

ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ ТА КОМПЛЕКСИ

ENERGY SYSTEMS AND COMPLEXES

УДК 621.311

DOI 10.20535/1813-5420.3.2023.289709

В.А. Степаненко¹, аспірант, ORCID 0000-0001-6176-589X
А.І. Замулко¹, канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0001-8018-6332
¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІЗМИ ДЕРЖАВНОГО СТИМУЛЮВАННЯ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Робота присвячена аналізу напрямів стимулювання розвитку та залучення інвестицій у сферу відновлювальної енергетики України. Наразі будівництво установок ВДЕ відбувається за рахунок "зеленого" тарифу та виключно з позиції комерційної привабливості, без врахування технічних параметрів мережі, а подальше неконтрольоване зростання їх потужностей створює ризики для нормального функціонування енергосистеми країни. Пріоритетність такого тарифного регулювання, яке фактично започаткувало еру інтенсивного розвитку відновлюваної енергетики, вичерпало свій потенціал та потребує заміни на інші механізми державного регулювання.

Механізми стимулювання повинні реалізуватися в ринковий спосіб без втручання в господарську діяльність суб'єктів та з максимальною користю для енергосистеми. До цих механізмів можна віднести аукціони з розподілу квот підтримки та з продажу електроенергії з ВДЕ; прямі договори купівлі-продажу енергії; контракти на різницю; «зелені» надбавки; надання послуг балансування та допоміжних послуг.

Кожний з перерахованих механізмів має свою складову впливу на контрольований та стабільний розвиток відновлюваної енергетики. Тому необхідно використати поєднання цих механізмів стимулювання, яке можливо коригувати відповідно до поточного стану в енергосистемі в будь-який довготривалий момент часу.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, аукціони з розподілу квот підтримки, аукціони з продажу електроенергії, прямі договори купівлі-продажу енергії, контракти на різницю.

Вступ

Стимулювання розвитку відновлюваної енергетики є одним з пріоритетних напрямів державної політики України у сфері електроенергетики. Відповідно до Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність", схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України (КМУ) від 18 серпня 2017 р. № 605-р, частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у структурі загального первинного постачання енергії має становити щонайменше 25% [1]. Але під час виступу на *Berlin Energy Transition Dialogue 2023*, Міністр енергетики України Герман Галущенко наголосив на тому, що держава має посилити розвиток відновлюваної енергетики та прискорити енергетичний перехід у зв'язку з пошкодженням об'єктів теплової генерації та мереж систем передачі/розподілу [2]. Розвиток ВДЕ відповідатиме міжнародним стандартам, принципам та практикам ЄС, а також задовольнятиме потреби суспільства та національної економіки в паливно-енергетичних ресурсах у економічно ефективний, технічно надійний, екологічний та безпечний спосіб, гарантуватиме енергетичну безпеку як в мирний час, так і в умовах надзвичайних ситуацій.

Потужність ВДЕ в Україні станом на 31 грудня 2021 року досягла вже 9 656 МВт [3]. Проте, якщо глянути на динаміку росту встановленої потужності об'єктів ВДЕ за 2018-2021 роки (рис. 1), то активний темп розвитку спостерігається лише за рахунок промислових та домашніх сонячних електростанцій (СЕС).

Нерівномірний розвиток пояснюється тим, що на даний момент будівництво установок чистої генерації енергії здійснюється виключно з позиції комерційної привабливості, а не з позиції економічного розвитку країни, екологічності чи інтересів споживача. Стрімкий розвиток "зеленої" енергетики відбувається без урахування реальних потреб енергетичної системи України у додаткових генеруючих потужностях, що може призвести до дестабілізації функціонування енергосистеми країни й можливості аварійних ситуацій. Також неконтрольоване зростання ВДЕ призводить до таких проблем, як необхідність збільшення маневрової потужності, погіршення якості електричної енергії, виникнення необхідності модернізації ліній, виникнення вищих гармонік, перетікання реактивної потужності [4].

Також наразі всі власники ВДЕ віддають електричну енергію в мережу на основі договорів купівлі-продажу за "зеленим" тарифом, що укладені з ДП "Гарантований покупець", та є членами його

балансуючої групи. Тобто ДП "Гарантований покупець" відповідає за баланс для таких виробників та повинен викупляти усю відпущену електричну енергію. Але в межах цієї балансуючої групи виникає неможливість ефективного реагування на режими роботи енергосистеми та цінові сигнали ринку, що ускладнює взаємовигідну співпрацю між оператором системи передачі та виробниками електроенергії з ВДЕ з точки зору балансування енергосистеми. Ситуація навіть дійшла до того, що ПрАТ «НЕК «Укренерго» довелося впроваджувати Систему керування обмеженнями ВДЕ, незважаючи на зобов'язання компенсації власникам ВДЕ вартості невикористаної енергії у повному обсязі. Якщо за 2020 р. обсяг обмеженої електроенергії становив 14,7 ГВт, то за 2021р. це значення збільшилося майже в 7 разів та становило 101 ГВт [5].

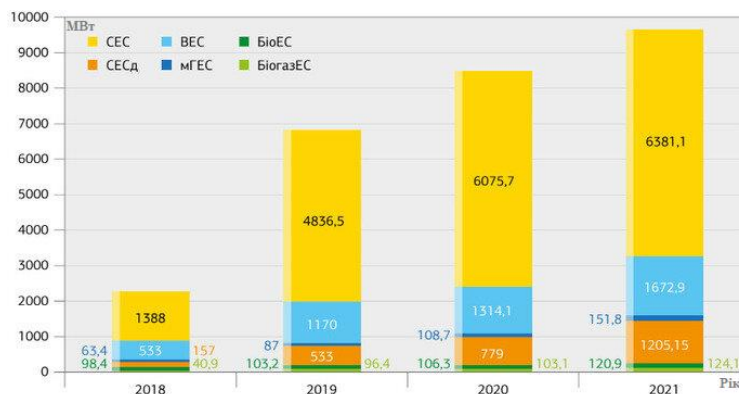


Рисунок 1 – Динаміка росту встановленої потужності об'єктів ВДЕ [3]

Для вирішення описаних вище проблем необхідна розробка нового та зміна існуючого нормативно-правового забезпечення (законодавчих та підзаконних актів, галузевих норм, які регламентують діяльність в енергетичній сфері тощо), що дозволить стимулювати розвиток відновлюваної енергетики, інноваційних технологій цієї галузі та їх впровадження в життя.

