
DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2023.02.053>

УДК: 330.3: 338.4+620.9:004.67

JEL: L 94, O 13, O 14, O17, O 38, Q 42, Q 48, R 38, R58

Володимир Липов

"МОСКІТНА ФЛОТИЛІЯ" НА ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ФРОНТІ: МАЛІ ЕНЕРГЕТИЧНІ МЕРЕЖІ НА БАЗІ ЦИФРОВИХ ПЛАТФОРМ

В умовах війни Росії проти України зростає роль і значення заходів, спрямованих на забезпечення енергетичної безпеки держави. Впровадження цифрових технологій має суттєвий потенціал вдосконалення механізмів управління, підвищення надійності та ефективності роботи як окремих складових так і енергосистеми країни у цілому. Особливе місце у цьому процесі займає розгортання та інтеграція у енергосистему країни сектору локальних мікромереж відновлюваної енергогенерації. Вони створюються на базі цифрових платформ. Метою пропонуваної роботи є визначення потенціалу цифрових платформ як засобу забезпечення координації взаємодії приватних суб'єктів відновлюваної енергогенерації на локальних енергетичних ринках. Інструменти дослідження включають структурний, функціональний, системний та інституційний аналіз. Показано, що розвиток мікромереж відновлюваної енергогенерації на базі цифрових платформ здатен стимулювати радикальну реструктуризацію системи виробництва та ринків розподілу електроенергії. Розкрито особливості цифрових платформ як організаційної форми взаємодії на локальних енергетичних ринках. Показано, що вони забезпечують синергетичний ефект об'єднання малих виробників відновлюваної енергії в мікромережу та формування двосекторної моделі енергетичної системи держави. Представлено структуру мікромережових цифрових платформ. Вони об'єднують на базі ядра платформи власників особистих дахових сонячних фотоелектричних систем, агрегатів вітро-, біо-, гідроенергетики, станцій акумулювання надлишків енергогенерації, споживачів, енергорозподільчі підприємства. Розкрито механізм побудови енергетичних систем, заснованих на принципах «Індустрії 4.0». Акцентовано увагу на необхідності впровадження комплексної політики підтримки платформізації сектору відновлюваної енергетики. Представлено інструменти її забезпечення.

Липов Володимир Валентинович (Lypov_vl@ukr.net), д-р екон. наук, проф.; провідний науковий співробітник відділу економічної теорії ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України". <https://orcid.org/0000-0003-3215-0612>.

Статтю написано в межах виконання НДР Економічні суперечності глобалізації та локалізації: форми руху і розв'язання, державний реєстраційний номер роботи 0120U105800_

Цитування: Липов В. В. "Москитна флотилія" на енергетичному фронті: малі енергетичні мережі на базі цифрових платформ. *Економічна теорія*. 2023. № 2. С. 53–70.
DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2023.02.053>

© В. Липов, 2023

ISSN 1811-3141. *Економічна теорія*. 2023. № 2: 53–70

Ключові слова: відновлювана енергетика, енергетичний ринок, локальні енергетичні мікромережі, локальні енергетичні ринки, національна енергетична безпека, цифрові платформи.

"MOSQUITO FLOTILLA" ON THE ENERGY FRONT: SMALL ENERGY NETWORKS BASED ON DIGITAL PLATFORMS

Volodymyr Lypov (Lypov_vl@ukr.net) Doctor of Economics sciences, professor; leading researcher. Department of Economic Theory, State Institution "Institute of Economics and Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine". <https://orcid.org/0000-0003-3215-0612>

In the conditions of Russia's military aggression, the role and importance of measures aimed at ensuring the energy security of the state is growing. The introduction of digital technologies has a significant potential for improving management mechanisms, increasing the reliability and efficiency of both individual components and the country's energy system as a whole. A special place in this process is occupied by the deployment and integration of the sector of local networks of renewable energy generation into the country's energy system, which are created on the basis of digital platforms. The purpose of the proposed work is to define the potential of digital platforms as a means to coordinate the interaction between private generators of renewable energy in local energy markets. The research tools include structural, functional, systemic and institutional analysis. It is shown that the development of microgrids of renewable energy generation based on digital platforms is able to stimulate radical restructuring of the production system and electricity distribution markets. The author reveals various peculiarities of digital platforms as an organizational form of interaction in local energy markets. It is shown that they provide a synergistic effect of uniting small producers of renewable energy into a microgrid and forming a two-sector model of the public energy system. The structure of microgrid digital platforms is presented. They unite the owners of personal rooftop solar photovoltaic systems, wind, bio-, and hydropower units, power generation surplus storage stations, consumers, and energy distribution companies on the basis of the core platform. The article reveals the mechanism of building energy systems based on the principles of "Industry 4.0". Attention is focused on the need to implement a comprehensive policy to support the platformization of the renewable energy sector. The tools for its provision are presented.

