

Ефективність роботи гідроенергетики провідних країн світу

Нараєвський С.В.

кандидат економічних наук,
доцент кафедри міжнародної економіки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Проведено порівняльний аналіз ефективності роботи гідроенергетики у провідних країнах світу. Найвищу ефективність роботи гідроенергетики мають країни, у яких вона використовується у якості базової потужності. Додатковою складовою ефективності роботи гідроенергетики є наявність гідроакмулюючих потужностей. Україна відноситься до країн, що використовують гідроенергетику для балансу енергетичної системи. Визначено, що ефективність роботи гідроенергетики України порівнювана з великими країнами Європи.

Ключові слова: гідроенергетика, використання встановленої потужності, ефективність роботи гідроенергетики, гідроакмулюючі потужності, мала гідроенергетика.

Naraevskiy S.V. ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ ВЕДУЩИХ СТРАНАХ МИРА

Проведен сравнительный анализ эффективности работы гидроэнергетики в ведущих странах мира. Самую высокую эффективность работы гидроэнергетики имеют страны, в которых она используется в качестве базовой мощности. Дополнительной составляющей эффективности работы гидроэнергетики является наличие гидроаккумулирующих мощностей. Украина относится к странам, которые используют гидроэнергетику для баланса энергетической системы. Определено, что эффективность работы гидроэнергетики Украины сопоставима с крупными странами Европы.

Ключевые слова: гидроэнергетика, использование установленной мощности, эффективность работы гидроэнергетики, гидроаккумулирующие мощности, малая гидроэнергетика.

Naraievskiy S.V. HYDROPOWER EFFICIENCY WORLDWIDE BY LEADING COUNTRY

It has been performed a comparative analysis of hydropower worldwide by leading countries. The countries have the highest efficiency in hydropower, if it is used as base power. Hydro accumulator capacity is an additional component of the efficiency of hydropower. Ukraine applies to countries that use hydropower to balance the energy system. Ukraine's hydroelectric power on efficiency is comparable to that of big European countries.

Keywords: hydropower, installed capacity, the efficiency of hydropower, hydro accumulating power, small hydropower.

Постановка проблеми. Протягом ХХІ ст. відновлювана енергетика розвивалася динамічними темпами. Завдяки такому стрімкому розвитку, за підсумками 2017 р., різні напрями відновлюваної енергетики, у сукупності, забезпечили виробництво 24,5 % загальносвітових обсягів виробленої електроенергії. Не дивлячись на двозначні темпи зростання встановлених потужностей у вітровій та сонячній енергетиці, саме, гідроенергетика продовжує забезпечувати найбільшу частку виробленої електроенергії серед різних напрямів відновлюваної енергетики. У 2017 р. частка гідроенергетики у загальносвітовому виробництві електроенергії становила 16,6 %, вітрової енергетики – 4,0 %, біоенергетики – 2,0 %, сонячної енергетики (фотовольтаїка) – 1,5 % та 0,4 % припало на інші види відновлювальної енергетики [1, с. 9].

Водночас, основна увага у розвитку відновлювальної енергетики, загалом, та гідроенер-

гетики, зокрема, зосереджується на загальних обсягах введених потужностей, на нових введених потужностях за останній календарний рік та, у деяких джерелах, на обсягах виробленої електроенергії. Ефективності роботи гідроенергетики не надається достатньої уваги. Відсутнє порівняння, наскільки ефективно гідроенергетичні об'єкти експлуатуються у тому чи іншому регіоні (країні). Наразі, гідроенергетика забезпечує виробництво електроенергії з найнижчою собівартістю, порівняно з усіма іншими як традиційними, так і альтернативними технологіями; може виступати природним акумулятором енергії у вигляді накопиченої води у водосховищі для гідроелектростанції (ГЕС) чи у верхньому басейні гідроенергетичного комплексу для гідроакмулюючої електростанції (ГАЕС); є найкращим варіантом для регулювання добових і сезонних коливань навантаження на енерго-

систему. Тож, її ефективна робота надає можливість, у подальшому, забезпечити виробництво фактично будь-якої продукції з нижчою собівартістю та дозволяє досягати балансу енергосистеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проведено аналіз статистичної інформації, що наводиться у щорічних аналітичних звітах міжнародних організацій: Міжнародна гідроенергетична асоціація (International Hydropower Association (IHA)), Міжнародна агенція з відновлюваної енергії (International Renewable Energy Agency (IRENA)), Мережа по відновлювальним джерелам енергії у XXI ст. (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN 21)), Британська нафтова компанія BP.

