УДК 338.45:621.31

С. В. Нараєвський,
старший викладач кафедри міжнародної економіки,
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ ТА УКРАЇНІ

S. Naraievs'kyj,
senior teacher, Department of International Economics, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"

COMPARATIVE CHARACTERIZATION OF THE EFFICIENCY OF WIND ENERGY IN THE LEADING COUNTRIES OF THE WORLD AND UKRAINE

Проведено порівняльний аналіз ефективності роботи вітрової енергетики у основних регіонах світу та у провідних країнах світу. Серед лідерів у вітровій енергетиці виділяються країни, що розвивають офшорну вітроенергетику чи мають значну площу території і, відповідно, мають можливість обирати для розміщення вітроенергетичного обладнання найкращі ділянки з найбільшим вітровим потенціалом. Визначено основні фактори, що впливають на ефективну роботу вітрової енергетики. Серед цих факторів слід виділити такі: наявний вітровий потенціал та можливість його використання, технічні характеристики встановленого обладнання, наявність якісної мережі для передачі електроенергії споживачу з мінімальними втратами. Вітроенергетика України за ефективністю роботи поступається провідним країнам у даній галузі, але має гарні перспективи для подальшого розвитку у разі виконання певних умов.

The article provides a comparative analysis of the efficiency work of wind power in the major regions of the world and the leading countries of the world. Countries that develop offshore wind power or have a large area of territory are leaders in wind power. They have the opportunity to choose for the location of wind power equipment best areas with the highest wind potential. The article defines the main factors influencing the effective work of wind power. Among these factors should be allocated as follows: available wind potential and the possibility of its use, technical characteristics of the installed equipment, the availability of high-quality network for the transmission of electricity to the consumer with minimal losses. The efficiency of Ukrainian wind power inferior to leading countries in this field, but it has good prospects for further development if certain conditions will be done.

Ключові слова: вітроенергетика, використання встановленої потужності, ефективність роботи вітрової енергетики, офшорна вітроенергетика, вітровий потенціал, підключення до мережі.
Key words: wind power, use of installed capacity, efficiency work of wind power, offshore wind power, wind potential, network connection.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Проводячи аналіз розвитку вітрової енергетики переважна більшість міжнародних організацій, що займаються дослідженням розвитку цього напряму енергетики, основну увагу зосереджують на обсягах введених потужностей, а питання їх ефективної роботи відходять на другий план, або взагалі не розглядаються. Поряд з тим, введення додаткових енергетичних потужностей, які працюють з низькою ефективністю буде призводити до неефективного використання інвестованих у вітроенергетику коштів.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ, В ЯКИЙ ЗАПОЧАТКОВАНО РОЗВ'ЯЗАННЯ ДАНОЇ ПРОБЛЕМИ І НА ЯКІ СПИРАЄТЬСЯ АВТОР, ВИДІЛЕННЯ НЕ ВИРІШЕНИХ РАНІШЕ ЧАСТИН ЗАГАЛЬНОЇ ПРОБЛЕМИ, КОТРИМ ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ ОЗНАЧЕНА СТАТТЯ

Порівняння ефективності роботи теплової електростанції (ТЕС) та вітрової електростанції (ВЕС) наведено в [1, с. 267—268], порівняння тривалості роботи ВЕС у Німеччині та Україні наведено у [2, с. 58—59] та саме через низьку ефективність роботи вітроенергетики України, Комплексної програми з будівництва ВЕС в Україні (термін дії 1997—2010 рр.) була не виконана [3]. Актуальність дослідження зумовлена, з одного боку, наявним вітроенергетичним потенціалом України, з другого боку, необхідністю зосереджувати основну увагу в процесі розвитку вітчизняної вітроенергетики саме на ефективності її роботи, а не на введенні максимально можливих потужностей.

ФОРМУВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ (ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ)

Ціллю статті є проведення аналізу ефективності роботи вітрової енергетики. Завданнями статті є аналіз роботи вітроенергетики у окремих країнах світу, визначення країн-лідерів, причин їхньої успішної роботи та можливість використання позитивного досвіду у вітроенергетиці України. Методологічну основу становлять методи порівняльного аналізу, дослідження природного потенціалу територій, статистичного дослідження, логічного узагальнення.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ З ПОВНИМ ОБГРУНТУВАННЯМ ОТРИМАНИХ НАУКОВИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Проаналізуємо ефективність роботи вітроенергетичної галузі базуючись на інформації зі статистичних звітів Міжнародного агентства з відновлювальної енергії [4]; Всесвітньої вітроенергетичної асоціації [5]; Європейської асоціації вітроенергетики [6]; Глобальної ради з вітроенергетики [7]; Міжнародного енергетичного агентства [8]; британської нафтової компанії BP [9]. Основна увага у вищезазначених звітах зосереджується на обсягах введених потужностей за окремими регіонами або країнами світу. Значно менше інформації стосується подальшої роботи встановленого вітроенергетичного обладнання. Так, у звіті Всесвітньої вітроенергетичної асоціації зазначається про загальний обіг коштів у галузі та про частку електроенергії, що виробляється за рахунок вітроенергетики у загальних обсягах виробництва у окремих країнах [5, с. 6]. У звіті Європейської асоціації вітроенергетики зазначена частка вітроенергетики у загальному обсязі виробництва електроенергії у країнах Європейсь-

Таблиця 1. Ефективність використання вітрової енергії у провідних країнах світу та Україні у 2012 р.

Країна	Споживання електроенергії, млрд кВт·год	Нова встановлена потужність у 2012 р., МВт	Загальна встановлена потужність, МВт	Ефективність використання, кВт·год/кВт	Частка використання встановленої потужності, %
Північна Америка	155,1	14 449	67 934	2 554,8	29,16
США	141,5	13 124	60 208	2 637,7	30,11
Канада	11,7	936	6 214	2 036,2	23,24
Мексика	1,9	389	1 512	1 442,1	16,46
Південна Америка	7,4	1 370	4 035	2 209,0	25,22
Бразилія	4,9	1 077	2 508	2 487,9	28,40
Європа	208,4	13 208	109 553	2 024,3	23,11
Австрія	2,3	296	1 378	1 869,9	21,35
Бельгія	2,7	297	1 444	2 084,1	23,79
Болгарія	1	61	643	1 632,7	18,64
Данія	10,4	210	4 137	2 579,4	29,44
Фінляндія	0,5	90	268	2 242,2	25,60
Франція	14,2	757	7 593	1 968,3	22,47
Німеччина	46	2 244	31 315	1 523,5	17,39
Греція	4	115	1 749	2 364,8	27,00
Угорщина	0,8	0	357	2 240,9	25,58
Ірландія	4,2	124	1 812	2 400,0	27,40
Італія	13,2	1 265	7 998	1 792,1	20,46
Іспанія	49,1	1 123	22 362	2 252,2	25,71
Нідерланди	4,9	243	2 552	2 016,0	23,01
Норвегія	1,6	196	683	2 735,0	31,22
Польща	4,7	880	2 547	2 230,7	25,46
Португалія	10	149	4 363	2 331,8	26,62
Румунія	2,6	923	1 913	1 791,3	20,45
Великобританія	20,7	2 383	8 871	2 695,4	30,77
Україна	0,3	102	248	1 522,8	17,38
Близький Схід	0,2	6	110	1 869,2	21,34
Африка	2,5	245	1 491	1 826,8	20,85
Азія та Тихоокеанський басейн	147,7	15 833	101 114	1 584,8	18,09
Австралія	6,9	358	2 834	2 598,9	29,67
Китай	100,4	12 960	75 372	1 457,4	16,64
Індія	31,2	2 241	18 420	1 803,5	20,59
Японія	4,5	78	2 673	1 708,4	19,50
Світ у цілому	521,3	45 112	284 237	1 992,1	22,74

Джерело: розраховано на основі [5; 9; 10].

