степи Херсонщини та Миколаївщини, Донбас, Полісся, гірські райони Криму та Карпат. Дані про середню швидкість вітру в регіонах України представлені в таблиці 1 [1].

Що стосується районів Польщі, то найефективніше використовувати вітрові електростанції в Приморському районі Балтійського моря та у Карпатах, Татрах й Бещадах. Так, наприклад, досить привабливим у цьому сенсі є Підкарпатське воєводство, особливо східні та південні райони. Цьому сприяють топографічні та атмосферичні умови. Середньорічна швидкість повітря в цих районах складає 4…5 м/с, а на висоті 40 і вище метрів – до 10 м/с.

Таблиця 1

Середня швидкість вітру по регіонах

Зона	Середня швидкість вітру, м/с
Причорномор'я	5,6
Степ	4,5
Донбас	5,0
Лісостеп	4,0
Полісся	3,0…4,0

Визначення енергетичного потенціалу вітру

При визначенні енергетичного потенціалу вітру можна використовувати два основних етапи:

– Етап I – оцінка засобів енергії вітру за шкалою регіональною;
– Етап II – оцінка засобів енергії вітру за шкалою локальною (топографія).

При виборі будь-якої височини для розміщення ВЕУ її висота не є єдиним критерієм, який визначає доцільність будівництва. До додаткових вимог відносяться:

– відкритість місцевості; для запобігання гальмуванню вітрового потоку височини повинні знаходитись на відстані не менш як 2…3 км;

– схили повинні бути пологими, з нахилом не більше 20°;
– височини повинні бути в розрізі колоноподібної, конусоподібної форми.

Дослідження показали, що при створенні ефективних вітроелектричних станцій недоцільно використовувати велику кількість ВЕУ, які розкидані по площі на обмеженій ділянці місцевості навіть з високою аеродинамічною якістю підстилаючої поверхні, бо це значно підвищує параметр шорсткості і зменшує економічний ефект використання ВЕУ. Тому треба використовувати одиничні ВЕУ середньої або великої потужності. При виборі місця для ВЕУ потрібно, щоб "роза вітрів" була не менше 4…6 м/с, а середня продуктивність ВЕУ складала б не менше 1500 кВт×год/м^2/рік.

Малі прибудинкові вітрові електростанції

Але крім промислових вітрових електростанцій та електростанцій, які можуть використовуватись для селищ та невеликих міст, на сьогоднішній день є ефективним використання малих вітрових електростанцій, які створено при житлових будинках. На рис. 1 показано приклад використання такого одиничного вітряка потужністю 3 кВт. Такого виду вітрові електростанції малої потужності дозволяють зменшити витрати на електричний обігрів приміщень як житлових, так і службових, а також зменшити використання різного виду палива. Також такими вітровими електростанціями можна обігрівати та нагрівати воду для особистих потреб, для басейнів тощо.

Техніко-економічний аналіз використання вітрової енергетики в Польщі на тлі Європи та світу

Існують різні міжнародні програми розвитку вітрової електроенергетики, до яких відносяться, наприклад, конвенції та міжнародні трактати, Енергетичне Право Польщі, механізми впровадження поновлювальних джерел енергетики в країнах Євросоюзу, зменшення вартості 1 кВт×год електроенергії завдяки вітровій енергетиці (за останні 10 років ціна знизилась у 5 разів), прогнози подальшого розвитку вітрової енергетики.

З прогнозів, проведених через Європейське Товариство Вітрової Енергетики (Данія) виникає, що:
– світовий енергетичний потенціал вітру є в 4 рази більший, ніж загальна потреба в електричній енергії була в 1998 році;
– до 2020 року прогнозується 100-кратний приріст потужностей вітрової електроенергії порівняно з 1999 роком, що становитиме 1,2 млн. МВт; найбільший приріст прогнозується в Європі, США та Китаї;
– щорічний приріст інвестицій у даному секторі виросте з 3 млрд. доларів до 80 млрд. доларів у 2020 році, що дасть можливість створити 1,7 млн. нових робочих місць. Що стосується характеристики перешкод, які існують в Польщі щодо розвитку вітрової енергетики, то вони полягають у наступному [2]:
– фінансові – недостатність інвестиційних аероенергетичних фондів;
– балансові – брак виконавчих актів, які дали б можливість прогнозувати продукцію електричної енергії на найближчі 48 годин;
– загальні – можливість росту цін на електричну енергію або негативний вплив ВЕУ на локальний мікроклімат;
– технічні – мало розвинута енергетична мережа на Помор'ю огранічує потенціал розвитку вітрової енергетики до 2000 МВт.

Такого ж плану перешкоди існують і в Україні.