Аналітичний звіт IHA [1], як найбільш профільної організації, цілком присвячуються розвитку гідроенергетики. У ньому детально аналізується ситуація у світі, загалом, та у окремих регіонах та країнах. Визначені 20 країн–лідерів світової гідроенергетики, на які, загалом, припадає близько 80 % загальної встановленої потужності світової гідроенергетики (1 015 ГВт з 1 267 ГВт). Основна частина звіту присвячена розвитку гідроенергетики у окремих регіонах: Північна і Центральна Америка [1, с. 49–56], Південна Америка [1, с. 57–64], Африка [1, с. 65–72], Європа [1, с. 73–80], Південна і Центральна Азія [1, с. 81–88], Східна Азія і басейн Тихого океану [1, с. 89–97]. Наприкінці звіту наводиться статистика за окремими країнами по загальній встановленій потужності гідроенергетики, гідроакмулюючим потужностям та обсягам виробленої електроенергії [1, с. 100–101].

Звіт IRENA [2] наводить статистичну інформацію стосовно обсягів встановлених потужностей та виробленої електроенергії [2, с. 22–27], а також поділяє її на малу гідроенергетику [2, с. 28–31], середню [2, с. 32–37] та велику [2, с. 38–43]. Інший аналітичний звіт IRENA аналізує лише обсяги встановленої потужності гідроенергетики на кінець відповідного року [3, с. 15–24]. Аналітичний звіт REN 21 аналізує обсяги введених потужностей у гідроенергетиці, нові введені потужності та частку шістки провідних країн у загальносвітових встановлених потужностях у гідроенергетиці [4, с. 57–60]. Британська нафтова компанія BP, у своєму щорічному звіті наводить обсяги спожитої електроенергії, що була вироблена у гідроенергетиці за окремими регіонами та країнами [5]. Тож, у жодному із зазначених аналітичних звітів, інформація про ефективність роботи гідроенергетики не наводиться.

В Україні з 2002 р. діє Всеукраїнська громадська організація «Асоціація «Укргідроенерго», яка на своєму сайті публікує новини стосовно ситуації у гідроенергетиці України, але статистичної інформації та аналітичних звітів вона не наводить [6].

Формування цілей статті. Метою статті є проведення порівняльного аналізу роботи гідроенергетики провідних країн світу. Завданнями статті є визначення основних чинників, що впливають на ефективність роботи гідроенергетики; виокремлення лідируючої групи країн та дослідження їхнього досвіду і можливості його використання у гідроенергетиці України.

Теоретична основа дослідження ґрунтується на методі порівняльного аналізу ефективності роботи гідроенергетики через відношення обсягів виробленої електроенергії до встановленої потужності. Методологічну основу складають дослідження природного потенціалу територій (рельєф та розгалужена річкова мережа), статистичне дослідження, порівняльний аналіз, логічне узагальнення.

Виклад основного матеріалу. Гідроенергетика продовжує забезпечувати найбільшу частку виробництва електроенергії (16,6 %) порівняно з іншими видами відновлювальної енергетики але поступається їм за темпами розвитку [1, с. 8]. Так, за період 2005–2015 рр. середньорічні темпи зростання виробництва електроенергії у гідроенергетиці становили 2,9 %, а у 2016 р. 2,8 %, у вітровій енергетиці – 23,0 % та 15,6 %, відповідно, у сонячній (фотовольтаїка) – 50,7 % та 29,6 %, у інших видах відновлювальної енергетики (геотермальна, біоенергетика та ін.) – 7,7 % та 4,4 % [5]. Тож, темпи розвитку гідроенергетики є невисокими, порівняно з вітровою чи сонячною енергетикою, але вони залишаються стабільними протягом тривалого часу. Вітрова та сонячна енергетика продовжують розвиватися більш динамічно, але темпи їхнього розвитку поступово сповільнюються.