Key words: digital platforms, energy market, local energy markets, local energy microgrids, national energy security, renewable energy.

Впровадження цифрових технологій суттєвим чином трансформують механізми функціонування різних сфер життя суспільства. Важливе місце серед них займає енергетичний сектор. Численні обстріли енергетичної інфраструктури України – вагоме свідчення визнання агресором його ключової ролі у підтримці стійкого функціонування економіки країни. У цих умовах зростає роль і значення заходів, спрямованих на забезпечення енергетичної безпеки держави. Комплексність завдання, що включає "спроможність технічно надійним, економічно ефективним та екологічно прийнятним способом задовольняти потреби суспільства в енергоресурсах, забезпечувати стаке функціонування національної економіки в нормальних і кризових умовах, захищати суверенітет держави у формуванні та здійсненні політики захисту національних інтересів" (*Енергетична безпека*, 2020. С. 10) зумовлює необхідність посилення координації взаємодії усіх складових енергетичного сектору країни.

Цифровізація енергетичної галузі забезпечує вдосконалення механізмів управління, підвищення надійності та ефективності роботи як окремих

складових, так і енергосистеми країни у цілому. Вона забезпечує можливості нарощування потужності, підвищення ефективності, мінімізації ризиків виникнення дисбалансів у єдиній енергосистемі країни, скорочення негативних екологічних викидів та оптимізації роботи усього комплексу підприємств, які підтримують генерацію, акумуляцію та розподіл електроенергії.

Особливе місце у забезпеченні енергетичної безпеки держави займає відновлювана енергетика. За даними Державної служби статистики України, у 2020 році із загального обсягу постачання первинної енергії на відновлювані джерела енергогенерації припадало 6,7 %. У тому числі на гідроенергію – 0,8 %, на вітрову, сонячну і т. п. – 0,9 %, на біопаливо та відходи – 4,9 %, на теплову – 0,1 % загального виробництва¹. Дані, представлені у таблиці, засвідчують високі темпи приросту відновлюваної енергетики в Україні у 2011–2021 роках навіть за умов втрати у 2014 році суттєвої частки потужностей, розташованих у АР Крим та окупованих частинах Луганської та Донецької областей.

Разом із тим варто зазначити, що потенціал розвитку відновлюваної енергогенерації в Україні використовується далеко не в повній мірі. До чинників, що гальмують її розвиток, можна віднести такі, як:

- обмеженість власних фінансових ресурсів домогосподарств, МСП та фермерських господарств;
- недостатні рівні окупності інвестицій, пов'язані як з необхідністю суттєвих для відповідних суб'єктів господарювання початкових фінансових вкладень, так і з обмеженнями на право користування перевагами отримання "зеленого тарифу";
- необхідність паралельного нарощування потужностей акумуляції та перерозподілу надлишків відновлюваної енергогенерації;

Таблиця

Динаміка нарощування відновлюваної енергогенерації в Україні у 2011–2021 роках, % до початкового періоду

| Сфери відновлюваної енергетики | 2011 | 2014* | 2016 | 2021 |
|--------------------------------|------|-------|-------|---------|
| Вітрова | 100 | 433,1 | 292 | 1 107,9 |
| Сонячна | 100 | 428,7 | 223,8 | 3 260,2 |
| СЕСд | - | 100 | 1700 | 120 500 |
| Малі ГЕС | 71 | 112,7 | 126,7 | 170,4 |
| Біомаса | - | 100 | 111,4 | 434,3 |
| Біогаз | - | 100 | 142,8 | 885,7 |
| Усього | 413 | 387,2 | 274,8 | 2 300,7 |

* До 2014 р з урахуванням потужностей, розташованих у АР Крим та окупованих частинах Луганської та Донецької областей (усього 633,7 МВт).

Джерело: розраховано на основі даних сайту Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України URL: <https://saee.gov.ua/uk/content/energy-efficiency> (Accessed 26 November 2022).

¹ Загальне постачання первинної енергії за 2007–2021 роки / Total primary energy supply for 2007–2021. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

- складність бюрократичних процедур, пов'язаних з підключенням до існуючих енергомереж;
- підвищена ризиковість через суттєву залежність вітрової, сонячної та гідрогенерації від погодних умов;
- зростання інвестиційних ризиків внаслідок військової агресії з боку Росії;
- загострення бюджетних проблем, що зумовлює ускладнення з наповненням джерел покриття "зелених тарифів".

