С. В. Нараєвський,

к. е. н., доцент кафедри міжнародної економіки, Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", м. Київ
ORCID ID: 0000-0001-5527-893X

DOI: 10.32702/2306-6806.2019.5.33

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ТА ВІТРОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ НА СВІТОВОМУ РИНКУ

S. Naraievskyi,

PhD in Economics, Associate Professor of International Economics,
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF SOLAR AND WIND ENERGY WORK EFFICIENCY ON THE WORLD MARKET

У статті проведено порівняльний аналіз ефективності роботи сонячної та вітрової енергетики на світовому ринку. Зазначено, що найбільший обсяг інвестицій у альтернативну енергетику припадає на сонячну та вітрову енергетику. Також зазначено, що ці два види енергетичних технологій є лідерами за кількістю працюючих та мають найвищі темпи зростання нових потужностей серед усіх видів альтернативної енергетики. Вказано на необхідність, при аналізі розвитку будь-якого виду енергетики, основну увагу звертати, насамперед, на ефективність її роботи, а не лише на обсяги введених потужностей та темпи нарощування цих потужностей. Обґрунтовано, що при проведенні порівняльного аналізу ефективності роботи сонячної та вітрової енергетики доцільно розглянути ефективність використання встановлених потужностей, інвестованих коштів та задіяних працівників.

Порівняльний аналіз було проведено на основі статистичної інформації розміщеної у аналітичних звітах міжнародних організацій, що висвітлюють ситуацію на ринку альтернативної енергетики та енергоефективності. Результати порівняльного аналізу засвідчили перевагу вітрової енергетики над сонячною енергетикою у ефективності використання встановлених потужностей та обсягах виробленої електроенергії, що припадають на одного працюючого. Зазначено, що ця перевага обумовлена вищим коефіцієнтом використання встановленої потужності. Також за результатами порівняльного аналізу вітрова енергетика отримала перевагу у загальних обсягах встановлених потужностей і нових обсягах встановлених потужностей, що припадають на одного працівника, хоча розрив у показниках має тенденцію до скорочення. Зазначено, що ця перевага обумовлена більшим масштабом техніки і, відповідно, меншою кількістю ручної праці при її виробництві та встановленні.

Перевагами сонячної енергетики є менший рівень інвестицій на одиницю нової встановленої потужності та рівень інвестицій на одного працюючого. Це обумовлено більш динамічним розвитком сонячної енергетики протягом останнього часу і, як наслідок, зростанням масштабів виробництва. Також до значного здешевлення сонячних панелей призвело масове перенесення виробництва до країн Східної та Південно-Східної Азії.

Доведено доцільність комплексного розвитку вітрової та сонячної енергетики, враховуючи переваги та недоліки кожного з цих видів альтернативної енергетики, і поєднання їх з іншими видами енергетичного обладнання, для забезпечення стабільної роботи енергосистеми.

The article is conducted comparative analysis of solar and wind energy work efficiency on the World Market. It is noted that the largest amount of investments into alternative energy comes in solar and wind energy. It is also noted that these two types of energy technologies are the leaders in terms of the number of employees and have the highest pace of growth of new capacities among all types of alternative energy. It is indicated in the necessity, when analyzing the development of any kind of energy, to focus, first of all, on the efficiency of its work, and not only on the volume of installed capacities and the pace of increase of these capacities. It is substantiated that in the comparative analysis realization of solar and wind energy efficiency it is expedient to consider the efficiency of utilization of installed capacities, invested funds and involved workers.

The comparative analysis was conducted on the basis of statistical information provided in the analytical reports of international organizations elucidate the situation on the market of alternative energy and energy efficiency. The results of the comparative analysis showed the superiority of wind energy over solar energy in the efficiency of the use of installed capacity and volumes of electricity generated per worker. It is noted that this advantage is due to a higher utilization rate of installed capacity. The results of the comparative analysis according also, wind energy has gained preponderance in the total volume of installed capacities and new volumes of installed capacities per worker, although the gap in the indicators tends to be reduced. It is noted that this advantage is due to the machinery large scale and, accordingly, less manual labor in its production and installation.

The benefits of solar energy are lower investment per unit of new installed capacity and the level of investment per worker. This is due to the more dynamic development of solar energy in recent times and, as a consequence, an increase in the scale of production. Massive transfer of production to the countries of Eastern and Southeast Asia also has led to significant reduction in prices for solar panels.