Серед різних регіонів світу найвищі темпи розвитку демонструють країни Азії. Так, за період 2005–2015 рр. середньорічні темпи зростання виробництва електроенергії у гідроенергетиці країн Азії становили 8,0 %, а у 2016 р. 3,5 %. Серед країн Азії найвищі темпи розвитку гідроенергетики були у Китаї (за період 2005–2015 рр. – 10,9 %, у 2016 р. – 4,0 %), В'єтнамі (13,2 % та 5,7 %, відповідно), Малайзії (9,9 % та 19,5 %). Інші регіони світу суттєво поступалися Азії за темпами розвитку гідроенергетики. Так, у Північній Америці

за період 2005–2015 рр. середньорічні темпи зростання виробництва електроенергії у гідроенергетиці становили 0,05 %, а у 2016 р. 3,5 %, у Південній та Центральній Америці 0,8 % та 1,8%, відповідно, у Європі 0,7 % та 3,4 %, у Африці 2,9 % та мінус 4,3 % [5]. Така ситуація пов'язана з більш швидкими темпами розвитку економіки у країнах Азії протягом ХХІ ст. порівняно з іншими регіонами світу та зростанням потреби у електроенергії. Іншою причиною є вичерпання наявних можливостей до подальшого розвитку гідроенергетики, що стосується насамперед країн Західної Європи та, у деякій мірі, США.

Оскільки гідроенергетика забезпечує виробництво електроенергії з найнижчими витратами порівняно з іншими видами енергетичних технологій, є доцільним максимально ефективно використовувати наявні гідроенергетичні об'єкти. Проведемо порівняльний аналіз ефективності використання гідроенергетики у провідних країнах світу опрацювавши статистичну інформацію зі звітів ІНА [1] та ВР

[5]. Для проведення порівняльного аналізу співставимо обсяги виробленої електроенергії зі встановленою потужністю гідроенергетичних об'єктів (табл. 1).

Ефективність використання гідроенергетики характеризується обсягом виробленої електроенергії (кВт•год/рік) розділеної на встановлену потужність (кВт) гідроенергетичних об'єктів, що використовувалися для виробництва цієї електроенергії. Максимальне значення цього показника може становити 8 760 кВт•год/кВт (24 год/добу помножити на 365 днів/рік), але реальні результати значно нижчі. Серед 20 країн–лідерів, на які загалом припадає близько 80,0 % загальносвітової встановленої потужності гідроенергетики, найвищі показники за підсумками 2017 р. були у Канади (ефективність використання встановленої потужності 4 980,6 кВт•год/кВт, частка використання встановленої потужності 56,9 %), Колумбії (4 683,6 кВт•год/кВт, 53,5 %), Венесуели (4 683,3 кВт•год/кВт, 53,5 %), Норвегії (4 491,6 кВт•год/кВт, 51,3 %).