Рис. 1. Вид вітряка потужністю 3 кВт

Вітрові електростанції – види, будова та застосування

Використовується 3 види вітрових електроустановок, а саме:
– вітрові електроустановки з горизонтальною віссю оберту: *а*) одно- та дволопатні; *б*) трилопатні; *в*) багатолопатні;
– вітрові електроустановки з вертикальною віссю оберту (рис. 2);
– турбіни з горизонтальною віссю, посадженою в дифузор.

Перевагами вітрових електроустановок з вертикальною віссю оберту є те, що такі установки можуть працювати навіть при

швидкості вітру 1,5 м/с, генератор поміщається на землі, що значно спрощує обслуговування, не потрібна вежа. До вад таких електроустановок відносяться: практично нульовий момент старту, в зв'язку з чим вітер над землею є набагато слабший і це знижує ефективність конструкції; заміна головного підшипника вимагає розібрання цілої електростанції.

До характеристик вітрових двигунів з горизонтальною віссю оберту належать:

– класичне встановлення осі оберту;
– використання трьох-, а також одно- та двохлопатних установок;
– збільшення кількості лопат збільшує стартовий момент установки;
– найефективнішим є використання трьохлопатних установок, що збільшує тривалість роботи вітрового двигуна.

Перевагою вітрових двигунів з горизонтальною віссю оберту є те, що маса такого двигуна є невеликою, а електроенергія завдяки конструкції двигуна виходить дешевшою. До недоліків такого типу ВЕУ відноситься досить високий рівень шуму.

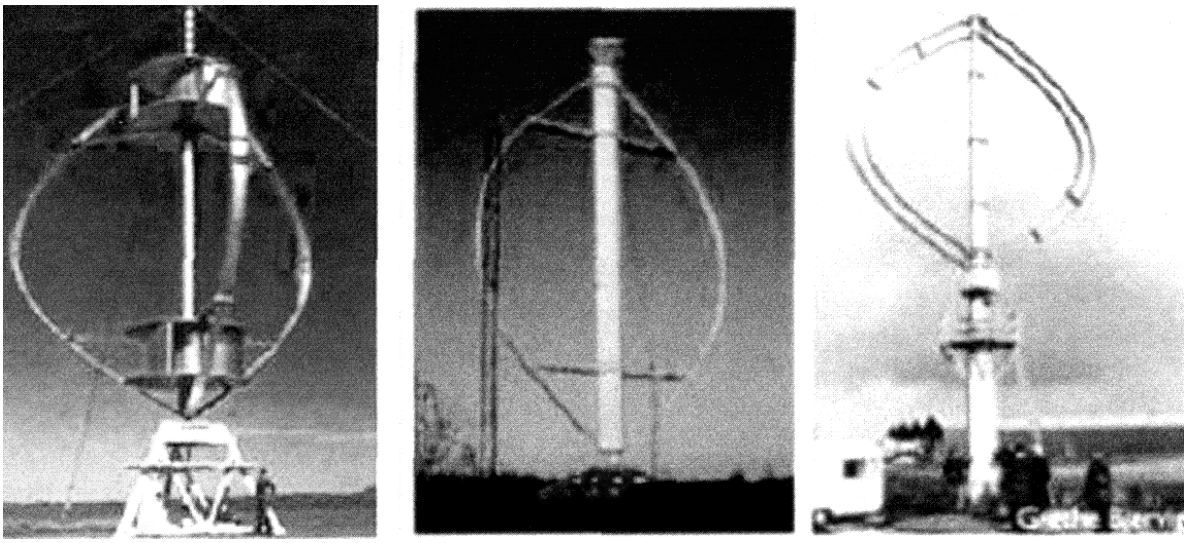

Рис. 2. Вітрові електроустановки з вертикальною віссю оберту

І все ж таки найкращими для використання на сьогоднішній день за всіма характеристиками є вітрові трьохлопатні двигуни з горизонтальною віссю оберту. Їх використання створює компроміс між ефективністю установок, їх ціною, експлуатацією та довговічністю.

Можливості фінансування аероенергетичних програм

При фінансуванні аероенергетичних програм потрібно пам'ятати, що інвестиційний капітал може складати близько 1 млн. євро за 1 МВт енергії. Оплачування вітрових веж в актуальних реаліях сьогодення при сучасних цінах продажу енергії від поновлювальних джерел є можливим тільки при "м'якому" фінансуванні в фінансовій структурі проекту.

Наприклад, по Польщі існує 4 джерела фінансування проекту:

1. Власні джерела, які становлять 10…20 %.
2. Позики від Державного Фонду охорони середовища і водного господарства.
3. Дотації від Екофонду та Структурного Фонду Євросоюзу.
4. Комерційні кредити.