The expediency of integrated development of wind and solar energy, taking into account the advantages and disadvantages of each of these types of alternative energy, and their combination with other types of power equipment, is proved to ensure the stable operation of the power grid.

Ключові слова: порівняльний аналіз, сонячна енергетика, вітрова енергетика, ефективність, встановлена потужність, інвестиції, працівники.

Key words: comparative analysis, solar energy, wind energy, efficiency, installed power, investment, workers.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Альтернативна енергетика протягом ХХІ ст. розвивається швидкими темпами суттєво випереджаючи традиційну енергетику. Провідними напрямками розвитку альтернативної енергетики, вже протягом тривалого часу, залишається сонячна енергетика (фотовольтаїка) та вітрова енергетика. Так, за підсумками 2017 р. на сонячну енергетику припадало 57,0 % (160,8 млрд дол.), а на вітрову енергетику — 38,0 % (107,2 млрд дол.) загальносвітової суми інвестованих коштів (279,8 млрд дол.) у різні напрями альтернативної енергетики. Тож лише ці два напрями альтернативної енергетики отримали 95,0% загальної суми інвестицій у альтернативну енергетику загалом [1, с. 144].

За чисельністю працюючих у різних напрямках альтернативної енергетики сонячна енергетика займає перше місце (3,38 млн осіб) у світі, а вітрова енергетика третє місце (1,15 млн осіб). На другій позиції знаходиться біоенергетика (3,06 млн осіб). Разом сонячна та вітрова енергетика забезпечують понад половину зайнятих (51,4%), що працюють у альтернативній енергетиці (8,8 млн осіб) [2, с. 5].

За темпами введення нових потужностей сонячна та вітрова енергетика суттєво випереджають інші види альтернативної енергетики та різні види технологій у традиційній енергетиці. Так, у 2017 році темпи зростання встановлених потужностей до попереднього року у сонячній енергетиці становили 32,0 %, а у вітровій енергетиці 10,1 % [3].

Враховуючи провідну роль цих напрямів альтернативної енергетики, у розвитку світової енергетики, на даному історичному етапі, доцільним є проведення порівняльного аналізу ефективності використання встановлених потужностей, інвестованих коштів та задіяних працівників. Це надасть змогу визначити наскільки доцільним та ефективним є розвиток кожного із цих двох вище зазначених напрямів альтернативної енергетики.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розвиток різних напрямів альтернативної енергетики аналізується у звітах міжнародних організацій. Найбільш ґрунтовним та детальним є щорічний звіт Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21). У ньому (Renewables 2018 Global Status Report)

аналізується загальна ситуація на ринку альтернативної енергетики, енергозбереження та транспорту; законодавчі зміни; тенденції у виробництві та збуті; розповсюдженість різних видів технологій альтернативної енергетики та можливості доступу до них у окремих регіонах планети; інвестиції за регіонами та технологіями; можливості інтеграції різних енергетичних технологій до енергетичної системи; енергоефективність; можливості підключення до енергетичної мережі [1]. На сайті International Renewable Energy Agency (IRENA) розміщується значний обсяг інформації з різних видів технологій альтернативної енергетики, нових видів транспорту, енергоефективності та ін. У звіті IRENA (Renewable Energy and Jobs 2018) аналізується ситуація на ринку зайнятості у відновлювальній енергетиці за період 2012—2017 рр. за окремими видами технологій та регіонами [2]. У іншому звіті IRENA (Renewable capacity statistics 2019) аналізуються обсяги введених потужностей за різними видами технологій по країнам і регіонам світу за період 2009—2018 рр. [4]. У статистичних звітах (Statistical Review of World Energy 2018) британської нафтової компанії BP наводиться детальна інформація про обсяги видобутку, споживання, експорту та імпорту традиційних енергетичних ресурсів (нафта, природний газ, вугілля); обсяги виробництва електроенергії у електроенергетиці, загалом, та у атомній енергетиці і гідроенергетиці, зокрема; встановлені потужності та обсяги виробництва електроенергії у альтернативній енергетиці (вітрова енергетика, сонячна енергетика, біоенергетика, інші види технологій); обсяги виробництва біопалива по окремим країнам та регіонам світу [3]. Українська асоціація відновлюваної енергетики на своєму сайті наводить інформацію про динаміку розвитку відновлювальної енергетики в Україні за період 2009—2018 рр. [5]. Ряд міжнародних організацій галузевого спрямування (Всесвітня вітроенергетична асоціація — The World Wind Energy Association (WWEA), Міжнародне товариство сонячної енергетики — International Solar Energy Society (ISES) та ін.) наводять різноманітну інформацію за окремими видами технологій альтернативної енергетики. Ця інформація, у переважній більшості, стосується обсягів введених потужностей та темпів розвитку певних напрямів енергетики, але у ній відсутній аналіз ефективності використання цих потужностей, що зумовлює актуальність цієї статті.