Активне впровадження цифрових технологій дозволяє більш повно використати потенціал розгортання та інтеграції у енергосистему країни сектору локальних мереж відновлюваної енергогенерації. Вони об'єднують засоби генерації та акумуляції електроенергії домогосподарств, МСП та фермерських господарств. Відкриваються перспективи подолання природної монополії на ринках виробництва, передачі, розподілу та роздрібної торгівлі електроенергією. Забезпечуються можливості поглиблення диференціації оптового та роздрібного ринків, нарощування кількості їх потенційних учасників. Важливою передумовою підвищення ефективності роботи усієї галузі є можливість трансформації її організаційної структури – перехід від традиційної ієрархічно інтегрованої організації до двосекторної моделі. У ній монополія традиційних гравців ринку порушується завдяки поширенню локальних мікромереж приватних виробників відновлюваної енергетики. У складі своїх екосистем такі енергетичні мікромережі об'єднують домогосподарства та МСП, здатні самостійно виробляти та пропонувати на локальному ринку надлишок електроенергії, забезпечувати їх акумуляцію, перерозподіл та постачання споживачам.

Дослідження можливостей, що надає використання цифрових платформ для формування локальних ринків мікрогенерації, набуває особливого значення в умовах, коли їх розвиток може стати вагомим інструментом подолання загроз непередбачуваності та нестабільності функціонування енергетичної системи у результаті військової агресії з боку Росії. Метою пропонованої роботи є визначення потенціалу цифрових платформ як засобу забезпечення координації взаємодії приватних суб'єктів відновлюваної енергогенерації на локальних енергетичних ринках.

Активне розповсюдження цифрових платформ на початку нового тисячоліття ознаменувало суттєві зміни моделей ведення бізнесу. J.-Ch. Rochet та J. Tirole (2003) акцентують увагу на двосторонньому характеру платформених ринків. G. Parker et al. (2016) вказують на переваги переходу учасників виробничого процесу від ієрархічних до горизонтальних відносин. Скорочення трансакційних витрат у центрі уваги дослідження M. Munger (2018). Розворот до "малої енергетики" у межах приватних домогосподарств у центрі уваги K. Fehrenbacher (2017). Olivella-Rosell зі співавторами (2018) пропонують модель платформи Smart Energy Service Provider. Формується розуміння ринкового потенціалу інноваційної платформної форми взаємодії у сфері виробництва та розподілу електроенергії (SEIA, 2017). Економічні переваги акумуляції та подальшого перерозпо-

ділу тимчасових надлишків енергогенерації виявляються у центрі уваги дослідження К. Zame та співавторів (2018). До вивчення впливу нових технологій генерації, зберігання та перерозподілу електроенергії на зміну логіки поведінки звичайних споживачів, поширення просьюмеризму, звертаються А. Lüth зі співавторами (2018), А. Henninger та А. Mashatan (2022). Ключова роль цифрових платформ у забезпеченні змін на локальних енергетичних мікроринках у центрі уваги Y. Parag та B. Sovacool (2016). Зі свого боку Th. Morstyn зі співавторами (2018) досліджують вплив взаємодії малих мікроекономічних суб'єктів-виробників електроенергії на трансформацію національної системи енерговиробництва (Federated Power Plants). Переваги та проблеми, що породжуються розвитком просьюмеризму в енергетичній сфері Німеччини, досліджуються у роботі W.-P. Schill зі співавторами (2017). Увагу вчених привертають питання стимулювання розвитку приватної енергогенерації. Серед досліджень відповідної тематики можна відзначити роботу Z. Abdmouleh et al. (2015), S. Borenstein (2017). Можливості розвитку малої мережевої електроенергетики за відсутності підтримки з боку держави досліджуються S. Hagerman et al. (2016), T. Lang et al. (2016).

Стан відновлюваної енергетики в Україні

Підтримка відновлюваної енергетики визнається важливою складовою забезпечення сталого розвитку економіки України. Вже у грудні 2003 року Верховною Радою України було ухвалено Закон "Про альтернативні джерела енергії". Він визначає правові, економічні, екологічні та організаційні засади використання альтернативних джерел енергогенерації та сприяння розширенню їх використання у паливно-енергетичному комплексі². Серед заходів з підтримки ініціатив з розвитку відновлюваної енергетики важливу роль відіграло введення "зеленого тарифу". Про увагу до розвитку відновлюваної енергогенерації навіть у важких умовах військової агресії з боку Росії свідчить представлений у 2022 році на Всесвітньому економічному форумі у Давосі Проєкт збільшення до 2030 року її потужностей в Україні з 9 до 30 ГВт³. Наявність потенціалу розвитку відновлюваної енергетики та досягнення певних успіхів у її розбудові в Україні за останні десять років засвідчуються даними, представленими у таблиці.

До процесу розвитку відновлюваної енергогенерації виявляються залученими великі енергетичні компанії, малі й середні підприємства, окремі домогосподарства. Активізується участь у розвитку альтернативної енергогенерації домогосподарств, малих підприємств та фермерських господарств. Випереджаючими темпами розвивалося виробництва домогосподарствами електроенергії на основі використання сонячних панелей. Його приріст у 2020 та 2021 роках становив 40,9 та 54,7 % відповідно.

