

УДК 621.311.24, 621.548

С.О.Кудря¹, докт.техн.наук, Б.Г.Тучинський², канд.екон.наук, І.В.Іванченко³, К.В.Петренко⁴ (Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ)

Оцінка вітрового енергетичного потенціалу зони відчуження Чорнобильської атомної електростанції

В статті запропоновано оцінку вітропотенціалу території зони відчуження Чорнобильської атомної станції на базі даних щодо швидкості вітру метеостанції "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт". Бібл. 5, табл. 1, рис. 7.

Ключові слова: вітроелектростанція, вітровий енергетичний потенціал, територія зони відчуження, середня річна швидкість вітру, середній річний виробіток електроенергії.

ORCID: ¹0000-0002-4798-6853; ²0000-0002-5180-6886; ³0000-0002-5083-4180; ⁴0000-0002-2322-9030

Вступ. Останнім часом все частіше постає питання щодо доцільності створення та експлуатації вітроелектростанції (ВЕС) на території зони відчуження Чорнобильської атомної електростанції (АЕС) [1, 2]. Специфікою території зони відчуження є, як відомо, те, що в цій зоні існують достатньо розвинені електроенергетична і шляхова інфраструктура, що є серйозним аргументом на користь прийняття позитивного рішення щодо будівництва ВЕС. Єдиний фактор із числа тих, що суттєво впливають на економічну ефективність інвестицій у ВЕС, і який наразі залишається невідомим – це вітровий енергетичний потенціал території зони відчуження.

В даній статті проведено дослідження саме цієї задачі. Наявність або відсутність необхідного рівня вітропотенціалу в даному випадку є визначальним для прийняття відповідного рішення.

Постановка завдання. Перші і, мабуть, на даний момент єдині результати дослідження даного питання опубліковано в [2]. Але ці результати стосуються надто нестандартної ситуації для вітроенергетики – інсталяції в зоні 400 невеликих вітротурбін типу генераторів Савоніуса [3]. Інсталяція здійснюється з використанням у якості бази щогл радару висотою 90 м і 140 м. ВЕУ мають такі параметри: висота осі ротора – 6 м, діаметр вітроколеса – 14 м. Констатується, що на висоті 100 м середня річна швидкість вітру становить 7 м/с, що відносить досліджувану територію

до класу високопотенціальних. В той же час, недотримання міжнародних стандартів та відсутність детального опису приладів і процедур вимірювання швидкості вітру унеможливує використання отриманих даних для вирішення поставленої проблеми оцінювання вітропотенціалу.

Дану статтю присвячено отриманню необхідних оцінок вітропотенціалу на базі даних щодо швидкості вітру, стандартизованих до розмірностей міжнародної системи одиниць СІ.

Результати. В ІВЕ НАН України наявні дані вимірювань швидкості вітру на метеостанції "Чорнобиль" за період 1970-2011 рр. Місце розташування метеостанції на схематичній карті України представлено на рис. 1.



Рис. 1. Розташування метеостанції "Чорнобиль" на схематичній карті України.

Метеостанцію було встановлено на початку 60-х років ХХ ст. у відкритому місці, але з роками в безпосередній близькості від метеомайданчика зросли будівлі та дерева (рис. 2).



Рис. 2. Сучасний вигляд метеомайданчика метеостанції "Чорнобиль".

Ці обставини призвели до виникнення тенденції до викривлення даних щодо швидкості вітру в сторону її зменшення (рис. 3).