Мета та завдання

Метою статті є аналіз напрямів стимулювання розвитку та залучення інвестицій у сферу відновлювальної енергетики України. Завданнями статті є дослідження можливих механізмів державного стимулювання розвитку відновлюваної енергетики та можливості їх застосування для енергетичної сфери України.

Матеріал і результати досліджень

Для енергетики в період відновлення принциповим буде питання розвитку ВДЕ, при якому ці джерела будуть інтегровані до системи без негативного впливу на неї та з максимальною користю. Проблеми, що пов'язані з цим розвитком, можна розділити на такі групи, як: формування механізмів, що будуть забезпечувати контрольований, ефективний розвиток (державне стимулювання); та питання технічного приєднання (схеми, моделювання параметрів системи в точці приєднання, прогнозування наслідків).

Державне стимулювання розвитку відновлюваної енергетики полягає в наданні підтримки та заохоченні розвитку технологій та проектів, які використовують ВДЕ. Це може бути досягнуто різними способами, включаючи фінансову підтримку, податкові пільги, законодавчі стимули, регулювання ринку, а також надання права на продаж виробленої відновлювальної енергії за підтримки від держави. При цьому механізми державного стимулювання мають відповідати основним принципам державної регуляторної політики України, а саме бути [6]:

-адекватними (форма та рівень державного стимулювання мають відповідати потребі у вирішенні проблеми та ринковим вимогам з урахуванням всіх можливих альтернатив);

-ефективними (дія нормативно-правових актів має забезпечувати досягнення максимально можливих позитивних результатів за мінімально необхідних витрат ресурсів суб'єктів господарювання, громадян та держави);

-збалансованими (стимулююча діяльність повинна забезпечувати баланс інтересів суб'єктів господарювання, громадян та держави);

-передбачуваними (стимулююча діяльність має бути послідовною, відповідною цілям державної політики та планам, в тому числі планам з підготовки проектів регуляторних актів, що дозволяє суб'єктам господарювання здійснювати планування своєї діяльності);

-прозорими та відкритими для громадської думки (регуляторні органи повинні бути відкритими для фізичних та юридичних осіб, їх об'єднань на всіх етапах стимулюючої діяльності та проводити інформування громадськості).

Наразі в різних країнах застосовується широкий спектр стратегій. Проте, який з різних інструментів є найбільш ефективним та дієвим для збільшення частки ВДЕ, все ще залишається темою досліджень, оскільки кожний механізм має свій ряд переваг та недоліків, а також специфіку застосування. Спільним для механізмів стимулювання є те, що вони повинні реалізуватися в ринковий спосіб без втручання в господарську діяльність суб'єктів та з максимальною користю для енергосистеми. Але при цьому держава стикається з такими проблемами та викликами, як:

1. Питання вартісних показників електричної енергії з різних ВДЕ. Різна собівартість електроенергії при простому державному стимулюванні (наприклад, однакового грошового винагородження для різномісних джерел) спричинить нерівномірний розвиток ВДЕ як по самих видах, так і по територіальній насиченості потужностями.

2. Стохастичний характер виробництва електричної енергії з сонячних та вітрових електростанцій. Рух у напрямку збільшення частки цих джерел створює загрозу для ефективного управління розподільною мережею та її належному функціонуванню, тому держава має впроваджувати інструментарій для забезпечення надійності та стабільності енергосистеми.

3. Постійний технічний розвиток енергетичного обладнання, за рахунок якого змінюються та збільшуються варіанти взаємодії електричної мережі та виробників енергії з ВДЕ (наприклад, залучення останніх до надання послуг балансування та допоміжних послуг на ринку електричної енергії).

Запровадження "зеленого" тарифу як економічного стимулу розвитку відновлюваної енергетики став відправною точкою для розвитку альтернативної генерації в різних країнах світу. В Україні цей засіб стимулювання був прийнятий Законом України "Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення "зеленого" тарифу" від 25.09.2008 р. № 601-VI та забезпечував придбання електроенергії від таких джерел, як: малі гідроелектростанції (встановленою потужністю до 10 МВт); вітрові та сонячні електростанції; електростанції, що використовують біомасу як паливо [7].

Важливо розуміти, що основна функція "зелених" тарифів полягає у покритті капітальних інвестицій інвесторів ВДЕ, тобто вони повинні враховувати фактичні витрати на будівництво проєктів ВДЕ. Якщо глянути на питомі капітальні витрати на виробництво електричної енергії з ВДЕ (рис. 2), то можна спостерігати збільшення витрат на виробництво електричної енергії з гідро- та геотермальних станцій, незначне зменшення з біостанцій та значне скорочення витрат з сонячних та вітрових станцій.

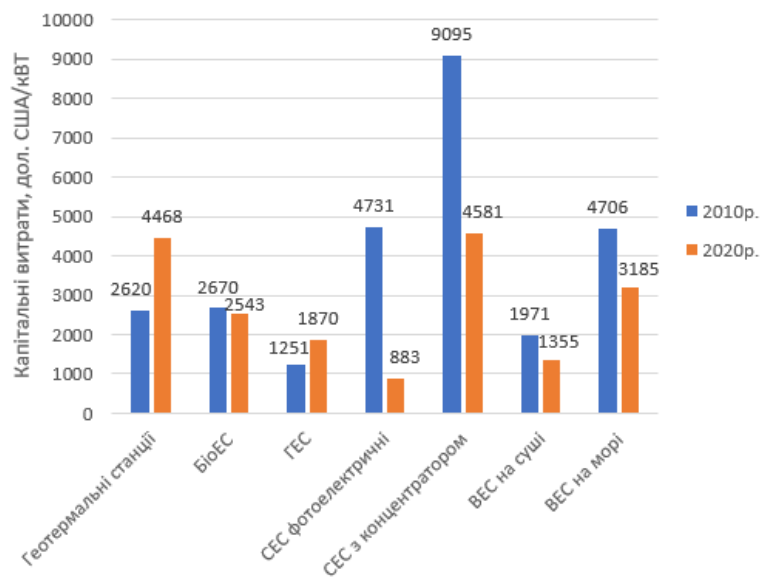


Рисунок 2 – Питомі капітальні витрати на виробництво відновлюваної електричної енергії у світі за 2010р. та 2020р. [8]