Таблиця 1

Ефективність роботи гідроенергетики провідних країн світу та України

Країна	Частка гідроенергетики у загальному виробництві електроенергії, %	Виробництво електроенергії у 2017 р., млрд кВт•год	Загальна встановлена потужність на кінець 2017 р., МВт	Ефективність використання, кВт•год/кВт	Частка використання встановленої потужності, %
Китай	18,9	1 194,50	341 190	3 501,0	40,0
США	6,0	322,39	102 867	3 134,0	35,8
Бразилія	66,1	401,06	100 273	3 999,7	45,7
Канада	61,3	403,35	80 985	4 980,6	56,9
Японія	8,0	92,55	49 905	1 854,5	21,2
Індія	9,2	135,54	49 382	2 744,7	31,3
Росія	17,2	178,90	48 450	3 692,5	42,2
Норвегія	95,9	143,00	31 837	4 491,6	51,3
Туреччина	24,6	59,19	27 273	2 170,3	24,8
Франція	10,8	53,24	25 517	2 086,5	23,8
Італія	14,3	37,53	21 884	1 715,0	19,6
Іспанія	13,0	20,57	20 343	1 011,2	11,5
Швейцарія	51,9	36,67	16 922	2 167,0	24,7
В'єтнам	34,4	59,90	16 679	3 591,3	41,0
Швеція	40,3	63,86	16 466	3 878,3	44,3
Венесуела	52,9	72,09	15 393	4 683,3	53,5
Австрія	58,7	38,05	14 030	2 712,0	31,0
Мексика	9,5	29,83	12 125	2 460,2	28,1
Іран	4,5	16,44	11 811	1 391,9	15,9
Колумбія	59,9	54,92	11 726	4 683,6	53,5
Україна	4,4	12,01	6 785	1 770,1	20,2

Джерело: розраховано на основі [1, с. 100 – 101; 5]

У кожній з цих країн гідроенергетика є базовою потужністю забезпечуючи понад 50,0 % загальних обсягів виробництва електроенергії. Так, у Норвегії гідроенергетика забезпечує 95,9 % загального виробництва електроенергії, у Канаді – 61,3 %, у Колумбії – 59,9 %, у Венесуелі – 52,9 %.

Серед країн Європи окремо слід виділити Австрію та Швейцарію. У обох країнах гідроенергетика забезпечує понад половину загального виробництва електроенергії: Австрія – 58,7 %, Швейцарія – 51,9 %. Поряд з тим, частка використання встановленої потужності є невисокою відносно першої групи країн: Австрія (2 712,0 кВт•год/кВт, 31,0 %), Швейцарія (2 167,0 кВт•год/кВт, 24,7 %). Це гірські країни, у яких випадає достатня кількість опадів та збудовані гідроенергетичні об'єкти переважно середньої та малої потужності. Наразі, у обох країнах проводяться заходи з модернізації енергетики та підвищення ефективності її роботи завдяки більш сучасному обладнанню.

Іншу групу становлять країни, у яких гідроенергетика використовується для балансу енергетичної системи, тобто для подолання пікових добових та сезонним коливань у електромережі. Насамперед, до цієї групи слід віднести країни Європи (Франція (2 086,5 кВт•год/кВт, 23,8 %), Італія (1 715,0 кВт•год/кВт, 19,6 %), Іспанія (1 011,2 кВт•год/кВт, 11,5, %) та Японію (1 854,5 кВт•год/кВт, 21,2 %). Україну як за напрямом роботи гідроенергетики (баланс енергосистеми), так і за ефективністю (1 770,1 кВт•год/кВт, 20,2 %) також слід віднести до цієї групи країн.

У великих за площею території країнах (Росія, Китай, США, Бразилія, Індія) частка гідроенергетики у загальних обсягах виробництва електроенергії змінюється від 6,0 % у США до 66,1% у Бразилії. Хоча в межах кожної з цих країн можуть бути суттєві відмінності, що залежать від рельєфу місцевості, наявності річок, можливості використання їхніх гідроенергетичних ресурсів та інших факторів. Так, місто Сіетл зі США отримує від гідроенергетики 89,0 % електроенергії, що майже у п'ятнадцять разів вище за середня значення для цієї країни [1, с. 53]. Ефективність використання гідроенергетики та частка використання встановленої потужності у цих країнах змінюється від Індії (2 744,7 кВт•год/кВт, 31,3 %), яка має найнижче значення цих показників, до Бразилії (3 999,7 кВт•год/кВт, 45,7 %), у якої ці показники найвищі.