² Закон України "Про альтернативні джерела енергії". URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>

³ ДТЕК ініціює збільшення потужності зеленої енергетики в Україні. URL: <http://ua.korrespondent.net>.

Енергогенерація малих фермерських господарств на основі використання біомаси зростала у 2020 та 2021 роках на 62,8 та 67,0 %. Кількість сонячних енергетичних систем домогосподарств (СЕСд) на кінець 2021 року досягла 44888 одиниць. Їх загальна встановлена потужність становила 1205 МВт. Обсяг реалізованої електроенергії за "зеленим" тарифом зріс до 1094 млн кВт*год⁴.

Малі мережі енергогенерації у системі відновлюваної енергетики

Важливою складовою вирішення вказаних проблем є розвиток малих мереж, що об'єднують на локальному рівні невеликих виробників електроенергії (фермерські господарства, малі підприємства, домогосподарства). Kwasinski et al. (2016). визначають їх як групу взаємопов'язаних незалежних енергогенеруючих ресурсів, які діють у межах чітко визначених умов як єдиний керований об'єкт.

Розвиток цифрових платформ як інноваційних бізнес-технологій та однорангових ринків збігся з поширенням технологій розподілених енергетичних ресурсів (DER). DER технології вибудовуються на основі використання невеликих активів, здатних генерувати або зберігати електроенергію. Вони можуть використовуватися власниками для самостійного споживання або об'єднуватися в мережі – мікромережі та забезпечувати стабільність енергозабезпечення та надання інших послуг у межах мережі. У випадку створення відкритого роздрібного ринку вони забезпечують можливість продажу надлишків виробленої енергії учасникам мережі, які цього потребують. Зі свого боку застосування цифрових технологій забезпечує скорочення трансакційних витрат у середовищі DER шляхом об'єднання та автоматизації взаємодії електронних пристроїв, у тому числі розподілених засобів енергогенерації, у рамках єдиної розподільної мережі. Це відкриває шлях до їх інтеграції у великі модульні мережі, здатні впливати на переформатування структури енергогенеруючих фірм та структури енергетичної галузі у цілому. Створюється можливість обміну електроенергією на цифровому енергетичному ринку, який підтримується відповідною інформаційною платформою.

Прикладами DER, якими здатні володіти побутові споживачі, можуть слугувати сонячні фотоелектричні панелі на даху, акумулятори, підключені до сонячної батареї для зберігання енергії, виробленої понад потреб поточного споживання. Технологічні зміни у поєднанні з політикою, спрямованою на збільшення частки відновлюваної енергії у портфелі енергоспоживання, відкривають шлях до можливості поширення DER як альтернативи традиційним системам енергогенерації. Розвиток цифрових систем домашнього енергоменеджменту⁵ поєднується з упровадженням DER та

⁴ Сонячні електростанції у приватних домогосподарствах (СЕСд): динаміка розвитку. URL: <https://sae.gov.ua/uk/content/sesd> (Accessed 26 November 2022).

⁵ Системи, що забезпечують реагування на сигнали про те, що генерування енергії з відновлюваних джерел є недостатнім, обмежуючі коливання попиту, щоб

технологій розумних мереж, зростанням технологічної грамотності споживачів, обізнаністю технологічних компаній у їхніх потребах, зацікавленістю у відстеженні створюваних прогресом технологій нових можливостей та здатністю формувати нові потреби. Врешті-решт розвиток технологій забезпечення кінцевого використання у поєднанні з цифровою автоматизацією в розподільчій мережі створюють можливість впровадження ринків на основі цифровізації процесів координації виробництва та використання енергії в малих децентралізованих системах.

Активізація залучення та об'єднання інвестиційних ресурсів учасників у цьому випадку поєднується з підвищенням ефективності та скороченням строків окупності енергогенеруючого та енергоакумулюючого обладнання. Воно досягається за рахунок оптимізації використання. Обмін надлишком електроенергії, що виробляється окремими домогосподарствами, може поєднуватися або комбінуватися з децентралізованим (самим виробником), або централізованим (спільне використання акумулюючого обладнання) зберіганням надлишків виробництва. Водночас скорочуються ризики тотального відключення енергопостачання через ракетні удари зі сторони Росії по об'єктах енергогенерації та розподілу електроенергії єдиної енергетичної системи України.

До загальнодержавної структури, у якій електроенергія, генерована на великих електростанціях, розподіляється через систему електромереж, додається ще один елемент. Суб'єкти – власники засобів генерування сонячної, вітрової, гідро-, гідротермальної та біоенергії, об'єднуючись у мікромережі, виявляються спроможними накопичувати та перерозподіляти надлишки її виробництва у межах локальних співтовариств. Таким чином забезпечується скорочення навантаження на централізовані системи енергогенерації, особливо у пікові періоди.