Таблиця 1. Вихідні дані для проведення порівняльного аналізу ефективності роботи вітрової та сонячної енергетики

Показники	Роки					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Вітрова енергетика						
Інвестиції, млрд дол.	80,3	80,1	99,5	109,6	112,5	107,2
Встановлена потужність, МВт	269853	303113	351618	417144	467698	514798
Нова встановлена потужність, МВт	47336	33260	48505	65526	50554	47100
Виробництво електроенергії, млрд кВт·год	523,8	645,7	712,4	831,8	959,5	1122,7
Кількість працюючих, тис. осіб	750	830	1030	1080	1160	1150
Сонячна енергетика						
Інвестиції, млрд дол.	140,4	113,7	149,6	161	113,5	160,8
Встановлена потужність, МВт	100677	137260	178090	226907	302782	399613
Нова встановлена потужність, МВт	29426	36583	40830	48817	75875	96831
Виробництво електроенергії, млрд кВт·год	100,9	139	197,7	260	328,2	442,6
Кількість працюючих, тис. осіб	1360	2270	2500	2770	3090	3370

Джерело: розраховано на основі [1, с. 139—147; 2, с. 5; 3].

Рис. 1. Використання встановленої потужності, кВт·год/кВт

Джерело: розраховано на основі [3].

МЕТА СТАТТІ

Мета статті провести порівняльний аналіз роботи вітрової та сонячної енергетики на світовому ринку. Завданнями статті є аналіз ефективності роботи вітрової та сонячної енергетики у динаміці за окремими напрямками: ефективність використання встановленої потужності, ефективність використання інвестованих коштів, ефективність роботи персоналу.

Методологічну основу дослідження становлять методи статистичного дослідження, порівняльного аналізу, факторного аналізу, графічний метод, логічне узагальнення.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На основі статистичної інформації розміщеної у вище зазначених звітах розрахуємо ефективність роботи вітрової та сонячної енергетики (фотовольтаїка) та проведемо їх порівняльний аналіз. У щорічному звіті Renewables 2018 Global Status Report (REN21) наводяться дані стосовно інвестованих коштів у різні види технологій альтернативної енергетики за період 2007—2017 рр. [1, с. 139—147]. Статистичний звіт Statistical Review of World Energy 2018 британської нафтової компанії BP [3] надає можливість отримати інформацію стосовно обсягів введених потужностей на кінець відповідного календарного року та обсягів виробництва електроенергії у вітровій та сонячній енергетиці. Відповідно, нову встановлену потужність за певний календарний рік можна розрахувати як різницю між встановленою потужністю на кінець цього календарного року і встановленою потужністю на кінець попереднього календарного року. Інформацію стосовно вітрової енергетики можна отримати за період 1985—2017 рр., а інформацію стосовно сонячної енергетики — за період 1988—2017 рр. Щорічний звіт Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2018 (IRENA) наводить інформацію стосовно чисельності працюючих у різних напрямках альтернативної енергетики за період 2012—2017 рр. [2, с. 5].

Вихідні дані для проведення порівняльного аналізу з цих трьох інформаційних джерел наведемо у таблиці 1. Період для аналізу візьмемо за 2012—2017 рр., оскільки інформація стосовно кількості працюючих за окремими напрямками альтернативної енергетики за більш ранній термін у відкритих джерелах відсутня.

На рисунку 1 наводиться порівняльний аналіз використання встановленої потужності у сонячній та вітровій енергетиці. Розрахунок проводився шляхом ділення обсягу виробленої електроенергії (кВт·год) на встановлену потужність (кВт). Враховуючи значні обсяги нових встановлених потужностей та відсутність інформації про терміни введення цих потужностей протягом календарного року, будемо вважати, що вони вводяться рівномірно. Таким чином встановлену потужність за конкретний календарний рік зменшимо на половину нової встановленої потужності за цей календарний рік. Максимальне значення розрахованого показника може бути 8760 кВт·год/кВт (24 год/добу перемножити на 365 днів/рік).

