Електронне наукове фахове видання "Ефективна економіка" включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Наказ Міністерства освіти і науки України від 29.12.2014 № 1528)

Ефективна ЕКОНОМІКА

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ДКС Центр

Видавництво ТОВ «ДКС-центр»

Ефективна економіка № 5, 2017

УДК 338.45:621.31

С. В. Нараєвський,
к. е. н., доцент кафедри міжнародної економіки,
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ ТА УКРАЇНІ

S. V. Naraievs'kyj,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of International Economics,
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv

COMPARATIVE ANALYSIS 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. Визначені 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.*

Keywords: *wind power, use of installed capacity, efficiency work of wind power, offshore wind power, wind potential, network connection.*

Постановка проблеми

Переважна більшість міжнародних установ, що досліджують розвиток ринку вітрової енергетики, основну увагу зосереджують на аналізі обсягів введених потужностей, а питанням їх ефективної роботи приділяють значно меншу увагу. Поряд з тим, введення в дію значних обсягів нових потужностей, які працюють з низькою ефективністю, свідчить про нераціональне використання коштів інвестованих у вітроенергетичні проекти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

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, Комплексна програми з будівництва ВЕС в Україні (термін дії 1997 – 2010 рр.) не була виконана [3]. Актуальність дослідження зумовлена дефіцитом паливно-енергетичних ресурсів та залежністю енергетики України від їх постійного імпорту і, відповідно, можливістю, хоча б часткового, подолання такої залежності за рахунок ефективного розвитку вітрової енергетики з використанням наявного вітрового потенціалу території.

Мета дослідження

Метою статті є проведення аналізу ефективної роботи вітрової енергетики у провідних країнах світу. 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

Проведемо порівняльний аналіз ефективності роботи вітрової енергетики базуючись на інформаційній базі, що наводиться у статистичних звітах 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 вище зазначених 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. 8 – 9]. У звіті Європейської асоціації вітроенергетики зазначена частка вітроенергетики у загальному обсязі виробництва електроенергії у країнах Європейського Союзу [6, с. 13]. 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. 26 – 73]. 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. 46 – 48]. 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.

Таблиця 1.

Ефективність використання вітрової енергії у провідних країнах світу та Україні у 2015 р. (розраховано на основі [5; 9; 10])

Країна	Споживання електроенергії, млрд кВт·год	Нова встановлена потужність у 2015 р., МВт	Загальна встановлена потужність, МВт	Ефективність використання, кВт·год/кВт	Частка використання встановленої потужності, %
Північна Америка	**225,4**	**10 814**	**89 154**	**2 691,3**	**30,7**
США	192,9	8 594	74 740	2 737,8	31,3
Канада	24,6	1 506	11 190	2 356,0	26,9
Мексика	7,9	714	3 224	2 771,9	31,6
Південна Америка	**32,0**	**3 652**	**13 049**	**2 847,8**	**32,5**
Аргентина	0,7	8	303	2 364,5	267,0
Бразилія	21,7	2 753	8 715	2 962,1	33,8
Європа	**325,5**	**15 706**	**148 508**	**2 314,4**	**26,4**
Австрія	5,1	323	2 395	2 283,6	26,1
Бельгія	5,6	270	2 230	2 673,0	30,5
Болгарія	1,5	0	660	2 272,7	25,9
Данія	14,3	154	4 932	2 945,4	33,6
Фінляндія	2,3	373	984	2 925,9	33,4
Франція	20,2	932	10 269	2 057,2	23,5
Німеччина	88,0	5 825	45 018	2 089,4	23,9
Греція	4,6	172	2 152	2 241,8	25,6
Угорщина	0,7	0	357	1 949,6	22,3
Ірландія	6,6	224	2 546	2 699,5	30,8
Італія	14,7	423	9 126	1 646,2	18,8
Іспанія	49,3	0	23 025	2 140,7	24,4
Нідерланди	7,5	546	3 422	2 379,3	27,2
Норвегія	2,5	18	859	2 958,8	33,8
Польща	10,8	1 265	5 150	2 390,7	27,3
Португалія	11,6	132	4 815	2 441,2	27,9
Румунія	7,0	23	2 985	2 369,2	27,0

Великобританія	40,4	1 204	14 191	2 976,1	34,0
Україна	1,0	16	426	2 451,6	28,0
Близький Схід	**0,4**	**117**	**274**	**1 787,5**	**20,4**
Африка	**7,5**	**636**	**3 514**	**2 338,7**	**26,7**
Азія та Тихоокеанський басейн	**250,5**	**33 993**	**180 650**	**1 530,6**	**17,5**
Австралія	10,7	380	4 436	2 518,4	28,7
Китай	185,1	30 500	145 109	1 425,4	16,3
Індія	41,4	2 623	25 088	1 741,4	19,9
Японія	5,4	244	3 084	1 822,6	20,8
Нова Зеландія	2,4	7	690	3 434,9	39,2
Пакистан	0,6	0	256	2 496,5	28,5
Філіппіни	0,6	0	216	2 971,3	33,9
Південна Корея	1,6	225	778	2 412,1	27,5
Тайвань	1,5	14	647	2 383,2	27,2
Тайланд	0,4	0	223	1 916,7	21,9
Світ у цілому	**841,28**	**152 654**	**435 149**	**2 344,4**	**26,8**