Цифрові платформи та мікромережі енергогенерації

Організаційним ядром, екосистему якого на локальному рівні формують малі приватні виробники відновлюваної енергії, є ІП. Прикладом може слугувати регіональна платформа для дистриб'юторів електроенергії Elblox у Німеччині. На її базі регіональні виробники сонячної, вітрової, гідро- та біоенергії отримують можливість продавати електроенергію, згенеровану власними силами, безпосередньо місцевим кінцевим споживачам⁶. ІП за-

уникнути перевантаження системи, або навпаки, реагують на сигнали про те, що відновлювана енергогенерація перевищує поточні потреби для забезпечення можливості використання переваг більш дешевої пропозиції відновлюваної енергогенерації. Прикладами гнучкого управління попитом на відновлювану енергогенерацію можуть бути пральні машини, які можна запрограмувати на виконання циклу в найбільш оптимальний момент протягом дня, за умови, що цикл завершиться до заданого часу (скажімо, до кінця робочого дня), або електромобілі, які можна запрограмувати на зарядку протягом найбільш оптимальних годин, якщо вони повністю заряджаються до ранку. (UNCTAD, 2019. P. 13 – 14).

⁶ Elblox Platform. The Regional P2P Energy Market. (2021) URL: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/palvelut/alkuperatakuun-sertifikaatti/tapahtumamatskut/case-elblox.pdf>

безпечують координацію діяльності усіх учасників екосистеми, контролюють, фіксують та аналізують енергетичні потоки у мікромережі, забезпечують можливість проведення взаєморозрахунків між учасниками, підтримують зв'язок з національною енергетичною системою.

Особливістю мікромереж малої відновлюваної енергетики, що створюється завдяки їх платформізації, є можливість формування двостороннього характеру взаємодії учасників екосистеми, їх просьюмеризації, здатності змінювати у певні моменти ролі споживачів і виробників електроенергії (Šajn, 2016).

Формування локальних платформних мікромереж набуває значення інструменту забезпечення стабільності енергопостачання на рівні місцевого співтовариства. Об'єднання ресурсів приватних домогосподарств, місцевих громад, спрощення доступу до зовнішніх інвестиційних ресурсів поєднується з можливістю більш ефективного використання енергогенеруючого та енергоакумулюючого обладнання. Ще одним важливим стимулом розвитку платформних мікромереж може слугувати потенційне зменшення для кінцевого споживача вартості електроенергії. Адже він отримує доступ до надлишків енергогенерації, які у протилежному випадку взагалі не були б використані.

Водночас енергетичні мікромережі є елементом енергосистеми держави. Роль і місце у ній кожної окремої мікромережі зумовлюються рівнем соціально-економічного розвитку регіону, обсягами та особливостями енергоспоживання, специфікою природного середовища, потенціалом розвитку відновлюваної енергогенерації. Відповідно, окремі локальні платформні мікромережі енергогенерації можуть виступати переважно у ролі як її постачальників, так і споживачів. Тим самим полегшується балансування енергогенерації та енергоспоживання на загальнодержавному рівні.

Виклики, породжені платформізацією енергетичної галузі

ІП знаходять застосування в максимально широкому спектрі галузей господарювання і отримують переваги у конкурентній боротьбі з традиційними ієрархічними структурами (Липов, 2021).

Фундаментальні трансформації середовища господарювання зумовлюють появу цілої низки **викликів**, що постають перед енергетичною сферою. Серед них варто акцентувати увагу на такі, як:

- розширення можливостей контролю та оперативного регулювання процесів виробництва та розподілу електроенергії між незалежними учасниками енергетичних ринків. Вони співпрацюють у межах екосистеми ІП як єдиний віртуальний виробничий комплекс;

- створення умов для розвитку альтернативних мікромереж малих виробників електроенергії. Формується двосекторна модель енергетичного сектору. Традиційні великі виробники-монополісти постають перед перспективою розгортання конкурентної боротьби з "москітною флотилією" підприємств-домогосподарств. Останні на основі впровадження плат-

формної бізнес-моделі виявляються здатні пропонувати у межах мікромережі надлишок електроенергії власного виробництва;

- відкриваються додаткові можливості скорочення бар'єрів виходу на ринок. Це забезпечується шляхом розподілу між окремими учасниками функцій генерації, акумуляції, розподілу та управління енергетичними потоками. Відкриваються можливості залучення до цього процесу малих і середніх підприємств та фізичних осіб-суб'єктів підприємницької діяльності, які представляють окремі домогосподарства;