кого Союзу [6, с. 11]. Глобальна рада з вітроенергетики наводить коротку характеристику розвитку вітроенергетики по окремим країнам світу, але основна увага, також, зосереджується на введені нових потужностей та на загальній потужності вітроенергетики [7, с. 25—69]. Лише у статистичному огляді світової енергетики британської компанії BP наводиться інформація стосовно споживання електроенергії виробленої за рахунок використання вітроенергетичного обладнання [9].

Проводячи аналіз загальних обсягів введених потужностей вітрових установок у різних країнах світу можна зробити висновки лише про наявні можливості їхнього використання та це не дає відповіді на питання наскільки ефективно вони використовуються. Всесвітня вітроенергетична асоціація у своїх щорічних звітах наводить питомі показники (встановлена потужність вітроустановок відносно чисельності населення, площі території країни, обсягів валового внутрішнього продукту) по двадцяти країнам-лідерам, але ці дані, також, не характеризують ефективність роботи вітроенергетики у тій чи іншій країні [5, с. 9]. Для визначення ефективності роботи вітроенергетики у окремих країнах та порівняння цих показників необхідно взяти відношення обсягів виробленої чи спожитої електроенергії до загальної встановленої потужності вітроустановок, що були задіяні у цьому виробництві (табл. 1).

Таким чином, ефективність використання встановлених вітрових установок буде характеризувати скільки спожитої електричної енергії (кВт·год) припадає на одиницю встановленої потужності (кВт). В ідеальній ситуації, якщо відкинути втрати в мережі, споживання електричної енергії на потреби самої ВЕС та допустити, що вітрова установка безперервно працює з максимальною потужністю, то такий показник може становити 8 760 кВт·год/кВт (365 днів за рік помножити на 24 год за добу). Якщо ж отримане число розділити на 8 760 кВт·год/кВт, яке приймаємо за 100 %, то отримаємо частку (відсоток) використання встановленої потужності.

Для підвищення достовірності отриманих даних необхідно додаткову увагу звернути на нові потужності, які були введені протягом останнього року, оскільки зростання вітрової енергетики у 2012 р. становило 18,9 %, а по окремим країнам було значно вищим (Аргентина — 48,2 %, Польща — 52,8 %, Бразилія — 75,3 %, Румунія — 93,2 %) [9]. Оскільки достовірних даних про конкретні терміни введення окремих об'єктів по кожній з країн, які взяті нами для аналізу немає та припускаючи, що вводились вони більш-менш рівномірними темпами, вважаємо за доцільне встановлену потужність за останній рік поділити на два. Це дасть можливість підвищити достовірність порівнюваних даних у тих країнах, що не зазнали суттєвих змін у введені нових потужностей за останній рік з тими країнами де введені протягом останнього року потужності могли зрости на 30 — 50 % та навіть більше (наприклад в Україні на 70 %).

За розрахованими показниками ефективності використання вітрової енергії серед регіонів світу лідером є Північна Америка (ефективність використання встановленої потужності становить 2 554,8 кВт·год/кВт та частка використання встановленої потужності складає 29,16 %). Другу позицію займає Південна Америка (2 209,0 кВт·год/кВт та 25,22 %), а на третій позиції Європа (2 024,3 кВт·год/кВт та 23,11 %). Далі позиції були наступні: 4-те місце — Близький Схід (1 869,2 кВт·год/кВт та 21,34 %); 5-те місце — Африка (1 826,8 кВт·год/кВт та 20,85 %); 6-те місце — Азія та Тихоокеанський басейн (1 584,8 кВт·год/кВт та 18,09 %) при середньосвітових показниках (1 992,1 кВт·год/кВт та 22,74 %). Країни Південної Америки, Близького Сходу та Африки лише починають розвивати власну вітроенергетичну галузь, тож детально аналізувати показники цих регіонів наразі зарано. Трійку провідних регіонів світу за розвитком вітроенергетики складають Європа (загальна встановлена потужність вітроенергетики у 2012 р. становила 109 553 МВт), Азія та Тихоокеанський басейн (101 114 МВт) та Північна Америка (67 934 МВт). За темпами розвитку вітроенергетики протягом останніх п'яти років лідером була Азія та Тихоокеанський басейн, за виключенням 2012 р. (темпи розвитку вітроенергетики становили 18,6 % до загальної встановленої потужності на початок 2012 р.), коли вона поступилась першою позицією Північній Америці (27,0 %). Європейський вітроенергетичний ринок є найбільш насиченим серед усіх регіонів Світу, і це, останніми роками, призвело до сповільнення темпів розвитку вітроенергетики у цьому регіоні (13,7 %).