Проте в Україні "зелений" тариф залишається одним з найвищих не лише в Європі, а й у світі: до 2030 року вони фіксуються на рівні 10—15 євро-центів за 1 кВт год, що втричі більше від країн ЄС. Тому будівництво установок ВДЕ відбувається виключно з позиції комерційної привабливості, без врахування технічних параметрів мережі, а подальше неконтрольоване зростання їх потужностей створює ризики для нормального функціонування енергосистеми країни. Пріоритетність такого тарифного регулювання, яке фактично започаткувало еру інтенсивного розвитку відновлюваної енергетики, вичерпало свій потенціал та потребує заміни на інші механізми державного регулювання.

Аукціони з розподілу квот підтримки

Тому з метою стимулювання розвитку ВДЕ з урахуванням ринкових механізмів ціноутворення та потреб енергосистеми Верховна Рада ухвалила Закон України від 25.04.2019 р. № 2712-VIII "Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії", в якому впровадила аукціон з розподілу квоти підтримки. Відповідно до цього Закону, для набуття права на підтримку в аукціонах зобов'язані брати участь об'єкти, що виробляють електричну енергію з енергії вітру (крім об'єктів з трьома вітротурбінами незалежно від встановленої потужності таких вітротурбін) більше 5 МВт та об'єкти, що виробляють електричну енергію з енергії сонця більше 1 МВт. Інші виробники електричної енергії з альтернативних джерел енергії можуть брати участь в аукціонах на добровільних засадах [9].

Державне підприємство "Прозорро.Продажі" відповідає за підтримку ефективної роботи електронної системи проведення аукціонів. Спочатку ДП "Гарантований покупець" встановлює квоту на підтримку певного виду альтернативної енергії, а також визначає дату, час та термін подачі заявок на участь в аукціоні. Виробники електроенергії, які бажають взяти участь, повинні подати заявку та кваліфікаційні документи, в яких зазначається їх цінова пропозиція та потужність. Аукціон проводиться виключно в електронній системі "Прозорро.Продажі" в зазначений день та час. Учасники мають можливість ознайомитися з інформацією про аукціон протягом 10 хвилин з моменту його активації та зменшити свою цінову пропозицію, але потужність не можна змінювати. Учасники, які запропонували найменші цінові пропозиції у межах квоти відповідної технології відновлюваної енергетики, визнаються переможцями аукціону на заявлену ними величину потужності.

В грудні 2020 року Міністерство енергетики України представило обсяги та параметри річної квоти підтримки, графік проведення аукціонів на 2021 рік, а також індикативні прогностичні показники річних квот підтримки на 2022-2025 роки (рис. 3). Але проблемою таких аукціонів є складність розрахунку необхідної потужності та визначення місць для їх встановлення. Наразі відсутні публічно доступні розрахунки, що показують вплив об'ємів квот на технічний та фінансовий стан енергетичного ринку. Міненерго взяло за основу пропозиції Держенергоефективності, але Оператор системи передачі пропонував взагалі не проводити аукціони для сонячних та вітрових електростанцій у найближчі 2 роки. Це аргументувалося проблемами з балансуванням енергомережі.

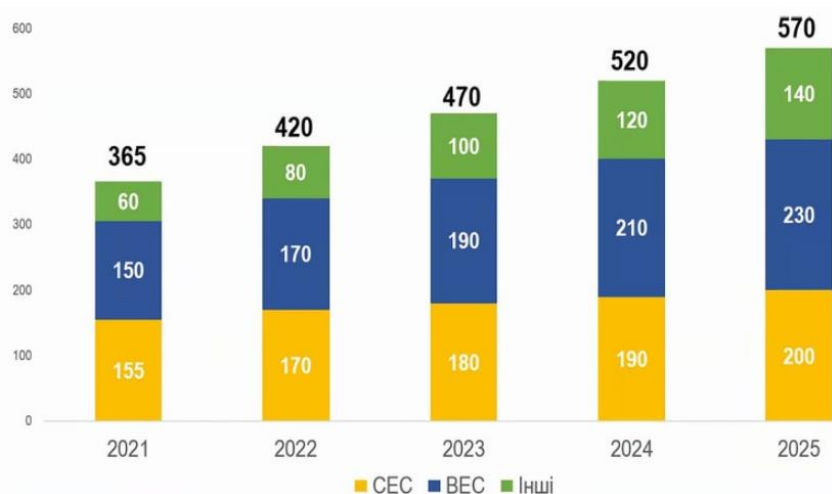


Рисунок 3 – Річна квота підтримки на 2021 рік та індикативні прогностичні показники на 2022-2025 роки [10]

Аукціони мають ключову перевагу перед "зеленим" тарифом - створення конкурентного середовища між учасниками ринку відновлюваної енергетики. Конкуренція сприяє визначенню ринкової ціни на електроенергію з ВДЕ, яка є вигідною для кінцевих споживачів та держави в цілому. Це дозволяє розвивати галузь та забезпечувати баланс інтересів ринку "зеленої" енергетики. Аукціони є гнучким механізмом, який можна адаптувати до потреб енергетичного ринку в конкретний період. Квоти можуть бути розподілені за регіонами, що стимулює розвиток генеруючих потужностей "зеленої" енергетики в областях з недостатньою потужністю або регулює розподіл потужностей бажаних для держави технологій відновлюваної енергетики в межах загальної квоти. Важливо зазначити, що квоти повинні розраховуватися з урахуванням плану розвитку відновлюваної енергетики відповідно до Енергетичної стратегії України до 2035 року, динаміки реалізації нових об'єктів, а також фактичного стану енергосистеми та її спроможності до інтеграції нових джерел ВДЕ [11].