Для підвищення достовірності отриманих даних необхідно додаткову увагу звернути на нові потужності, які були введені протягом останнього року, оскільки зростання вітрової енергетики у 2015 р. становило 16,9 %, а по окремим країнам було значно вищим (Китай – 26,6 %, Польща – 32,6 %, Південна Корея – 40,7 %, Фінляндія – 61,1 %) [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 надасть 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.

За розрахованими показниками ефективності використання вітрової енергії серед регіонів світу лідером є Південна Америка (ефективність використання встановленої потужності становить 2 847,8 кВт·год/кВт та частка використання встановленої потужності складає 32,5 %). Другу позицію займає Північна Америка (2 691,3 кВт·год/кВт та 30,7 %), а на третій позиції Африка (2 338,7 кВт·год/кВт та 26,7 %). Далі позиції були наступні: 4-те місце – Європа (2 314,4 кВт·год/кВт та 26,4 %); 5-те місце – Близький Схід (1 787,5 кВт·год/кВт та 20,4 %); 6-те місце – Азія та Тихоокеанський басейн (1 530,6 кВт·год/кВт та 17,5 %) при середньосвітових показниках (2 344,4 кВт·год/кВт та 26,8 %). 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 Азія та Тихоокеанський басейн (загальна встановлена потужність вітроенергетики у 2015 р. становила 180 650 МВт), Європа (148 082 МВт) та Північна Америка (89 154 МВт). За темпами розвитку вітроенергетики протягом останніх п’яти років лідером була Азія та Тихоокеанський басейн (темпи розвитку вітроенергетики у 2015 р. становили 23,2 % до загальної встановленої потужності за підсумками 2014 р.). Темпи розвитку вітрової енергетики у Північній Америці у 2015 р. становили 13,8 %. Європейський вітроенергетичний ринок є найбільш насиченим серед усіх регіонів Світу, і це, останніми роками, призвело до сповільнення темпів розвитку вітроенергетики у цьому регіоні (у 2015 р. темпи розвитку становили 10,1 %).

Аналізуючи показники ефективності роботи вітроенергетики по окремим країнам слід зазначити, що серед першої п’ятірки лідерів присутні країни, які активно використовують офшорну вітроенергетику (Великобританія – 2-ге місце, 2 976,1 кВт·год/кВт та 34,0 %; Норвегія – 5-те місце, 2 958,8 кВт·год/кВт та 33,8 %), або знаходяться на початковому етапі розвитку вітроенергетики і мають можливість обирати ділянки з найкращим вітровим потенціалом (Нова Зеландія – 1-ше місце, 3 434,9 кВт·год/кВт та 39,2 %; Філіппіни – 3-є місце, 2 971,3 кВт·год/кВт та 33,9 %; Бразилія – 4-те місце, 2 962,1 кВт·год/кВт

та 33,8 %). 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 (2 737,8 кВт·год/кВт та 31,3 %). Друге місце посідає Німеччина (2 089,4 кВт·год/кВт та 23,9 %), а Китай займає лише третю позицію (1 425,4 кВт·год/кВт та 16,3 %). За ефективністю роботи власної вітроенергетики, серед країн, по яким наявна статистика, Китай 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 вітрової електростанції (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 (Великобританія, Норвегія, 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 вище зазначених це: Фінляндія (2 925,9 кВт·год/кВт та 33,4 %), Ірландія (2 699,5 кВт·год/кВт та 30,8 %), Бельгія (2 673,0 кВт·год/кВт та 30,5 %). Серед країн Східної Європи частку використання встановленої потужності вище 25 % мають лише Україна (2 451,6 кВт·год/кВт та 28,0 %), Польща (2 390,7 кВт·год/кВт та 27,3 %), Румунія (2 369,2 кВт·год/кВт та 27,0 %) та Болгарія (2 272,7 кВт·год/кВт та 25,9 %).

Ефективність роботи вітроенергетики України є найвищою серед країн Східної Європи наявних у рейтингу та навіть вищою за ефективність роботи вітроенергетики у Німеччині. Але ситуація у вітроенергетиці Німеччини та України 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 та обирати для них ділянки з високим вітровим потенціалом, що і зумовлює підвищення ефективності використання встановленої потужності протягом декількох останніх років. При подальшому оснащенні вітроенергетичних об’єктів сучасними зразками техніки та поступовій відмові від застарілого обладнання, ефективність роботи вітроенергетики України може продовжувати зростати, оскільки за сукупним вітровим потенціалом вона займає друге місце в Європі після Норвегії.

Висновки

Проаналізовано ефективність роботи вітроенергетики у провідних країнах світу та Україні. Серед регіонів світу найвища ефективність роботи вітроенергетики спостерігається у Південній Америці (2 847,8 кВт·год/кВт та 32,5 %). Серед окремих країн найбільш ефективно вітроенергетика використовується у Новій Зеландії (3 434,9 кВт·год/кВт та 39,2 %), Великобританії (2 976,1 кВт·год/кВт та 34,0 %) та Філіппінах (2 971,3 кВт·год/кВт та 33,9 %). Серед країн Європи вища ефективність роботи вітроенергетики характерна для країн Західної Європи. Україна має найвищі показники ефективності роботи власної вітроенергетики серед країн Східної Європи представлених у рейтингу, що зумовлено використанням сучасного обладнання та значним вітровим потенціалом. Вітроенергетика України має добрі перспективи для подальшого підвищення ефективності роботи за рахунок наявного вітрового потенціалу та у разі використання більш сучасних зразків техніки з більшою одиничною потужністю.

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. Мханюк. – 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 capacity statsstics 2017. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2017. – 60 p.

5. Wind Energy Around the World 2016. Stefan Gsänger, Jean-Daniel Pitteloud. The World Wind Energy Association (WWEA). – Boon. WWEA Head Office, 2016. – 54 p.

6. Wind in power. 2016 European statistics. Aloys Nghiem, Ariola Mbistrova. The European Wind Energy Association (EWEA). – Brussels. 2016. – 24 p.

7. Global wind report. Annual marketupdete 2015. Lauha Fried, Steve Sawyer, Shruti Shukla, Liming Qiao. Global Wind Energy Council (GWEC). – Brussels. GWEC Headquarters. 2016. – 76 p.

8. Key World Energy Statistics 2016. International Energy Agency (IEA). – Paris. OECD/IEA. 2017. – 80 p.

9. BP Statistical Review of World Energy 2016 [Electronic resource] : Website BP. – Access to resources : http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-workbook.xlsx.

10. Енергоспоживання на основі відновлювальних джерел за 2007 - 2015 роки [Електронний ресурс] : Сайт Державної служби статистики України. – Режим доступу до ресурсу: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/sg/ekolog /ukr/esp_vg_u.htm.

References.

1. Shydlovs'kyj, A. K. (2007), *Enerhoefektyvnist' ta vidnovliuval'ni dzherela enerhii* [Energy efficiency and renewable energy], Ukrains'ki entsyklopedychni znannia, Kyiv, Ukraine.

2. Onipko, O. F. Korobko, B. P. and Mykhaniuk, V. M. (2008), *Vitroenerhetyka ta enerhetychna stratehiia* [Wind power and energy strategy], UAN, Feniks, Kyiv, Ukraine.

3. Ukrainian Wind Energy Association. (2010), “Wind power engineering in Ukraine 2010”, available at: http://www.uwea.com.ua/files/Ukrainian_Wind_Energy_Sector_Review_2010_Rus.pdf (Accessed 15 May 2017).

4. Whiteman, A. Rinke, T. Esparrago, J, and Elsayed, S. (2017), *Renewable capacity statsstics*, IRENA Secretariat, Abu Dhabi, United Arab Emirates.

5. Gsänger, S. and Pitteloud, J. (2016), *Wind Energy Around the World*, The World Wind Energy Association Head Office, Boon, Germany.

6. Nghiem, A. and Mbistrova, A. (2016), *Wind in power 2016*, The European Wind Energy Association, Brussels, Belgium.

7. Fried, L. Sawyer, S. Shukla, S. and Qiao, L. (2016), *Global wind report. Annual marketupdete 2016*, Global Wind Energy Council, Brussels, Belgium.

8. Birol, F. (2017), *Key World Energy Statistics 2016*, Organisation for Economic Co-operation and Development. International Energy Agency, Paris, France.

9. BP Global. (2016), “BP Statistical Review of World Energy 2016”, available at: http://www.bp.com/content/dam/bp/excel /Energy-Economics/statistical-review-2016/bp-statistical-review-of-world-energy-2016-workbook.xlsx, (Accessed 15 May 2017).

10. State Statistics Service of Ukraine (2016), “Energy consumption from renewable sources by 2007 - 2015 years”, available at: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2016/sg/ekolog/ukr/esp_vg_u.htm (Accessed 15 May 2017).

Стаття надійшла до редакції 16.05.2017 р.

637 920 poligrafua
bigmir)net 798 564
ТОВ "ДКС Центр"
Вгору