Аналізуючи показники ефективності роботи вітроенергетики по окремим країнам слід зазначити, що серед першої п'ятірки лідерів присутні країни, які активно використовують офшорну вітроенергетику (Норвегія — 1-ше місце, 2 735 кВт·год/кВт та 31,22 %; Великобританія — 2-ге місце, 2 695,4 кВт·год/кВт та 30,77 %; Данія — 5-те місце, 2 579,4 кВт·год/кВт та 29,44 %), або мають велику площу території (США — 3-є місце, 2 554,8 кВт·год/кВт та 29,16 %; Австралія — 4-те місце, 2 598,9 кВт·год/кВт та 29,67 %), і, відповідно, можливість вибору найбільш придатних ділянок для розміщення вітроенергетичного обладнання. Для розвитку офшорної вітроенергетики сума початкових інвестицій може перевищувати аналогічні за потужністю об'єкти наземної вітроенергетики на 20 — 50 %, але це дає можливість отримувати більше електроенергії на одиницю встановленої потужності. Тож, об'єкти офшорної вітроенергетики порівняно з наземними об'єктами є більш енергетично ефективними.

Серед трійки світових лідерів за встановленою потужністю вітроенергетичних об'єктів найбільш ефективно вітроенергетика функціонує у США. Друге місце посідає Німеччина (1 523,5 кВт·год/кВт та 17,39 %), а Китай займає лише третю позицію (1 457,4 кВт·год/кВт та 16,64 %). За ефективністю роботи власної вітроенергетики, серед країн, по яким наявна статистика, Китай випереджає лише Мексику (1 442,1 кВт·год/кВт та 16,46 %), яка займає останнє місце.

Відставання китайської вітроенергетики можна пояснити наступними чинниками. Найважливіший вплив на ефективність роботи вітроенергетичного обладнання справляє наявний вітровий потенціал та, відповідно, вибір найкращих ділянок для розміщення вітрових установок. Другим за важливістю фактором впливу є технічні характеристики самого обладнання (якість і придатність до роботи, максимальний час роботи без зупинки та обслуговування, мінімальна швидкість вітру для запуску ВЕС, максимальна допустима швидкість вітру для роботи ВЕС). У випадку порівняння показників, саме, споживання, а не виробництва, важливим є наявність якісної мережі для передачі електроенергії споживачу з найменшими втратами. Тож, на прикладі роботи вітроенергетики Китаю, слід зазначити недостатню увагу до розміщення обладнання, більш низку якість вітроенергетичного обладнання порівняно з європейськими чи американськими аналогами та проблеми з підключенням до мережі.