Серед двадцятки лідерів світової гідроенергетики, залишилося ще три країни Азії

(В'єтнам, Туреччина, Іран) та Швеція, ситуація у яких відрізняється від вищезазначених груп країн. Найвищу частку електроенергії, що виробляється у гідроенергетиці мають Швеція (40,3 %) та В'єтнам (34,4 %). Ці ж країни мають вищу ефективність використання гідроенергетики та коефіцієнт використання встановленої потужності: Швеція (3 878,3 кВт•год/кВт, 44,3 %), В'єтнам (3 591,3 кВт•год/кВт, 41,0 %). Туреччина за рахунок гідроенергетики забезпечує майже одну четверту (24,6 %) виробництва електроенергії, а також має середні значення ефективності роботи гідроенергетики та коефіцієнта використання встановленої потужності (2 170,3 кВт•год/кВт, 24,8 %). Економіка Ірану ґрунтується на використанні нафти та природного газу, а гідроенергетика є лише невеликим доповненням. Так, частка електроенергії, що виробляється об'єктами гідроенергетики складає 4,5 %, а ефективність роботи гідроенергетики та коефіцієнт використання встановленої потужності (1 391,9 кВт•год/кВт, 15,9 %) перевищує лише показники Іспанії.

Додатковою складовою ефективності роботи гідроенергетики, у країнах, де гідроенергетика здійснює регулюючу роль у роботі енергосистеми, є наявність гідроакмулюючих потужностей (табл. 2). Більш вагому частку гідроакмулюючих потужностей у загальній встановленій потужності гідроенергетики мають країни Європи (Австрія – 37,1 %, Італія – 34,5 %, Франція – 24,7 %, Швейцарія – 18,1 %, Іспанія – 16,4 %), США – 22,2 % та особливо Японію – 55,4 %.

Країни, що розвиваються та країни у яких гідроенергетики є базовою потужністю мають незначну частку гідроакмулюючих потужностей (Бразилія – 0,03 %, Канада – 0,2 %), або ж такі потужності зовсім відсутні (Туреччина, В'єтнам, Венесуела, Мексика, Колумбія).

В Україні частка гідроакмулюючих потужностей складає 19,4 % у загальній потужності гідроенергетики, а після добудови Дністровської ГАЕС має суттєво зрости. Тож, порівнюючи ефективність роботи гідроенергетики України з великими країнами Західної Європи (Франція, Іспанія) слід зазначити невелике відставання від Франції, але випередження Іспанії. Подальше підвищення ефективності роботи гідроенергетики України слід здійснювати завдяки розвитку малої гідроенергетики використовуючи сучасні зразки технологічного обладнання та більше уваги приділяти розбудові гідроакмулюючих потужностей. Розвиток малої гідроенергетики може забезпечити

Встановлена потужність гідроенергетики та гідроакумулююча потужність провідних країн світу та України

Країна	Загальна встановлена потужність на кінець 2017 р., МВт	Гідроакумулююча потужність на кінець 2017 р., МВт	Частка гідроакумулюючої потужності у загальній встановленій потужності гідроенергетики, %
Китай	341 190	28 490	8,4
США	102 867	22 809	22,2
Бразилія	100 273	30	0,03
Канада	80 985	177	0,2
Японія	49 905	27 637	55,4
Індія	49 382	4 786	9,7
Росія	48 450	1 385	2,9
Норвегія	31 837	1 392	4,4
Туреччина	27 273	0	0
Франція	25 517	6 985	27,4
Італія	21 884	7 555	34,5
Іспанія	20 343	3 329	16,4
Швейцарія	16 922	3 057	18,1
В'єтнам	16 679	0	0
Швеція	16 466	99	0,6
Венесуела	15 393	0	0
Австрія	14 030	5 212	37,1
Мексика	12 125	0	0
Іран	11 811	1 040	8,8
Колумбія	11 726	0	0
Україна	6 785	1 315	19,4

Джерело: розраховано на основі [1, с. 100–101]

подвоєння обсягів встановлених потужностей та виробництва електроенергії у гідроенергетиці України. Для розвитку гідроакумулюючих потужностей слід використати вже наявні водосховища у басейні річки Дніпро та завершити будівництво Дністровської ГАЕС.