- полегшуються умови під'єднання до єдиної виробничої мережі-фабрики значної кількості малих виробників електроенергії. Особливого значення це набуває в умовах систематичних атак з боку агресора на енергетичну структуру країни. Наявність "москітного флоту" великої кількості об'єднаних у єдину мережу малих виробників електроенергії може суттєво посилити енергетичну безпеку країни, сприятиме скороченню ризиків, пов'язаних з пошкодженням відносно незначного кола великих об'єктів енергогенерування;

- постає завдання розвитку систем ліцензування та сертифікації певних складових забезпечення діяльності енергетичних мікромереж, її унормування та регулювання, впровадження гнучкої системи тарифікації вартості послуг з виробництва, акумуляції, перерозподілу електроенергії у межах мікромереж;

- з'являється альтернатива великим виробникам електроенергії. Водночас зберігається можливість монополії у сфері її розподілу на локальному рівні та актуалізується завдання заохочення розбудови двоконтурної моделі енергоакумуляції. У ній на локальному рівні існують варіанти формування мікромереж, у яких можливі три варіанти акумуляції надлишків енергогенерації. Перший – на рівні приватних власників відповідного обладнання. Другий – на основі спільного використання централізованих потужностей енергоакумуляції. Третій передбачає комбінацію обох варіантів у межах екосистеми ІП.

Варто враховувати, що в умовах кризи, викликаній військовою агресією Росії і необхідністю відновлення та реструктуризації національної економіки, актуальність використання потенціалу, що формується цифровими платформами, лише посилюється. Відповідно, на протипагу питанню про економічну доцільність їх впровадження, першочергового значення набуває використання потенціалу платформних мікромереж відновлюваної енергогенерації як важливого елемента забезпечення стійкості національної економіки, підтримки життєдіяльності, а в окремих випадках й взагалі виживання домогосподарств, пересічних громадян країни, а не лише підтримки їх добробуту.

Платформізація та трансформація енергетичного сектору

Напрямки трансформацій визначаються ключовими трендами на впровадження нових технологій, зростання динаміки енергетичних ринків та посилення ролі і значення їх державного регулювання в умовах зрос-

тання волатильності та невизначеності бізнесового середовища. Перед галуззю постає завдання:

- якісного прогнозування механізму переходу від централізованої до децентралізованої структурної організації;
- визначення організаційних та культурних змін, здатних забезпечити максимальний ефект від запровадження нових технологій;
- вибору стратегії ефективного використання нових технологій;
- отримання відчутного результату в короткостроковій перспективі як відправної основи подальшої перебудови.

Зі свого боку прогнозоване зростання волатильності ринків стимулює актуалізацію досліджень щодо:

- удосконалення прогнозування зміни пропозиції та цін на електроенергію;
- визначення стратегії з урахуванням тенденції еволюції поведінки ключових суб'єктів енергетичних ринків від практики "make or buy" до "sell back excess generation" у комбінації з "rent or own", зростання у пропозиції ринкової частки "prosumers" та переходу до "the prosumer era in electricity";
- формування ситуації, коли всі етапи ланцюжка створення вартості в галузі будуть спроможні забезпечити достатню прибутковість.

Перед органами державного регулювання постають завдання:

- впровадження стратегії, здатної забезпечити підтримку надійності системи генерації та розподілу;
- визначення потенціалу та можливих шляхів підвищення операційної ефективності за одночасної підтримки економічно виправданого та соціально прийняттого рівня тарифів;
- розробки альтернативних підходів до управління енергосистемою за умов формування другого рівня енергетичної системи країни – локальних платформних мереж мікрогенерації та впровадження регульованих, градуальних та нерегульованих тарифів.

Тим самим забезпечуються зменшення ризиків виникнення ситуації блекауту (ситуація особливо актуальна для України), зростання зеленої економіки (Dagher et al, 2017), збагачуються форми взаємодії у рамках місцевих громад (Mengelkamp et al, 2018). У поєднанні зі здатністю підтримувати якісне надання послуг з енергопостачання на базі ІП – мікромережі, забезпечується мінімізація впливу чинників економії за рахунок масштабу та обсягу на визначення структури енергогенеруючих фірм та галузі у цілому.

Платформізація та розвиток моделі "Індустрія 4.0" в енергетичному секторі

Впровадження цифрових платформ у сфері малої енергогенерації відкриває можливості розвитку енергетичного сектору за моделлю "Індустрія 4.0" (Schwab, 2016). Стратегія розбудови бізнес-моделі ґрунтується на активному запровадженні інноваційних технологій, підтримці розвитку платформ децентралізованої енергогенерації, що включають у свої екосистеми

ядро, яке забезпечує координацію діяльності учасників, віртуальні електростанції, мережі розподілу та підприємства, діяльність яких орієнтується на наданні послуг з акумуляції надлишків енергії, що виробляють учасники. У найбільш концентрованому вигляді потенціал енергетичних мереж як розподіленої фабрики з виробництва електроенергії продемонстрував пілотний IREN2-проєкт корпорації SIEMENS AG зі створення мікромережі – енергетичного острова, не пов'язаного з основною енергетичною мережею країни (2023). Зі свого боку ініціатори проєкту Brooklyn microgrid акцентували увагу на можливостях використання у процесі побудови такої мікромережі – розподіленої фабрики з виробництва електроенергії технологій блокчейн (Mengelkamp, 2018). Відмінною рисою побудови цифрових платформ у сфері енергогенерації на базі "Індустрії 4.0" є повна цифровізація взаємодії між усіма учасниками процесу від виробництва до споживання.