Окремо слід проаналізувати ситуацію на ринку вітроенергетики Європи. Провідна трійка європейських країн з найвищою ефективністю роботи вітроенергетики (Норвегія, Великобританія, Данія), в подальшому може ще збільшити свої показники за рахунок переходу на нові зразки техніки та розвиток саме офшорної вітроенергетики. Країни Західної Європи, які почали розвивати власну вітроенергетику раніше ніж країни Східної Європи, в переважній більшості, мають вищі показники ефективності роботи вітроенергетики. Окрім вищезазначених це: Ірландія (2 400,0 кВт·год/кВт та 27,40 %), Греція (2 364,8 кВт·год/кВт та 27,00 %), Португалія (2 331,8 кВт·год/кВт та 26,62 %), Іспанія (2 252,2 кВт·год/кВт та 25,71 %), Фінляндія (2 242,2 кВт·год/кВт та 25,60 %). Серед країн Східної Європи частку використання встановленої потужності вище 25 % мають лише Угорщина (2 240,9 кВт·год/кВт та 16,46 %) та Польща (2 230,7 кВт·год/кВт та 25,46 %). Інші країни Східної Європи мають нижчі показники: Румунія (1 791,3 кВт·год/кВт та 20,45 %), Болгарія (1 632,7 кВт·год/кВт та18,64 %), Україна (1 522,8 кВт·год/кВт та 17,38 %).

Ефективність роботи вітроенергетики України є найнижчою серед країн Європи наявних у рейтингу та вона співставна з ефективністю роботи вітроенергетики Німеччини (1 523,5 кВт·год/кВт та 17,39 %), відрізняючись лише на одну соту відсотка, але причини такої ситуації у Німеччині та Україні суттєво відрізняються. Німеччина є беззаперечним європейським лідером за встановленою потужністю вітрових установок. Ця країна фактично вичерпала можливості для розвитку наземної вітроенергетики. Подальший розвиток німецької вітроенергетики передбачає заміну обладнання на вже існуючих вітроенергетичних об'єктах на техніку з кращими техніко-економічними показниками (як правило більшої одиничної потужності) та розвиток офшорної вітроенергетики. Українська вітроенергетика почала використання сучасних вітроустановок лише в останні два-три роки. На сьогодні в Україні існує значний парк техніки застарілої конструкції, використання якого знижує показники ефективності роботи вітроенергетики в цілому. При подальшому оснащенні вітроенергетичних об'єктів сучасними зразками техніки, відмові від застарілого обладнання ефективність роботи вітроенергетики України може бути, як мінімум, не нижчою за середньо європейські показники, а у разі активного розвитку вітроенергетичних об'єктів на узбережжі Чорного та Азовського морів суттєво їх перевищувати. Це зумовлено значним сукупним вітровим потенціалом України (друге місце в Європі після Норвегії) та площею території (перше місце в Європі), що дає можливості обирати найкращі ділянки для розбудови вітроенергетики.

ВИСНОВКИ

Проаналізовано ефективність роботи вітроенергетики у провідних країнах світу та Україні. Серед регіонів світу найвища ефективність роботи вітроенергетики спостерігається у Північній Америці (2 5554,8 кВт·год/кВт та 29,16 %). Серед окремих країн найбільш ефективно вітроенергетика використовується у Норвегії (2 735,0 кВт·год/кВт та 31,22 %), Великобританії (2 695,4 кВт·год/кВт та 30,77 %) та США (2 637,7 кВт·год/кВт та 30,11 %). Серед країн Європи вища ефективність роботи вітроенергетики характерна для країн Західної Європи. Україна має найнижчі показники ефективності роботи власної вітроенергетики серед європейських країн представлених у рейтингу, що зумовлено значною часткою застарілого вітроенергетичного обладнання та недостатньою увагою при виборі ділянок з найкращим вітропотенціалом. Поряд з тим, вітроенергетика України має добрі перспективи для подальшого розвитку й підвищення ефективності роботи за рахунок наявного вітрового потенціалу та у разі використання сучасних зразків техніки.

Подальші наукові дослідження з аналізу ефективності роботи вітроенергетики доцільно зосередити на роботі окремих об'єктів (вітрових парків) та використанні їхнього позитивного досвіду у вітроенергетиці України, але в багатьох випадках така інформація не передбачена для загального користування і доступ до неї є ускладненим.