За результатами порівняльного аналізу ефективності використання встановлених потужностей у сонячній енергетиці змінювалася від 1 002,2 кВт·год/кВт у 2012 р. до 1 107,6 кВт·год/кВт у 2017 р. Найвищий показник був у 2015 р. на рівні 1 145,8 кВт·год/кВт. У вітровій енергетиці ефективність використання встановленої потужності змінювалася з 1 941,1 кВт·год/кВт у 2012 р. до 2 180,9 кВт·год/кВт у 2017 р., коли й було досягнутий найвищий рівень ефективності. Ефективність використання встановлених потужностей у вітровій енергетиці перевищує відповідні показники сонячної енергетики приблизно у 2 рази.

Ефективність використання встановлених потужностей у сонячній енергетиці залежить від інтенсивності сонячного випромінювання та ефективності роботи фотоелементів сонячної панелі. Перший фактор залежить від географічного розміщення сонячної електростанції, а другий від виду, якості та ціни обладнання. Наразі сонячні панелі, що виробляються у промислових масштабах, мають коефіцієнт ефективності перетворення сонячної енергії у електричну на рівні 10—25 %. У дослідних зразків цей показник наближається до 40—45 %. Також суттєвим є сезонний фактор. Узимку інтенсивність сонячного випромінювання зменшується у декілька разів порівняно з літніми місяцями. Поступовий перехід на сонячні панелі з вищим коефіцієнтом перетворення сонячної енергії у електричну має призводити до підвищення ефективності використання встановлених потужностей у сонячній енергетиці.

У вітровій енергетиці подальше підвищення ефективності використання встановлених потужностей пов'язано з більш інтенсивним розвитком офшорної вітро-

Рис. 2. Інвестиції на одиницю нової потужності, дол./кВт

Джерело: розраховано на основі [1, с. 139—147; 3].

енергетики (на морському шельфі) та переходу до використання техніки з більшою одиничною потужністю. Офшорна вітроенергетика має переваги, стосовно наземної, завдяки відсутності перешкод рельєфу та більш стабільних вітрових потоків, а перехід на більш потужні вітрові установки збільшує обсяги виробництва електроенергії на одиницю цієї потужності.

На рисунку 2 наводиться порівняльний аналіз розподілу інвестицій на одиницю нової встановленої потужності у солярній та вітровій енергетиці. Якщо припустити, що основна сума інвестицій спрямовується на придбання обладнання, його транспортування до місця призначення, встановлення, налагодження та запуск у роботу, можемо визначити, яка сума інвестованих коштів припадає на одиницю нової встановленої потужності.

Сума інвестованих коштів, що припадає на одиницю встановленої потужності у солярній енергетиці скорочувалася з 4 771,3 дол./кВт у 2012 р. до 1 660,6 дол./кВт у 2017 р. Найнижчим цей показник був у 2016 р. на рівні 1 495,9 дол./кВт. Загалом скорочення інвестицій на одиницю потужності у 2017 р. відносно 2012 р. становило 2,87 рази. Основною причиною є ефект масштабу спричинений зростанням обсягів виробництва солярних панелей і супутнього обладнання та побудови потужних солярних електростанцій. Так, загальна встановлена потужність світової солярної енергетики зросла з 100 677 МВт у 2012 р. до 399 613 МВт у 2017 р. у 3,97 рази. Потужність найбільших солярних електростанцій побудованих до 2012 р., включно, не перевищувала 200 МВт, а у наступні роки їх потужність суттєво зросла. Наразі найпотужнішою солярною електростанцією у світі є китайська Tengger Desert Solar Park, загальною встановленою потужністю 1 547 МВт збудована у 2016 р. Масове перенесення виробництва солярних панелей з країн Європи та США до Китаю та інших країн Східної та Південно-Східної Азії, а також субсидування китайським урядом виробництва солярних панелей у власній країні призвело до суттєвого зниження цін на цю продукцію.