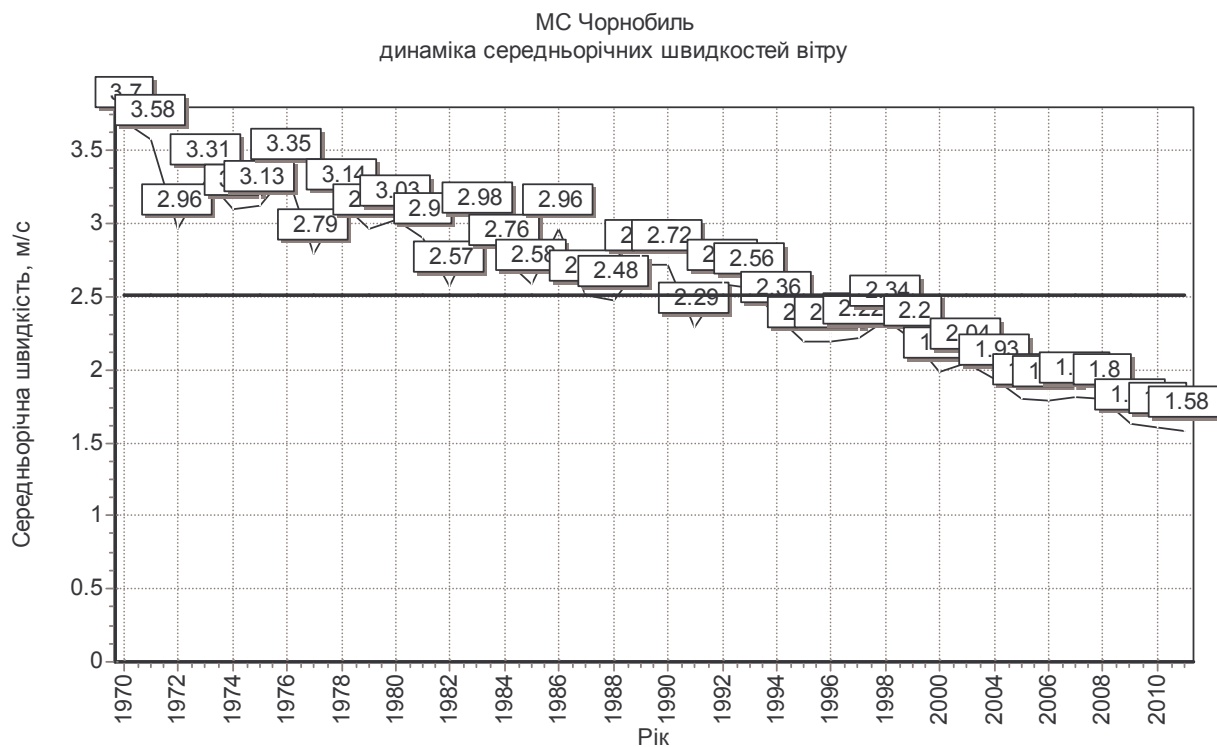


Рис. 3. Динаміка середньорічної швидкості вітру по метеостанції "Чорнобиль".

З рис. 3 випливає, що для вітроенергетичних розрахунків можна користуватись безпосередньо вимірними даними цієї метеостанції за період не більше, ніж до 1980 року.

Ще однією вадою метеоданих метеостанції "Чорнобиль" є відсутність даних синхронних вимірювань швидкості вітру на двох висотах, що унеможливує моделювання вертикального профілю вітру. Тому розрахунки виконано для двох граничних (за нашою оцінкою) значень параметра вертикального профілю вітру метеомайданчика: $\alpha = 0,14$ і $\alpha = 0,22$.

Для повноти картини виконано також відпо-

відні розрахунки за даними метеостанції "Чернігів-аеропорт", розташованої в умовах більшої відкритості місцевості на відстані 66 км від метеостанції "Чорнобиль". В період 1970-1989 рр. метеостанція розташовувалась поблизу с. Количівка, а в середині 1990 р. її було перенесено в інше місце – поблизу с. Шестовиця.

Розрахунок виконано для сучасної моделі ВЕУ потужністю 2 МВт *Vestas V110-2.0 MW* з висотою осі ротора 125 м, спеціально розробленої для площадок зі зниженою швидкістю вітру (Low Speed Site). Результати розрахунків подано в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати оцінювання показників вітрового енергетичного потенціалу за даними вимірювань швидкості вітру на метеостанціях "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт"