Пропонована модель застосування принципів "Індустрії 4.0" в енергетичній галузі передбачає інтеграцію під дахом ІП у єдину локальну екосистему власників особистих систем сонячної, вітро-, біо-, гідро- енергогенерації, готових вийти на роздрібний ринок електроенергії, станції акумулювання надлишків енергогенерації, споживачів, енергорозподільчі підприємства (рисунок).

Об'єднання локальних виробників у мікромережу у межах екосистеми ІП забезпечує можливість оперативної редистрибуції та акумуляції потоків електроенергії між незалежними учасниками, фіксації обсягів, аналізу даних про рух електроенергії у системі, забезпечення взаємних розрахунків

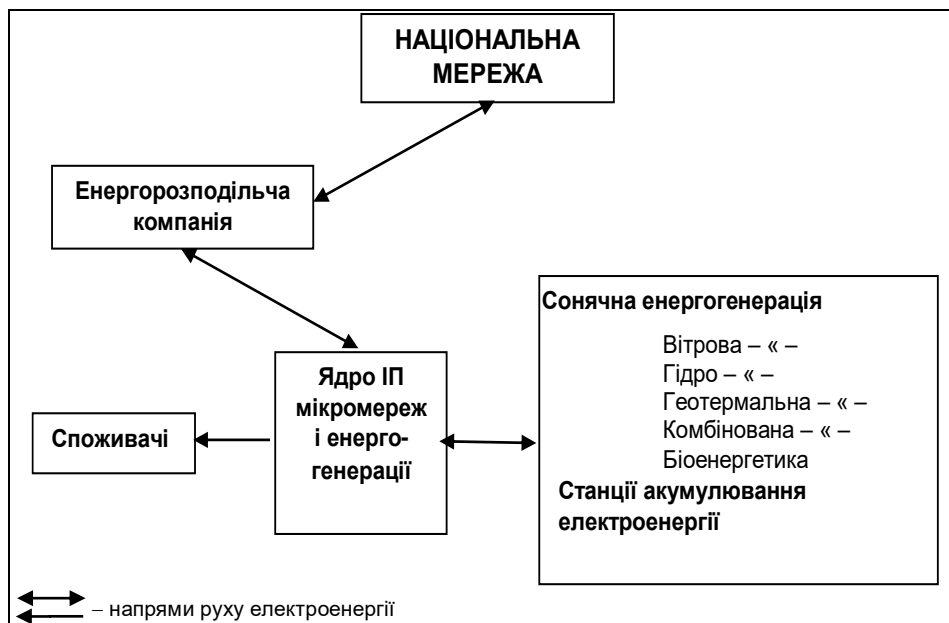


Рисунок. Структура та напрями руху енергії мікромережєвих цифрових платформ

Джерело: узагальнено і побудовано автором.

між учасниками, підтримки зв'язку з загальнонаціональною енергетичною системою. Важливим учасником екосистеми платформних мікромереж є локальні енергорозподільчі компанії. Вони забезпечують фізичну єдність учасників ІП як віртуальної корпорації – виробника електроенергії. Водночас вони є постачальниками енергії звичним споживачами, що не є її учасниками-виробниками електроенергії та забезпечують акумуляцію під'єднання до загальнонаціональної енергетичної системи.

Стимулювання розвитку енергетичних мікромереж на основі цифрових платформ

Комплексне застосування заходів зі стимулювання розвитку відновлюваної енергетики та мікромережевої інтеграції здатне сформувати синергетичний ефект посилення стійкості національної економіки до загроз, що виникають в умовах військового часу та сприяє забезпеченню досягнення широкого спектра цілей сталого розвитку у довгостроковій перспективі.

Як ресурси забезпечення розвитку малої мережевої енергетики можуть використовуватися особисті збереження домогосподарств, кредити банків, міжнародних організацій, передусім таких, як міжнародна фінансова корпорація, кошти місцевих бюджетів, зацікавлених підприємств та організацій, іноземних інвесторів, державний фонд забезпечення структурної перебудови енергетичної галузі, цільове фінансування та кредитування розвитку енергоакумулюючих потужностей та забезпечення реверсного руху енергетичних потоків.