У вітровій енергетиці, навпаки, інвестиції зросли з 1 696,4 дол./кВт у 2012 р. до 2 276,0 дол./кВт у 2017 р. Найвищий показник було зафіксовано у 2013 р. на рівні 2 408,3 МВт. Певне зростання вартості нових зразків техніки у вітровій енергетиці пов'язано з менш динамічним нарощуванням нових потужностей порівняно з солярною енергетикою і більш динамічним розвитком офшорної вітроенергетики. У офшорній вітроенергетиці собівартість обладнання на одиницю встановленої потужності є вищою (знаходиться в межах 1 890—4 258 дол./кВт) за наземну вітроенергетику (850–3 882 дол./кВт) [1, с. 123], але воно може забезпечити вищий відсоток використання встановленої потужності, про що зазначалося вище, при аналізі використання встановленої потужності (рис. 1).

На рисунку 3 наводиться порівняльний аналіз встановленої потужності на одного працівника у солярній

та вітровій енергетиці. Працівників, що задіяні у солярній та вітровій енергетиці можна розділити на три категорії. Перша категорія — це працівники підприємств, які виробляють енергетичне та супутнє обладнання. Друга категорія — це персонал, що займається будівництвом електростанцій (солярних та вітрових), встановленням обладнання, його налагодженням та запуском у роботу. Третя категорія — обслуговуючий персонал самих електростанцій після їх запуску у роботу.

Встановлена потужність у солярній енергетиці на одного працівника зросла з 74 кВт/особу у 2012 р. до 118,6 кВт/особу у 2017 р. Найнижчий показник було зафіксовано у 2013 р. на рівні 60,5 кВт/особу. У вітровій енергетиці встановлена потужність зросла з 359,8 кВт/особу у 2012 р. до 447,7 кВт/особу у 2017 р. Найнижчий показник було зафіксовано у 2014 р. на рівні 341,4 кВт/особу. За обсягом встановленої потужності, що припадає на одного працівника вітрова енергетика суттєво випереджає солярну енергетику, але розрив між ними поступово скорочується. У 2012 р. перевага вітрової енергетики становила 4,86 рази, а у 2017 р. 3,77 рази. Основною перевагою вітрової енергетики є більші масштаби техніки і менша кількість ручної праці, на одиницю потужності, при її виробництві та встановленні. Так, сучасний вітровий агрегат має середню одиничну потужність у країнах Європи у наземній вітроенергетиці в межах від 2 МВт (Греція та Литва) до 3,6 МВт (Норвегія), а у офшорній вітровій енергетиці від 5,0 МВт (Іспанія) до 7,7 МВт (Данія) [6, с. 20]. Одинична потужність солярних панелей знаходиться в межах 250—400 Вт, що передбачає виконання значно більшої кількості монтажних робіт при однаковій потужності для солярної та вітрової електростанції.

На рисунку 4 наводиться порівняльний аналіз нової встановленої потужності на одного працівника у солярній та вітровій енергетиці. Для більш об'єктивного аналізу, у цьому випадку, було б доцільним враховувати працівників, які зайняті у виробництві техніки та її встановленні і налагодженні, а працівників, що обслуговують техніку у процесі експлуатації не враховувати. Але через відсутність інформації про кількість працівників, що належать до кожної окремої групи цього досягти не вдається.

Нова встановлена потужність на одного працівника у солярній енергетиці зросла з 21,6 кВт/особу у 2012 р. до 28,7 кВт/особу у 2017 р. Найнижчий показник було зафіксовано у 2013 р. на рівні 16,1 кВт/особу. У вітровій енергетиці нова встановлена потужність на одного працівника скоротилася з 60,1 кВт/особу у 2012 р. до 41,0 кВт/особу у 2017 р. Найнижчий показник було зафіксовано у 2013 р. на рівні 40,1 кВт/особу, а найвищий — у 2015 р. на рівні 60,7 кВт/особу.

Основна перевага вітрової енергетики пов'язана з ефектом масштабу, як і у випадку з аналізом загальної встановленої потужності на одного працівника (рис. 3). Скорочення розриву між вітровою та соляр-

Рис. 3. Встановлена потужність на працівника, кВт/особу

Джерело: розраховано на основі [2, с. 5; 3].

Рис. 4. Нова встановлена потужність на працівника, кВт/особу

Джерело: розраховано на основі [2, с. 5; 3].

Рис. 5. Виробництво електроенергії на працівника, МВт·год/особу

Джерело: розраховано на основі [2, с. 5; 3].

ної енергетикою, насамперед зниження показників вітрової енергетики за період 2015—2017 рр., пов'язано зі сповільненням темпів розвитку вітрової енергетики порівняно з сонячною енергетикою. Так, у вітровій енергетиці за цей період зростання встановлених потужностей становило 33,0 %, а у сонячній — 124,4 % [3].