№	Показник	Одиниця виміру	Метеостанція		
			Чорнобиль	Чернігів – Количівка	Чернігів – Шестовиця
1	Період вимірювань	роки	1970-1980	1970-1989	1991-2010
2	Висота давача	м	10	10	10
3	Середній кут закритості давача швидкості вітру	град	5,0	8,7	1,7
4	Середня річна швидкість вітру на висоті давача	м/с	3,18	4,11	3,46
5	Параметр Хеллмана	–	0,14		
6	Середня річна швидкість вітру на висоті осі ротора	м/с	4,53	5,86	5,01
7	Коефіцієнт-брутто використання номінальної потужності ВЕУ	–	0,213	0,376	0,260
8	Середній річний виробіток (брутто) електроенергії ВЕУ	млн кВт·год	3,7	6,6	4,6
9	Параметр Хеллмана	–	0,22		
10	Середня річна швидкість вітру на висоті осі ротора	м/с	5,5	7,17	6,14
11	Коефіцієнт-брутто використання номінальної потужності ВЕУ	–	0,287	0,475	0,381
12	Середній річний виробіток (брутто) електроенергії ВЕУ	млн кВт·год	5,0	8,4	6,7

На рис. 4 подано графіки синхронної динаміки середньої річної швидкості вітру, побудовані за даними синхронних спостережень швидкості вітру на площадках метеостанцій "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт".

На рис. 5 подано точкову діаграму взаємозалежності між середньорічними швидкостями вітру на площадках метеостанцій "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт".

На рис. 6, 7 подано рози вітрів площадок метеостанцій "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт".

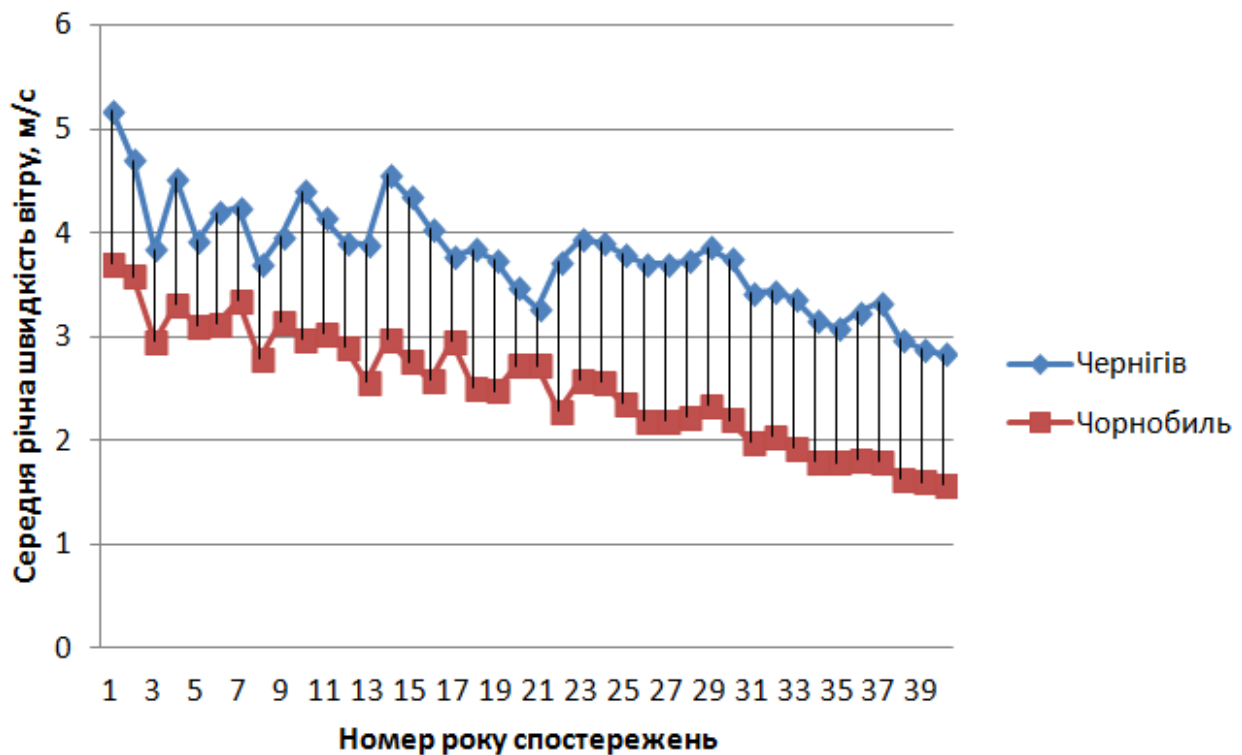


Рис. 4. Графіки синхронної динаміки середньої річної швидкості вітру, побудовані за даними синхронних спостережень швидкості вітру на площадках метеостанцій "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт".