Аукціони з продажу електроенергії з ВДЕ

Перший аукціон з продажу електроенергії, отриманої з ВДЕ, відбувся 5 жовтня 2020 року. Такі аукціони використовують двосторонні договори та базуються на підвищенні ціни. Це дозволяє учасникам ринку визначити, за якою ціною вони хочуть купувати електроенергію. Наразі ДП "Гарантований покупець" диверсифікує продукцію та пропонує різні лоти електроенергії з окремими часовими розкладами для збереження високого рівня зацікавленості учасників. Дана стратегія спрямована на максимізацію прибутку, що дозволяє досягати стабільно високих результатів на торгах. Ціна на електроенергію в результаті конкуренції може збільшуватись до 60%.

Також, укладення двосторонніх договорів сприяє зменшенню небалансів підприємства та отриманню додаткового доходу. Обсяги електроенергії, які раніше відправлялися на балансуєчий ринок, тепер виставляються на аукціон, що дозволяє підприємству отримувати більший вигоду, а не мінімальний, який був на балансуєчому ринку. Виручені кошти невідкладно спрямовуються на розрахунки за "зеленим" тарифом [12]. За січень та лютий 2023р. було проведено 22 аукціони, результати торгів показано на рис. 4.

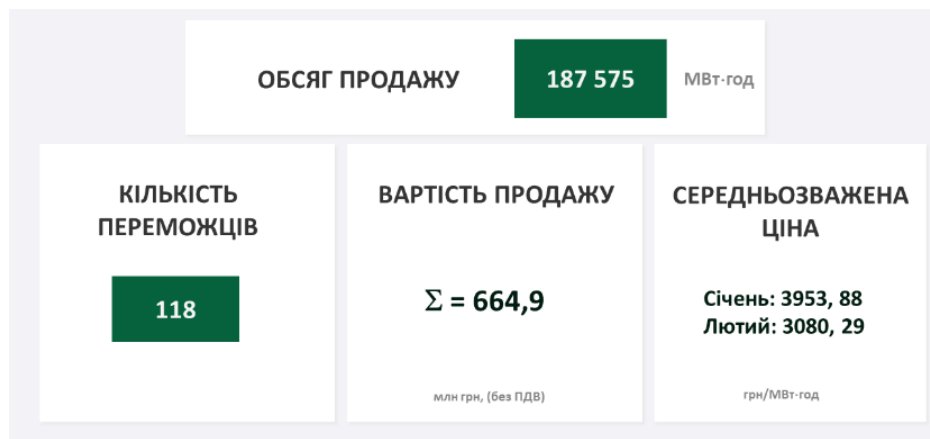


Рисунок 4 – Результати торгів "зелених" аукціонів за період 04.01.23-28.02.23[12]

Прямі договори купівлі-продажу енергії (CPPAs)

CPPAs є ще одним механізмом фінансування розвитку проектів ВДЕ. Зміст полягає в тому, що корпорації укладають угоди про закупівлю відновлюваної енергетики, щоб досягти своїх цілей сталого розвитку та уникнути непередбачуваних коливань цін, які можуть виникнути на первинні джерела енергії. Прямі договори купівлі-продажу енергії також прискорюють розгортання проектів у сфері відновлюваної енергетики, забезпечуючи потік доходів від виробленої електроенергії та полегшуючи доступ до проектного фінансування. Для виробників електроенергії з ВДЕ CPPAs надають доступ до корпоративних покупців як альтернативі державним аукціонам. Основні можливості і загрози прямих договорів наведено у табл. 1.

Загальний обсяг CPPAs у світі, укладених за перші три квартали 2022 року, становив 33 ГВт, що на 7% перевищує загальний обсяг, зафіксований у 2021 році. Лише у третьому кварталі 2022 року було оголошено про укладення понад 9 ГВт нових контрактів. На Північну Америку припадає близько 40% світових корпоративних договорів про розподіл електроенергії, за нею слідує Азійсько-Тихоокеанський регіон (близько 37%). Причому США, Індія і Тайвань входять до трійки найбільших ринків, на які припадає дві третини від загальної кількості законтракованих потужностей [13]. При вході на український ринок багато іноземних компаній матимуть на меті продовжувати політику та стратегії розвитку, заснованих на принципах соціальної відповідальності, збереження навколишнього середовища та зменшення свого вуглецевого сліду. Використання зеленої електроенергії в повсякденній діяльності таких корпорацій стало тенденцією. Тому для розвитку не тільки відновлюваної енергетики, а й економіки в цілому, необхідно усунути регуляторні перешкоди для укладання CPPAs.

В цьому сегменті перспективним також є формування груп споживачів або цільових груп, на які будуть спрямовані державні програми та заходи щодо переходу на використання електроенергії з відновлюваних джерел. Однією з основних причин, яка зумовлює створення цільової групи, є географічне розташування споживачів. Тобто регіони з більш відповідними кліматичними умовами та наявністю ресурсів: сонячної енергії, вітру чи гідроенергії, можуть стати пріоритетними для споживання електроенергії з ВДЕ.

Державне стимулювання також може пропонувати податкові знижки та інші фінансові стимули для цільової групи споживачів електроенергії з ВДЕ, наприклад:

1. Податкові кредити або податкові знижки. Держава може надавати пільги на оподаткування товарів та послуг, що виробляються за допомогою ВДЕ. Це може зменшити витрати для таких споживачів та підвищити їхню конкурентоспроможність.

2. Державні гранти. Вони можуть надаватися як фінансова допомога для встановлення ВДЕ на підприємствах, а також для впровадження енергоефективних технологій. Це може допомогти зменшити витрати на встановлення ВДЕ та стимулювати їх використання безпосередньо в точці споживання.

3. Субсидії на електроенергію. Держава може надавати споживачам електроенергії з ВДЕ знижки на тарифи, щоб зменшити витрати на енергію. Це може зробити електроенергію з ВДЕ більш доступною та привабливою для споживачів.