Дофінансування через Державний Фонд охорони середовища і водного господарства не може перевищувати 80 % вартості проекту, але і не нижче від 300 тисяч злотих (приблизно 75 тисяч євро). Кредитування не може бути довшим за 15 років, а річний процент кредиту не повинен перевищувати 0,3…0,5 %.

Екофонд запроваджений у 1992 році через Міністерство фінансів для фінансування програм, пов'язаних з охороною навколишнього середовища, і отримує допомогу від таких країн світу, як США, Франція, Швейцарія, Італія, Швеція і Норвегія. Ця допомога є односторонньою, кошти віддавати не потрібно, і розрахована вона в основному на будівництво вітрових електростанцій. Дотація від Екофонду на один проект не повинна бути меншою за 15 тис. євро за 1 МВт потужності, а максимальна квота становить 200 тис. євро за кожний МВт потужності вітрової електростанції. Щорічно (річний ліміт) ця сума з Екофонду складає 10 млн. євро і становить 15 % від коштів проекту.

Можливі проблеми при використанні вітрової електростанції

Прикладом можливих проблем на вітрових електростанціях може бути ВЕУ, побудована в Бажовіцах (рис. 3) (Підкарпатське воєводство) в 2001 році. Номінальна потужність вітряка становить $6^{x}833$ кВт (6 двигунів), висота ферми 67 м, діаметр лопастей 52 м, номінальна

швидкість вітру 16 м/с. При відкритті ВЕУ зразу наступило 100 % зростання потужності – з 4,5 МВт до 9,5 МВт. Але з літа 2002 року до літа 2004 року середньорічна швидкість повітря зменшилась з 6,7 м/с до 6,1 м/с, що призвело до серйозного зменшення енергії. А це, в свою чергу, призвело до удорожчання енергії та до проблем, пов'язаних з відшкодуванням кредитованих коштів.

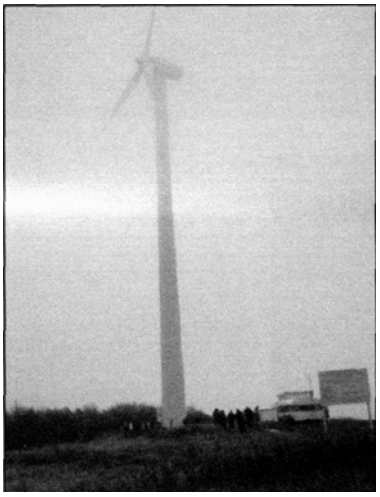

Рис. 3. Вітрова електроустановка в Бажовіцах

Наступною проблемою при використанні вітрових електростанцій є шкідливий вплив ВЕУ на флору й фауну навколишнього середовища, і насамперед на деякі види тварин та птахів. Цей вплив є менш небезпечним, як, наприклад, вплив телекомунікаційних веж та електричних мереж, але щорічно тисячі птахів гинуть із-за роботи вітрових установок. Для мінімалізації негативного впливу ВЕУ на тварин та птахів належить використовувати такі методи:

- відповідний вибір локалізації установок (уникнення місць відпочинку, локалізації птахів, лісів, ставків тощо);
- уникнення трас польоту та перельотів птахів, місць збору птахів;
- уникнення місць зимування та репродукції птахів та звірів;
- уникнення розділу вітровими вежами території птахів та звірів;
- відповідна конфігурація ВЕУ та конструкційні основи вітрових веж;
- мінімалізація інфраструктури, такої як вулиці, плоти тощо.

Має важливе значення і висота вітряної вежі. Висоту вежі потрібно розраховувати при такій умові [3]:

$$H = 65{,}22 \times P\,(\mathrm{MW})^{0{,}457},$$

де H – висота вежі, м; P – потужність, МВт.

Чим вища вежа, тим менш небезпечна вона для флори навколишнього середовища.

Висновки

Для кардинальних змін у розвитку вітрової енергетики необхідно:

1. Виконання програм будівництва вітрових електростанцій.
2. Адаптування вітрових електростанцій в єдиній енергосистемі, вибір ділянки для розміщення вітрових електроустановок.
3. Установлення оптимального рівня спеціального тарифу для вітрових електростанцій, що окупило б затрачені на будівництво кошти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Клименко Л.П. Техноекологія. – Сімферополь: Таврія, 2000. – 542 с.
2. Laskowski M. Mozliwosci rozwoju energetyki wiatrowej na Podkarpaciu. Rzeszow, 2006. – S. 67-71.
3. Trapp H., Fabian D., Forster F., Zinke O. Fledermausverluste in einem Windpark. Naturschutzarbeit in Sachsen. – 2002. – № 44. – S. 53-56.