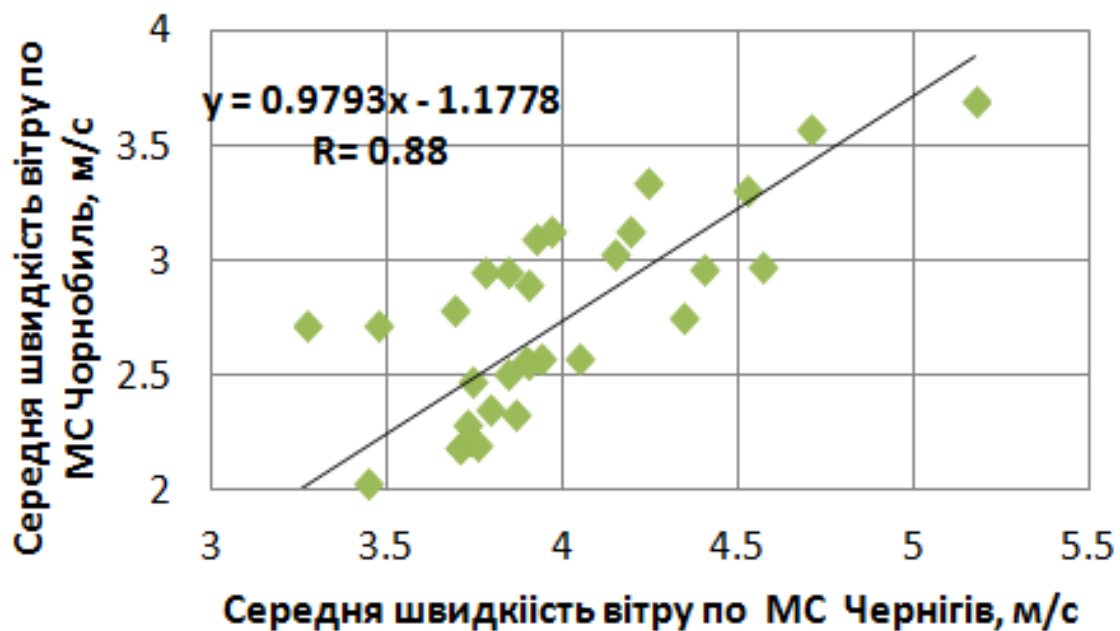


Рис. 5. Точкова діаграма взаємозалежності між середньорічними швидкостями вітру на площадках метеостанцій "Чорнобиль" і "Чернігів-аеропорт".

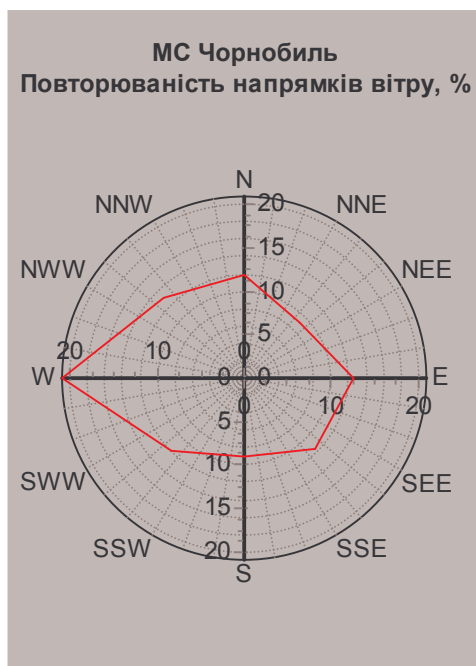


Рис. 6. Роза вітрів на площадці метеостанції "Чорнобиль".