Таблиця 1 — Основні можливості та загрози *CPAs*

	Корпоративний споживач	Виробник електроенергії з ВДЕ
Можливості	<p>1. Фіксована/мінімальна/обмежена ціна на електроенергію - захист від зростання або коливання цін на енергію на оптових ринках.</p> <p>2. Досягнення цілей сталого розвитку та забезпечення 100% попиту на електроенергію з відновлюваних джерел. Це стало настільки ж важливим, якщо не більш важливим, ніж економічні чинники.</p> <p>3. Невеликі корпорації можуть об'єднуватися, щоб розділити ризики та посилити свої позиції на переговорах.</p> <p>4. Блокчейн-договори купівлі-продажу електроенергії як простіший спосіб об'єднати попит з іншими корпораціями та вийти на ринок.</p> <p>5. Поява нових технологій, що дозволяють купувати відновлювану енергію в режимі 24/7.</p>	<p>1. Виробник може досягти стабільної ціни в довгостроковій перспективі, оскільки компанія часто має більше бажання страхуватися від зростання/коливання цін на електроенергію. Це особливо привабливо для проєктів, що фінансуються за рахунок інвестиційних фондів та проєктного фінансування.</p> <p>2. У короткостроковій перспективі підприємства іноді готові платити вищу ціну, ніж оптова ціна (розраховуючи на те, що це окупиться в довгостроковій перспективі, коли ціни зростуть, а підприємства все ще матимуть вигоду від фіксованої ціни).</p> <p>3. Поступове припинення субсидування відновлюваної енергетики означає, що корпоративні <i>PPAs</i> пропонують новий шлях на ринок для виробників.</p> <p>4. Блокчейн-договори купівлі-продажу електроенергії як простіший спосіб узгодити генерацію з корпоративним попитом та отримати доступ до вищих тарифів.</p>
Загрози	<p>1. Економічні вигоди накопичуються лише тоді, коли правління корпорації довіряє прогнозам цін на електроенергію. Рада директорів часто не бажає платити більше в короткостроковій перспективі за нижчі ціни в довгостроковій перспективі.</p> <p>2. Складність/витрати при укладанні контрактів, оскільки купівля електроенергії не є основним бізнесом. Це є перешкодою особливо для малих і середніх підприємств.</p> <p>3. Через стохастичний характер ВДЕ розподіл обсягу та формування ризику є ключовим питанням та може вплинути на рівень цінової визначеності, що досягається.</p> <p>4. Зміна законодавства може вплинути на комерційний баланс угоди та спричинити перегляд переговорів.</p>	<p>1. Ціна, яку компанія готова заплатити/встановити мінімальну ціну, може бути недостатньою для фінансування проєкту.</p> <p>2. Кредитоспроможність/банкоспроможність покупця – більша проблема для несубсидованих <i>PPA</i> складатиме майже 100% від загального доходу проєкту.</p> <p>3. Купівля електроенергії не є основним бізнесом для корпорації: якщо оптові ціни на електроенергію знизяться, чи компанія оголосить дефолт, щоб купити вихід із невдалої угоди?</p> <p>4. Невідповідності між регуляторними режимами в різних державах-членах ЄС, що ускладнює досягнення масштабу між юрисдикціями з одним покупцем.</p> <p>5. Оптимізація структур і зберігання енергії.</p>

Контракти на різницю (*CfD*)

Деякі країни, зокрема Велика Британія, обрали основним механізмом субсидій для досягнення цілей з відновлюваної енергетики контракти на різницю. *CfD* гарантує власникам активів відновлюваної енергетики фіксовану ціну за вироблену електроенергію протягом фіксованого терміну дії контракту. *CfD* зазвичай застосовують в аукціонній системі підтримки, а їх суть полягає в наступному: виробники ВДЕ укладають договір з державною компанією про гарантовану максимальну ціну за кожен кіловат-годину електроенергії, яку вони виробляють. Далі виробники продають електроенергію на ринку електроенергії, але якщо ринкова ціна падає нижче гарантованої ціни, державне підприємство компенсує виробнику ВДЕ

різницю. І навпаки, якщо ринкова ціна перевищує гарантовану, виробники ВДЕ компенсують державному підприємству різницю (рис. 5).

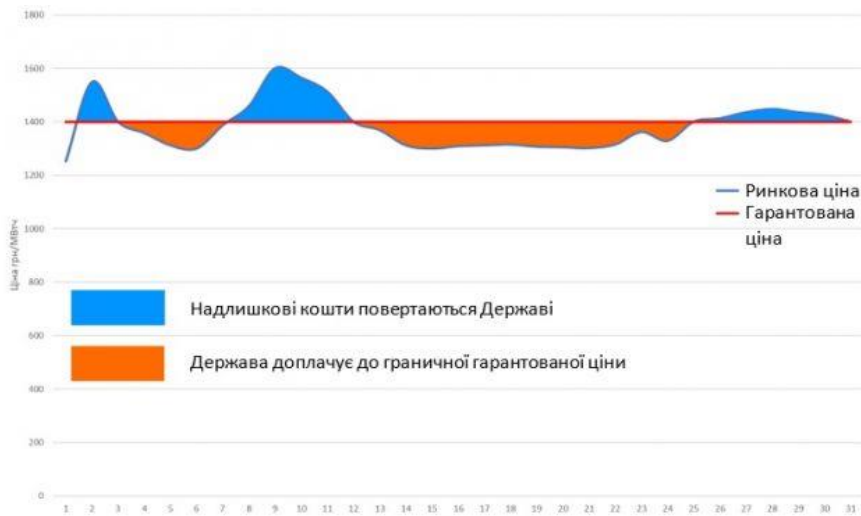


Рисунок 5 – Схема функціонування CfD

Таким чином контракти значною мірою стимулюють інвестиції в проекти відновлюваної енергетики, захищаючи розробників від нестабільних оптових цін. Забезпечення впевненості в доходах допомагає зменшити ризики проектів відновлюваної енергетики, таким чином зменшуючи витрати на залучення капіталу та підвищуючи економічну життєздатність проектів відновлюваної енергетики. Однак, цей механізм також має свої недоліки та може бути критикований за те, що він не стимулює конкуренцію між виробниками ВДЕ. Крім того, державне підприємство, яке компенсує виробникам різницю у випадку падіння ринкової ціни, може потрапити в фінансову складність у разі, якщо ціна буде падати тривалий час. Тому такий механізм може розглядатися лише для перехідного етапу на інші методи стимулювання.