На рисунку 5 наводиться порівняльний аналіз обсягу виробленої електроенергії на одного працівника у сонячній та вітровій енергетиці. Доцільним було б розглянути лише працівників, що зайняті обслуговуванням обладнання, але про відсутність такої інформації вже зазначалося при аналізі рисунку 4.

Обсяг виробленої електроенергії у сонячній енергетиці на одного працюючого змінювався від 74,2 МВт·год/особу у 2012 р. до 131,3 МВт·год/особу у 2017 р. Найнижче значення цього показника було зафіксовано у 2013 р. на рівні 61,2 МВт·год/особу. Обсяг виробленої електроенергії у вітровій енергетиці зміню-

вався з 698,4 МВт·год/особу у 2012 р. до 976,3 МВт·год/особу у 2017 р.

Виробництво електроенергії на одного працюючого у вітровій енергетиці є суттєво вищим за сонячну енергетику, хоча розрив між ними скорочується. У 2012 р. ця перевага становила 9,41 рази, а у 2017 р. — 7,44 рази. Перевага вітрової енергетики пов'язана з вищими показниками використання встановленої потужності (зазначалося при аналізі рис. 1) та ефектом масштабу техніки (аналіз рис. 3). В подальшому розрив між вітровою та сонячною енергетикою, скоріш за все, буде продовжувати скорочуватися, оскільки ефективність роботи сонячних панелей має більшу перспективу до зростання, ніж покращення ефективності роботи нових вітрових установок.

На рисунку 6 наводиться порівняльний аналіз обсягу інвестованих коштів на одного працівника у сонячній та вітровій енергетиці. Обсяг інвестицій на одного працівника у сонячній енергетиці скорочувався з 103,2 тис. дол./особу у 2012 р. до 47,7 тис. дол./особу у 2017 р. Найнижче значення цього показника було зафіксовано у 2016 р. на рівні 36,7 тис. дол./особу. Обсяг інвестицій на одного працівника у вітровій енергетиці знизився зі 101,7 тис. дол./особу у 2012 р. до 93,2 тис. дол./особу у 2017 р.

Якщо у 2012 р. обсяг інвестованих коштів на одного працівника у сонячній та вітровій енергетиці фактично знаходився на одному рівні (показник сонячної енергетики перевищував показник вітрової енергетики на 1,47%), то у 2017 р. показник вітрової енергетики перевищував відповідний показник сонячної енергетики майже у два рази (1,95 рази). Основна причина, це зниження цін на сонячні панелі, про що вже зазначалося при аналізі інвестованих коштів на одиницю нової потужності (рис. 2).

Отже, за результатами аналізу слід зазначити, що вітрова енергетика порівняно із сонячною енергетикою забезпечує більше виробництво електроенергії на одиницю встановленої потужності (рис. 1) та одного працюючого (рис. 5), потребує меншої кількості працівників, оскільки має вищі показники встановленої потужності на одного працюючого (рис. 3) та нової встановленої потужності на одного працівника (рис. 4), але вона потребує більше інвестицій як на одиницю встановленої потужності (рис. 2), так і на одного працюючого (рис. 6). Враховуючи кліматичні фактори, зокрема, більш сильні вітрові потоки, але значно нижчу інтенсивність

Рис. 6. Інвестиції на працівника, тис. дол./особу

Джерело: розраховано на основі [1, с. 139—147; 2, с. 5].

сонячного випромінювання у зимовий період, порівняно з літнім періодом, а також нестабільність вітру та сонця, як джерела енергії, доцільним слід вважати комплексний розвиток енергетичної системи країни з ефективним поєднанням вітрової та сонячної енергетики з іншими видами традиційної та альтернативної енергетики.

ВИСНОВКИ

На основі аналітичних звітів Renewables 2018 Global Status Report (REN21), Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2018 та Renewable capacity statistics 2019 (IRENA), Statistical Review of World Energy 2018 (BP) проведено порівняльний аналіз роботи сонячної та вітрової енергетики на світовому ринку за період 2012—2017 рр. За результатами аналізу, вітрова енергетика забезпечує: вищий рівень ефективності використання встановленої потужності (2 180,9 кВт·год/кВт у 2017 р.) перевищуючи відповідний показник сонячної енергетики (1 107,6 кВт·год/кВт) майже двократно; вищий рівень встановленої потужності на працівника (вітрова енергетика — 447,7 кВт/особу, сонячна енергетика — 118,6 кВт/особу у 2017 р., перевищення у 3,77 рази); вищий рівень нової встановленої потужності на працівника (вітрова енергетика — 41 кВт/особу, сонячна енергетика — 28,7 кВт/особу у 2017 р., перевищення у 1,43 рази); вищий рівень виробленої електроенергії на працівника (вітрова енергетика — 976,3 МВт·год/особу, сонячна 131,3 МВт·год/особу у 2017 р., перевищення у 7,44 рази). Але слід зазначити, що розрив у показниках має тенденцію до поступового скорочення.