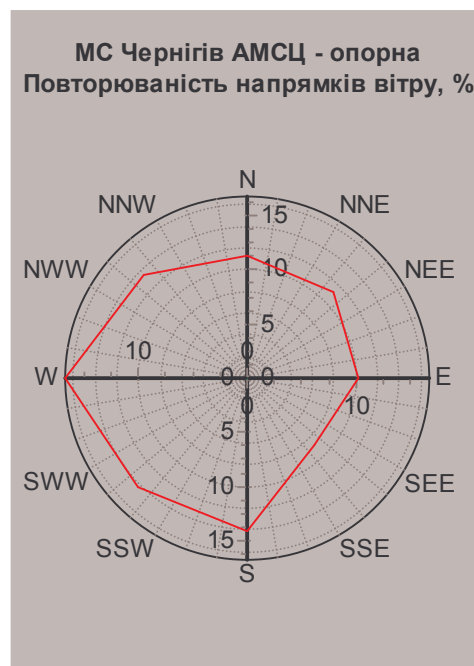


Рис. 7. Роза вітрів на площадці метеостанції "Чернігів-аеропорт".

Відповідність форм роз вітрів підтверджує однорідність вітрових режимів площадок і, тим самим, обґрунтовує правильність застосованої процедури оцінювання.

Висновки. 1. Метеомайданчик метеостанції "Чорнобиль" має надто високий рівень закритості давача швидкості вітру, що викривляє дійсну вітрову картину площадки і не дозволяє за даними вимірювань достовірно оцінити її вітровий енергетичний потенціал.

2. Оцінки показників виробітку електроенергії ВЕУ за даними перших 11 років вимірювань, коли ще не було створено більшості перешкод попаданню вітрового потоку на давач швидкості вітру, все рівно засвідчують невисокий вітропотенціал чорнобильської площадки.

3. В той же час, дані довгострокових спостережень швидкості вітру на неподалік розташованій метеостанції "Чернігів-аеропорт" засвідчують наявність на суміжній території вітропотенцілу, цілком достатнього для реалізації економічно ефективного проекту ВЕС.

4. Мають місце фактори, що дозволяють висунути гіпотезу про однорідність вітрового режиму площадок, розглянутих в аналізі, а саме:

- географічна близькість між собою територій розташування зазначених двох метеостанцій (66 км);

- відсутність будь-яких ознак і чинників кліматичної неоднорідності;
- синхронність тенденцій у динаміці графіків на рис. 4;
- високий коефіцієнт кореляції між показниками на рис. 5;
- подібність роз вітрів на рис. 6 і рис. 7.

5. За умови підтвердження цієї гіпотези можна констатувати подібність режимів геострофічних (глобальних) вітрів на розглянутих площадках. Зменшення показників вітропотенціалу площадки метеостанції "Чорнобиль", продемонстроване даними вимірювань, є наслідком затінення давачів швидкості вітру, а також, можливо, дії локальних факторів.

6. Для отримання більш точних оцінок необхідно провести дослідження характеристик вітру на чорнобильській площадці у відповідності до міжнародних стандартів MEASNET [4] і IEC [5], в ході якого виконати ретельний майкросайтинг, за результатами якого оптимізувати розташування площадки ВЕС відносно впливів локальних чинників.

1. *Електронний ресурс:* <http://chornobyl.in.ua/chornobyl-vetroenergiya.html>

2. А. Мельников, Г. Лобач, С. Саверський, В. Токаревський, В. Холоша. Ветроэлектростанция в Чернобыле-2 // Сборник докладов, выводы и рекомендации. Меж-

дународная конференция: Двадцать пять лет Чернобыльской катастрофы. Безопасность будущего. 20-22 апреля 2011 года. Киев. Украина. – С. 88–92.

3. *Wizelius T.* Developing Wind Power Projects. Theory & Practice – London : Earthscan, 2009. – P.74–76.