Feed-in premium (FIP)

Використання механізму "зелених" аукціонів та прямих договорів купівлі-продажу енергії не підходить для малих ВДЕ, за рахунок яких і можлива децентралізація енергетичної системи. Тому необхідно розглядати можливість відходу від системи сталого тарифу та запровадження схеми, подібної до FIP. Згідно зі схемою FIP, електроенергія з ВДЕ безпосередньо продається на ринку електроенергії виробниками, а вони в свою чергу отримують премію на додачу до ринкової ціни електроенергії. FIP може бути фіксованим (тобто на постійному рівні незалежно від ринкових цін) або змінним (тобто зі змінними рівнями залежно від зміни ринкових цін). Фіксовані FIP є простішими за структурою, але існує ризик надмірної компенсації у випадку високих ринкових цін і недостатньої компенсації у випадку низьких ринкових цін. Тому фіксований FIP зазвичай поєднується із заздалегідь визначеними мінімальним і максимальним рівнями або для FIP, або для загальної винагороди (FIP + ринкова ціна). Змінні FIP розраховуються на безперервній основі як різниця між ринковими цінами і попередньо визначеним базовим рівнем тарифу. Якщо ринкові ціни вищі за базовий рівень тарифу, FIP не сплачується. У деяких випадках існує також мінімальна ринкова ціна, яка використовується для розрахунку FIP, щоб підвищити чутливість операторів ВДЕ до ринкових цін і зменшити витрати на схему підтримки ВДЕ у разі низьких або навіть негативних ринкових цін [14].

FIP можна диференціювати відповідно до технологій, розміру та розташування, подібно до квот. Тобто врахувати план розвитку відновлюваної енергетики, динаміку реалізації нових об'єктів та фактичний стан енергосистеми. FIP створює стимул для операторів ВДЕ реагувати на цінні сигнали ринку електроенергії, тобто виробляти електроенергію, коли попит високий та/або виробництво з інших джерел енергії низьке. Вони також заохочують інвесторів ВДЕ враховувати очікувані схеми навантаження при розробці проекту ВДЕ (наприклад, вибір місця та типу турбіни для вітрових парків, орієнтація фотоелектричних модулів). Таким чином, FIP сприяє більшій інтеграції ВДЕ в ринок електроенергії, що призводить до більш ефективного поєднання постачання електроенергії з попитом. Це стає все більш важливим із зростанням частки відновлюваної енергії у виробництві електроенергії.

Мінімальні рівні для фіксованого FIP або для загальної винагороди (FIP + ринкова ціна) можуть зменшити ризик ринкової ціни для інвесторів ВДЕ та забезпечити гарантію щодо мінімальних доходів, які можна очікувати. Це також стосується змінних схем FIP, де інвесторам ВДЕ гарантується заздалегідь визначений базовий тариф, подібний до "зеленого" тарифу.

Також є можливість виплачувати додаткові технологічні бонуси на додачу до FIP. Ця винагорода за управління виплачується для покриття додаткових витрат оператора ВДЕ, пов'язаних із прямим

продажом електроенергії на спотовому ринку (вартість послуг з балансування та адміністративні витрати при торгівлі електроенергією). Також можливий механізм зниження рівня FIP або максимального рівня винагороди.

Надання послуг

Із прийняттям Закону України від 15.02.2022 р. № 2046-IX “Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії” було врегульовано питання можливості використання системи накопичення енергії (EES) споживачами [15]. Тому з’являються додаткові механізми стимулювання розвитку відновлюваної енергетики шляхом залучення виробників з ВДЕ до надання послуг балансування та допоміжних послуг на ринку електричної енергії, наприклад: врегулювання небалансів на ринку електричної енергії, стабілізація частоти, компенсація напруги, запобігання зворотному перетоку, покращення гнучкості системи та підвищення ефективності системи.

Розглянемо ці послуги детальніше. Для стабілізації частоти потрібна енергія, яка подається в мережу або відбирається з неї для регулювання частоти системи. Ця послуга вимагає швидкого реагування, яке може відбуватися протягом декількох секунд і тривати кілька хвилин. Для цього ESS вимагає швидкого часу відгуку, високої продуктивності та великої потужності. Стабілізація частоти особливо важлива для мікромереж або ізольованих електромереж, де більш потужна енергосистема не керує їхньою системою. Таким чином, коли є невідповідність між виробництвом електроенергії та попитом на неї, ESS повинна регулювати частоту системи та підтримувати стабільність системи [16].

Зі все більшою інтеграцією ВДЕ в сучасну енергосистему розподільна мережа стала активною мережею, де напруга на шинах при інтеграції ВДЕ може бути вищою, ніж на інших шинах, розташованих вище за топологією. Це порушило традиційні методи регулювання напруги, такі як використання пристроїв регулювання під навантаженням та перемикачів без збудження. Традиційний метод зазвичай підвищує рівень напруги на виході з електромережі, що, в свою чергу, вирівнює напругу всього фідера розподільчої мережі. Проте, з впровадженням ВДЕ в систему, регулювання напруги в одному вузлі може призвести до порушення напруги в іншому вузлі системи. Залучивши власників ВДЕ з системами накопичення енергії до регулювання напруги, підвищується показник якості електричної енергії та з’являється механізм для фінансового стимулювання розвитку відновлюваної енергетики.

Зворотне перетікання потужності в електромережі відоме як потік електроенергії у зворотному напрямку від типового потоку потужності. Загальноприйнятою практикою запобігання зворотному потоку електроенергії через надлишок енергії ВДЕ було їх встановлення потужністю меншого розміру, ніж місцеве навантаження системи, що гарантувало, що виробництво з ВДЕ завжди буде меншим, ніж попит на енергію. Тим не менш, ці рішення обмежують зростання ВДЕ, призводять до неефективного використання енергії та не гарантують енергетичну безпеку. Тому ESS використовується для досягнення високого власного споживання енергії ВДЕ та мінімізації надлишку виробництва ВДЕ.

ESS можуть згладити типову переривчасту (і, отже, невизначену) віддачу енергії, яку виробляють ВДЕ, шляхом зарядки в періоди низького попиту на електроенергію та розрядки під час піку високого попиту. А поява інтелектуальних мережевих технологій надає широкі можливості для покращення роботи мережі за рахунок збільшення двонаправленого потоку інформації між сторонами, що знаходяться на різних рівнях ієрархії. Тому власників ВДЕ можна залучати до врегулювання небалансів на ринку електричної енергії.