Висновки із цього дослідження. Проведено порівняльний аналіз ефективності роботи гідроенергетики у провідних країнах світу. Найвищу ефективність роботи мають країни, у яких гідроенергетика використовується у якості базової потужності: Канада (ефективність використання встановленої потужності 4 980,6 кВт•год/кВт, частка використання встановленої потужності 56,9 %), Колумбія (4 683,6 кВт•год/кВт, 53,5 %), Венесуела (4 683,3 кВт•год/кВт, 53,5 %), Норвегія (4 491,6 кВт•год/кВт, 51,3 %).

Україну (1 770,1 кВт•год/кВт, 20,2 %) слід віднести до країн, що використовують гідроенергетику для балансу енергетичної системи та, яка має порівняні показники ефективності роботи з відповідними країнами Європи: Франція (2 086,5 кВт•год/кВт, 23,8 %),

Італія (1 715,0 кВт•год/кВт, 19,6 %), Іспанія (1 011,2 кВт•год/кВт, 11,5, %). Додатковою складовою ефективності роботи гідроенергетики, у країнах де вона здійснює регулюючу роль, є наявність гідроакумулюючих потужностей. За їх часткою Україна (19,4 %) займає проміжне положення між Францією (24,7 %) та Іспанією (16,4 %). Подальший розвиток гідроенергетики України доцільно проводити завдяки розбудові малої гідроенергетики та нарощування встановлених гідроакумулюючих потужностей.

Подальші наукові дослідження слід розділити на окремі напрями, зокрема, розвиток великої гідроенергетики та малої гідроенергетики, а також розбудова гідроакумулюючих потужностей. У розвитку малої гідроенергетики доцільно дослідити досвід Австрії та Швейцарії, що досягли одного з найвищих рівнів розвитку цього напрямку гідроенергетики, а у розбудові гідроакумулюючих потужностей – Японії як єдиної країни, у якій потужності ГАЕС, становлять понад половину загальних потужностей гідроенергетики.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Hydropower Status Report 2018. International Hydropower Association (IHA). – London. IHA Central Office, 2018. 104 p.
2. Renewable energy statistics 2017. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2017. 348 p.
3. Renewable capacity statistics 2017. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2017. 60 p.
4. Renewable 2017. Global Status Report. REN 21. – Paris. REN 21. Secretariat, 2017. 302 p.
5. BP Statistical Review of World Energy 2017 [Electronic resource] : Website BP. URL: <http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-workbook.xlsx>.
6. Всеукраїнська громадська організація «Асоціація «Укргідроенерго». Новини [Електронний ресурс] : Сайт Всеукраїнської громадської організації «Асоціація «Укргідроенерго». URL: <http://www.ukrhydroenergo.org/>.

REFERENCES:

1. Hydropower Status Report 2018. International Hydropower Association (IHA). – London. IHA Central Office, 2018. 104 p.
2. Renewable energy statistics 2017. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2017. 348 p.
3. Renewable capacity statistics 2017. IRENA Secretariat. International Renewable Energy Agency (IRENA). – Abu Dhabi. IRENA Secretariat, 2017. 60 p.
4. Renewable 2017. Global Status Report. REN 21. – Paris. REN 21. Secretariat, 2017. 302 p.
5. BP Statistical Review of World Energy 2017 [Electronic resource] : Website BP. URL: <http://www.bp.com/content/dam/bp/excel/Energy-Economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-workbook.xlsx>.
6. Vseukrainska hromadska orhanizatsiia «Asotsiatsiia «Ukrhydroenerho». Novyny [All-Ukrainian Public Organization "Association "Ukrhydroenergo". News]. [Electronic resource] : Website All-Ukrainian Public Organization "Association "Ukrhydroenergo". URL: <http://www.ukrhydroenergo.org/>.