4. *Электронный ресурс:* <http://www.measnet.com/wp-content/uploads/2014/05/Power-Quality-Oct-2009-Version-4.pdf>

5. *Wind turbines* – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines. IEC 61400-12-1:2005.

REFERENCES

1. <http://chornobyl.in.ua/chornobyl-vetroenergiya.html>

2. *A. Melnikov, G. Lobach, S. Saverskiy, V. Tokarevskiy, V. Kholosha.* Wind power station in Chernobyl-2 // Collection of reports, conclusions and recommendations. International konferentsiya: Twenty-five years after the Chernobyl disaster. Future Security. April 20-22, 2011. – Kyiv. Ukraine. – P. 88–92. (Rus)

3. *Wizelius T.* Developing Wind Power Projects. Theory & Practice – London : Earthscan, 2009. – P.74–76. (Eng)

4. <http://www.measnet.com/wp-content/uploads/2014/05/Power-Quality-Oct-2009-Version-4.pdf>

5. *Wind turbines* – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines. IEC 61400-12-1:2005. (Eng)

С.А.Кудря, докт.техн.наук, **Б.Г.Тучинский**, канд.экон.наук, **И.В.Иванченко**, **К.В.Петренко** (Институт возобновляемой энергетики НАН Украины, Киев)

Оценка ветрового энергетического потенциала зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции

В статье предложена оценка ветропотенциала территории зоны отчуждения Чернобыльской атомной станции на базе данных о скорости ветра метеостанций "Чернобыль" и "Чернигов-аэропорт". Библ. 5, табл. 1, рис. 7.

Ключевые слова: ветроэлектростанция, ветровой энергетический потенциал, территория зоны отчуждения, средняя годовая скорость ветра, средняя годовая выработка электроэнергии.

Kudrya S., Tuchnskiy B., Ivanchenko I., Petrenko K. (Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine, Kyiv)

Wind energy potential estimation for the Chernobyl nuclear power plant exclusion zone

In the article assessed of wind potential of Chernobyl nuclear power station territory of the exclusion zone on the basis of wind

speed data weather stations "Chernobyl" and "Chernigov-airport". References 5, table 1, figures 7.

Keywords: wind power plant, wind energy potential, the exclusion zone territory, the average annual wind speed, average annual electricity generation.

SYNOPSIS

The specificity of the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant is that in this area there is a deep electric power and road infrastructure is a serious argument in favor of a positive decision on the construction of wind farms. One of those factors that significantly affect the economic efficiency of investment in wind farms and which currently remains uncertain, it is - the wind energy potential of the exclusion zone. This article is a study of this problem. The presence or absence of the required level of wind potential in this case is crucial for the decision. In Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine available measurements of wind speed at the meteorological station "Chernobyl" for the period 1970-2011 years. A major drawback meteorological weather information "Chernobyl" is no data synchronous measurements of wind speed at two heights, making it impossible simulation of vertical wind profile. Therefore, the article estimates made for the two limiting (in our estimation) values of vertical wind profile – $\alpha = 0.14$ and $\alpha = 0.22$. To complete the picture also made the relevant calculations according to the meteorological station "Chernigov-airport" in terms of more open areas at a distance of 66 km from the meteorological station "Chernobyl". The calculation is made for the modern models of wind turbines of 2 MW Vestas V110-2.0 MW rotor axis height of 125 meters, specially designed for sites with low wind speeds (Low Speed Site). Studies have shown that weather station "Chernobyl" site has a very high level of secrecy wind speed sensor that distorts the true picture of a wind farm site and does not allow for the measurement data to reliably estimate its wind energy potential. Long-term wind speed data in meteorological station located near "Chernigov-airport" evidencing the adjacent territory the wind energy potential, it is sufficient to implement cost-effective wind farm project. There are factors that hypothesis of homogeneity wind regime sites considered in the analysis. To obtain more accurate estimates necessary to study the wind characteristics at the Chornobyl site in accordance with international standards MEASNET and IEC, during which perform thorough micrositting, which resulted in optimized the location of wind farm site relative impact of local factors.

Стаття надійшла до редакції 21.06.16

Остаточна версія 19.07.16