Висновки

Стимулювання розвитку відновлюваної енергетики є одним з пріоритетних напрямів державної політики України у сфері електроенергетики. Наразі будівництво установок ВДЕ відбувається виключно з позиції комерційної привабливості, без врахування технічних параметрів мережі, а подальше неконтрольоване зростання їх потужностей створює ризики для нормального функціонування енергосистеми країни. Тому регуляторні органи повинні вжити необхідних заходів для забезпечення стабільного розвитку відновлюваної енергетики.

Механізми стимулювання повинні реалізуватися в ринковий спосіб без втручання в господарську діяльність суб’єктів та з максимальною користю для енергосистеми. До цих механізмів можна віднести аукціони з розподілу квот підтримки та з продажу електроенергії з ВДЕ; прями договори купівлі-продажу енергії; контракти на різницю; «зелені» надбавки; надання послуг балансування та допоміжних послуг.

В переліку механізмів наведено лише основні варіанти стимулювання, адже вони можуть відрізнятися в залежності від конкретних умов та потреб країни. Однак, наведені вище механізми є добре відомими і часто використовуються урядами в усьому світі для сприяння переходу до стійкого енергетичного майбутнього та посилення енергетичної незалежності.

Кожний з перерахованих механізмів має свою складову впливу на контрольований та стабільний розвиток відновлюваної енергетики. А використання різних варіацій механізмів державного стимулювання розвитку ВДЕ є важливим, оскільки це дозволить забезпечити ефективність і стійкість програми підтримки ВДЕ; сприяти розвитку технологій; знизити ризики залежності та негативні наслідки від функціонування лише одного чи декількох механізмів.

Результати дослідження будуть використані для вирішення питання присудження ВДЕ, при якому механізми стимулювання відновлюваної енергетики будуть враховувати схеми, параметри системи в точці присудження та прогнозування наслідків.

Список використаних джерел

1. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (дата звернення: 12.12.2022).
2. Герман Галушенко: Прискорення зеленого переходу – питання національної безпеки України. Урядовий портал. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/herman-halushchenko-pryskorennia-zelenoho-perekhodu-pytannia-natsionalnoi-bezpeky-ukrainy> (дата звернення: 01.04.2023).
3. Омельченко В. Сектор відновлюваної енергетики України до, під час та після війни. Центр Разумкова. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sektor-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislya-viyny> (дата звернення: 11.02.2023).
4. Степаненко В.А., Замулко А.І., Веремійчук Ю.А., Находов В.Ф.. Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання / Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. № 2. С. 64–74. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2022.261372>.
5. У 2020 році встановлена потужність ВЕС та СЕС зросла на 41%, а їхня частка у структурі виробництва електроенергії – вдвічі. ПрАТ "НЕК "Укренерго. URL: https://ua.energy/zagalni-novyny/u-2020-rotsi-vstanovlena-potuzhnist-ves-ta-ses-zrosla-na-41-a-yihnya-chastka-u-strukturi-vyrobnnytstva-elektroenergiyi-vdvichi/?fbclid=IwAR20eN3fgZVw22mBs3rx_XS4JMCSMoFZccKWXpN3Ah-MC-NwQYS9_OkIBvg (дата звернення: 14.05.2022).
6. Про засади державної регуляторної політики у сфері господарської діяльності : Закон України від 11.09.2003 р. № 1160-IV : станом на 31 березня 2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1160-15#Text> (дата звернення: 02.04.2023).
7. Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення "зеленого" тарифу : Закон України від 25.09.2008 р. № 601-VI : станом на 1 лип. 2019 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/601-17#Text> (дата звернення: 31.03.2023).
8. Коберник В.С. Розвиток відновлюваних джерел енергії в світі на сучасному етапі. In The 4 th International scientific and practical conference - Modern research in world science. Lviv, Ukraine. 2022.
9. Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії : Закон України від 25.04.2019 р. № 2712-VIII : станом на 16 черв. 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text> (дата звернення: 02.04.2023).
10. Міністерство енергетики представило квоти підтримки до 2025 року та графік проведення “зелених” аукціонів. УВЕА. URL: <http://uwea.com.ua/ua/news/entry/ministerstvo-energetiki-ukrainy-predstavilo-kvoty-podderzhki-k-2025-godu-i/> (дата звернення: 04.04.2023)
11. Курбатова Т.О., Трипольська Г.С., Письменна У.С., Гирченко Є.В., Романюк Я.С.. Механізм «зелених» аукціонів для управління розвитком відновлюваної енергетики: передумови впровадження та особливості функціонування в Україні / Державне управління: удосконалення та розвиток. 2021. № 10. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2021.10.30>.
12. За січень та лютий 2023 року держпідприємство провело 22 аукціони. ДП «Гарантований покупець». URL: https://www.gpee.com.ua/news_item/1155 (дата звернення: 13.04.2023).
13. Chauhan A. Global corporate clean energy procurement deals of 33 GW announced in the first three quarters of 2022. IHS Markit. URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/global-corporate-clean-energy-procurement-deals-of-33-gw.html> (дата звернення: 21.01.2023).
14. Xydis G., Vlachakis N. Feed-in-Premium Renewable Energy Support Scheme: A Scenario Approach. Resources. 2019. Т. 8, № 2. С. 106. URL: <https://doi.org/10.3390/resources8020106> (дата звернення: 31.03.2023).
15. Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії : Закон України від 15.02.2022 р. № 2046-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2046-20#Text> (дата звернення: 03.04.2023).
16. Tianmei Chen, Yi Jin, Hanyu Lv, Antao Yang, Meiyi Liu, Bing Chen, Ying Xie, Qiang Chen, Applications of lithium-ion batteries in grid-scale energy storage systems, Transactions of Tianjin University 26 (3) (2020) 208–217.