Література:

1. Енергоефективність та відновлювальні джерела енергії [Текст] / Під заг. ред. А.К. Шидловського. — К.: Українські енциклопедичні знання, 2007. — 560 с.

2. Оніпко О.Ф. Вітроенергетика та енергетична стратегія / О.Ф. Оніпко, Б.П. Коробко, В.М. Миханю. — К.: УАН, Фенікс, 2008. — 168 с.

3. Українська вітроенергетична асоціація — УВЕА (Ukrainian Wind Energy Association — UWEA). Вітроенергетика України 2010 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.uwea.com.ua/files/Ukrainian_Wind_Energy_Sector_-Review_2010_Rus.pdf

4. Renewable energy technologies: cost analysis series: Wind Power. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). — Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2012. — 64 p.

5. World Wind Energy Report 2012. Stefan Gsanger, Jean-Daniel Pitteloud. The World Wind Energy Association (WWEA). — Boon. WWEA Head Office, 2013. — 22 p.

6. Wind in power. 2012 European statistics. Justin Wilkes, Jacopo Moccia. The European Wind Energy Association (EWEA). — Brussels, 2012. — 14 p.

7. Global wind report. Annual marketupdete 2012. Lauha Fried, Steve Sawyer, Shruti Shukla, Liming Qiao. Global Wind Energy Council (GWEC). — Brussels: GWEC Headquarters, 2013. — 72 p.

8. Key World Energy Statistics 2013. International Energy Agency (IEA). — Paris. OECD/IEA. 2013. — 82 p.

9. Статистичний огляд світової енергетики 2013 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Statistical-Review/statistical_review_of_-world_energy_2013_workbook.xlsx

10. Статистичний бюлетень. Виробництво електроенергії та окремі техніко-економічні показники роботи електростанцій за 2012 рік. Державна служба статистики України. Департамент статистики виробництва. — К.: Дежраналітінформ. 2013. — 17 с.

References:

1. Shydlovs'kyj, A. K. (2007), Enerhoefektyvnist' ta vidnovliuval'ni dzherela enerhii [Tekst], Ukrains'ki entsyklopedychni znannia, Kyiv, Ukraine.

2. Onipko, O. F. Korobko, B. P. and Mykhaniu, V. M. (2088), Vitroenerhetyka ta enerhetychna stratehiia [Tekst], UAN, Feniks, Kyiv, Ukraine.

3. Ukrainian Wind Energy Association (2010), "Vitroenerhetyka Ukrainy 2010". [Online], available at: http://www.uwea.com.ua/files/Ukrainian_Wind_Energy_Sector_Review_2010_Rus.pdf (Accessed 10 February 2013).

4. International Renewable Energy Agency (2012), Renewable energy technologies: cost analysis series: Wind Power, IRENA Secretariat, Abu Dhabi, United Arab Emirates.

5. Stefan Gsanger, Jean-Daniel Pitteloud (2013), World Wind Energy Report 2012, The World Wind Energy Association Head Office, Boon, Germany.

6. Justin Wilkes, Jacopo Moccia (2012), Wind in power 2012, The European Wind Energy Association, Brussels, Belgium.

7. Lauha Fried, Steve Sawyer, Shruti Shukla, Liming Qiao (2013), Global wind report. Annual marketupdete 2012, Global Wind Energy Council, Brussels, Belgium.

8. International Energy Agency (2013), Key World Energy Statistics 2013, Organisation for Economic Co-operation and Development / International Energy Agency, Paris, France.

9. BP Global (2013), "Statistical review of world energy 2013 workbook". [Online], available at: http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Statistical-Review/statistical_review_of_world_-energy_2013_workbook.xlsx (Accessed 10 February 2013).

10. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy (2013), Vyrobnytstvo elektroenerhii ta okremi tekhniko-ekonomichni pokaznyky roboty elektrostantsij za 2012 rik [Tekst], Dezhranalitinform, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 18.02.2014 р.