Результати аналізу засвідчили, що сонячна енергетика за досліджуваний період суттєво знизила рівень інвестицій на одиницю нової потужності та інвестицій на працівника. За підсумками 2017 р. рівень інвестицій на одиницю нової потужності у сонячній енергетиці становив 1 660,6 дол./кВт, а у вітровій енергетиці — 2 276,0 дол./кВт (показник сонячної енергетики становить 73,0 % від показника вітрової енергетики); рівень інвестицій на одного працюючого у сонячній енергетиці становив 47,7 тис. дол./особу, а у вітровій енергетиці — 93,2 тис. дол./особу (показник сонячної енергетики становить 51,2 % від показника вітрової енергетики).

Основні переваги вітрової енергетики зумовлені вищими показниками використання встановленої потужності та більшим масштабом техніки, що використовується. До основних переваг сонячної енергетики слід віднести вищі темпи розвитку за досліджуваний період, стрімке здешевлення вартості сонячних панелей, більш просте обслуговування обладнання за рахунок відсутності рухомих частин. Враховуючи переваги та недоліки кожного з досліджуваних видів енергетики доцільним слід вважати їх комплексний розвиток у поєднанні з іншими видами енергетичного обладнання для забезпечення стабільної роботи енергосистеми.

У подальших наукових дослідженнях доцільним буде розширення переліку технологій виробництва електроенергії для проведення порівняльного аналізу, але на заваді цьому стоїть брак інформації у відкритому доступі. Також перспективним є поєднання різних видів технологій виробництва електроенергії та прогнозування їх комплексної роботи. Особливо це актуально враховуючи поступове заміщення традиційних технологій виробництва електроенергії на альтернативні, які вважаються менш стабільними та прогнозованими.

Література:

1. Renewables 2018 Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21). — Paris: REN21 Renewables Academy. 2018. — 325 p.
2. Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2018. International Renewable Energy Agency (IRENA). — Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2018. — 28 p.
3. BP Statistical Review of World Energy 2018 [Electronic resource]: Website BP. — Access to resources: <http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2018/bp-statistical-review-of-world-energy-2018-workbook.xlsx>
4. Renewable capacity statistics 2019. Adrian Whiteman, Javier Esparrago, Sonia Rueda, Samah Elsayed. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). — Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2019. — 60 p.
5. Динаміка розвитку сектору відновлюваної енергетики [Електронний ресурс]: Сайт Української асоціації відновлюваної енергетики. — Доступ до ресурсу: <http://uare.com.ua/dinamika-rozvitku-sektoru.html>
6. Wind energy in Europe in 2018. Ivan Komusanac, Daniel Fraile, Guy Brindley. Wind Europe. — Brussels. 2019. — 32 p.

References:

1. REN 21 (2018). Renewables 2018 Global Status Report, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21), Paris, France.
2. IRENA (2019). Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2018, International Renewable Energy Agency (IRENA), Abu Dhabi, United Arab Emirates.
3. BP Global. (2018), "BP Statistical Review of World Energy 2018", available at: <http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-workbook.xlsx>, (Accessed 18 April 2019).
4. Whiteman, A. Esparrago, J. Rueda, S. and Elsayed, S. (2019), Renewable capacity statistics, IRENA Secretariat, Abu Dhabi, United Arab Emirates.
5. Ukrain'ska asotsiatsiia vidnovliuvai'noi enerhetyky (2019), "Dynamika rozvytku sektoru vidnovliuvanoi enerhetyky", available at: <http://uare.com.ua/dinamika-rozvitku-sektoru.html>, (Accessed 18 April 2019).
6. Komusanac, I. Fraile, D. and Brindley, G. (2019), Wind energy in Europe in 2018, Wind Europe, Brussels, Belgium.

Стаття надійшла до редакції 22.04.2019 р.