V. Stepanenko¹, Ph.D. student, ORCID 0000-0001-6176-589X

A. Zamulko¹, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0001-8018-6332

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

MECHANISMS OF STATE STIMULATION FOR RENEWABLE ENERGY DEVELOPMENT

The paper is devoted to the analysis of directions for stimulating the development and attracting investment in the renewable energy sector of Ukraine. For the energy sector during the recovery period, the development of renewable energy sources will be fundamental. The problems associated with this development can be divided into such groups as: the formation of mechanisms that will ensure controlled, efficient development; and technical connection issues.

Currently, a wide range of strategies is being applied in different countries. However, which of the various instruments is the most effective and efficient for increasing the share of RES is still a topic of research. They

should be implemented in a market-based manner without interfering with the economic activities of entities and with maximum benefit to the power system.

At present, the construction of renewable energy facilities is carried out at the expense of the feed-in tariff and solely from the standpoint of commercial attractiveness, without considering the technical parameters of the grid, and further uncontrolled growth of their capacities poses risks to the normal functioning of the country's energy system. The priority of such tariff regulation, which actually launched the era of intensive development of renewable energy, has exhausted its potential and needs to be replaced by other mechanisms of state regulation.

Incentive mechanisms should be implemented in a market-based manner without interfering with the economic activities of entities and with maximum benefit to the energy system. These mechanisms include auctions for the distribution of support quotas and for the sale of electricity from RES; corporate power purchase agreement; contracts for difference; feed-in premium; provision of balancing and ancillary services.

Each of these mechanisms has its own component of influence on the controlled and stable development of renewable energy. Therefore, it is necessary to use a combination of these incentive mechanisms that can be adjusted in accordance with the current state of the power system at any long-term point in time.

Keywords: renewable energy sources, auctions for the allocation of support quotas, auctions for the sale of electricity, feed-in premium, corporate power purchase agreements, contracts for difference.

References

1. On approval of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Security, Energy Efficiency, Competitiveness": Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 18.08.2017 No. 605-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-p#Text> (date of access: 12.12.2022).
2. Herman Halushchenko: Accelerating the green transition is a matter of national security for Ukraine. Government portal. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/herman-halushchenko-pryskorennia-zelenoho-perekhodu-pytannia-natsionalnoi-bezpeky-ukrainy> (date of access: 01.04.2023).
3. V. Omelchenko. "Renewable Energy Sector of Ukraine before, during and after the war". Razumkov Center. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/sector-vidnovlyuvanoyi-energetyky-ukrayiny-do-pid-chas-ta-pislyva-viyny> (date of access: 11.02.2023).
4. V. Stepanenko, A. Zamulko, Y. Veremiichuk, V. Nakhodov. Assessment of risk for the integration of renewable energy sources into the electricity supply system. "POWER ENGINEERING: economics, technique, ecology". 2022. No 2. P. 64-74. ISSN 1813-5420. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2022.261372>.
5. In 2020, the installed capacity of WPPs and SES increased by 41%, and their share in the structure of electricity production - doubled. Ukrenergo National Energy Company. URL: https://ua.energy/zagalni-novyny/u-2020-rotsi-vstanovlena-potuzhnist-ves-ta-ses-zrosla-na-41-a-yihnya-chastka-u-strukturi-vyrobnystva-elektroenergiyi-vdvichi/?fbclid=IwAR20eN3fgZVw22mBs3rx_XS4JMCSMoFZccKWXPn3Ah-MC-NwQYS9_OkIBvg (date of access: 14.05.2022).
6. On the Principles of the State Regulatory Policy in Economic Activity: Law of Ukraine of 11.09.2003 p. № 1160-IV: as of March 31, 2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1160-15#Text> (date of access: 02.04.2023).
7. On Amendments to Certain Laws of Ukraine on the Establishment of a Green Tariff: Law of Ukraine of 25.09.2008 No. 601-VI: as of July 1, 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/601-17#Text> (date of access: 31.03.2023).
8. V. Kobernyk. Development of renewable energy sources in the world at the present stage. In The 4 th International scientific and practical conference - Modern research in world science. Lviv, Ukraine. 2022.
9. On Amendments to Certain Laws of Ukraine on Ensuring Competitive Conditions for the Production of Electricity from Alternative Energy Sources: Law of Ukraine of 25.04.2019 No. 2712-VIII: as of June 16, 2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2712-19#Text> (date of access: 02.04.2023).
10. Ministry of Energy of Ukraine announced green auctions quotas for 2021-2025. UWEA. URL: <http://uwea.com.ua/ua/news/entry/ministerstvo-energetiki-ukrainy-predstavilo-kvoty-podderzhki-k-2025-godu-i/> (date of access: 04.04.2023)
11. T. Kurbatova, H. Trypolska, U. Pysmenna, E. Girchenko, Y. Romaniuk. The mechanism of "green" auctions for managing the development of renewable energy: prerequisites for implementation and features of functioning in Ukraine / Public administration: improvement and development. 2021. № 10. DOI: <https://doi.org/10.32702/2307-2156-2021.10.30>.
12. In January and February 2023, the State Enterprise held 22 auctions. State Enterprise "Guaranteed Buyer". URL: https://www.gpee.com.ua/news_item/1155 (date of access: 13.04.2023).
13. Chauhan A. Global corporate clean energy procurement deals of 33 GW announced in the first three quarters of 2022. IHS Markit. URL: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/research-analysis/global-corporate-clean-energy-procurement-deals-of-33-gw.html> (date of access: 21.01.2023).
14. Xydis G., Vlachakis N. Feed-in-Premium Renewable Energy Support Scheme: A Scenario Approach. Resources. 2019. T. 8, № 2. C. 106. URL: <https://doi.org/10.3390/resources8020106> (date of access: 31.03.2023).
15. On Amendments to Certain Laws of Ukraine on the Development of Energy Storage Facilities: Law of Ukraine of 15.02.2022 p. № 2046-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2046-20#Text> (date of access: 03.04.2023).
16. Tianmei Chen, Yi Jin, Hanyu Lv, Antao Yang, Meiyi Liu, Bing Chen, Ying Xie, Qiang Chen, Applications of lithium-ion batteries in grid-scale energy storage systems, Transactions of Tianjin University 26 (3) (2020) 208–217.

Надійшла: 30.04.2023

Received: 30.04.2023