Універсальні інструменти структурної перебудови галузі включають:

- надання дотацій, субсидій та пільгових кредитів на придбання обладнання;
- цільове фінансування реконструкції відповідної інфраструктури;
- регулювання цін на продаж, купівлю, послуги редистрибуції та акумулювання електроенергії (у тому числі формування гнучких тарифів на надавані послуги);
- надання податкових пільг (канікули, вирахування) суб'єктам господарювання, задіяним у розвитку малої енергетики;
- пільгова амортизаційна політика;
- встановлення митних пільг на ввезення відповідного обладнання;
- надання можливостей пільгового доступу до акумулюючого обладнання;
- державна технологічна підтримка забезпечення можливості реверсного постачання електроенергії у мережах;
- формування відповідної правової бази та спрощення оформлення документації (у тому числі розроблення та впровадження нормативної документації з формування мікромереж на базі цифрових платформ малої енергогенерації, розроблення нормативної документації з тарифікації про-

дажу електроенергії малими приватними виробниками, підключення до електромереж);

- сприяння створенню мережі підприємств з сервісного обслуговування устаткування малих енергетичних мереж;
- забезпечення системи навчання та надання консультаційної підтримки в організації експлуатації елементів малих енергетичних мереж;
- підтримка міжнародного співробітництва з питань запозичення відповідних технологій і практики їх використання.

У процесі формування відповідної політики державі необхідно враховувати вплив на вибір напрямів відновлюваної генерації (сонячна, вітрова, біо-, гідроенергетика) та інструментарію заохочення її розвитку специфіки потенційних інтересів комерційних структур та приватного сектора, суб'єктів, що забезпечують виробництво, редистрибуцію та акумуляцію електроенергії, регіональної специфіки, соціальних та економічних чинників.

Висновки

В умовах активізації зусиль Росії з руйнації енергетичної безпеки України зростає актуальність пошуку шляхів підтримки стабільності роботи енергосистеми. Суттєвий потенціал вирішення цього завдання має розвиток малої відновлюваної енергетики. Можливості її розвитку використовуються далеко не в повній мірі. Чинниками виступають обмеженість власних фінансових ресурсів зацікавлених підприємств та домогосподарств, недостатні окупність інвестицій та підтримка зі боку держави, підвищена ризиковість, пов'язана із суттєвою залежністю від погодних умов. Внаслідок війни Росії проти України посилились інвестиційні ризики.

Перспективним напрямом вирішення вказаних проблем може бути об'єднання невеликих виробників електроенергії у локальні мікромережі. Відкривається можливість обміну електроенергією на цифровому енергетичному ринку, який підтримується відповідною інформаційною платформою. Потенціал об'єднання та активізації залучення інвестиційних ресурсів учасників підкріплюється підвищенням ефективності та скороченням строків окупності енергогенеруючого та енергоакумуляуючого обладнання за рахунок оптимізації його використання. Загальнодержавна система генерації та розподілу електроенергії доповнюється системою мікромереж відновлюваної енергетики, що функціонують на локальному рівні. Підвищується ефективність використання обладнання, зростає надійність енергозабезпечення на локальному рівні, зменшується вартість електроенергії. Формована на основі платформізації "Розумна віртуальна електростанція" набуває властивостей кіберфізичної системи, яка працює на принципах "Індустрії 4.0".

Універсалізм завдань, вирішення яких забезпечується завдяки розвитку мереж відновлюваної мікрогенерації, зумовлює залучення до підтримки його розвитку широкого спектра інструментів державної структур-

но-інвестиційної, науково-технічної, регіональної, цінової політики, політики регулювання та підтримки підприємницької діяльності. Серед них надання дотацій, субсидій та пільгових кредитів, цільове фінансування, регулювання цін, надання податкових і митних пільг, державне сприяння розвитку системи навчання, консультаційної підтримки та сервісного обслуговування устаткування малих енергетичних мереж, державна технологічна підтримка забезпечення можливості реверсного постачання електроенергії у мережах, формування правової бази та спрощення оформлення документації. Ресурсна база розвитку малої енергетики може включати особисті збереження домогосподарств, кошти підприємств, доходи місцевих громад, банківські кредити, грантову підтримку міжнародних організацій, державне цільове фінансування.

Розвиток локальних платформених мікромереж відновлюваної енергогенерації, акумуляції та редистрибуції сприятиме скороченню волатильності енергетичного ринка, посиленню енергобезпеки держави.

Література

1. Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті: матеріали XXII міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 20–21 травня 2021р.). (2021). Київ: Інтерсервіс, 1104.
2. Гриценко, А. А., Липов, В. В. (2020). Информационные платформы как сетевая институциональная трансформация. *Journal of Institutional Studies*. № 12 (2). С. 132–148. DOI: 10.17835/2076-6297.2020.12.2.132-148.
3. Липов В. (2021). Еволюція інституційних форм конкурентних відносин: від першої до четвертої промислової революції. *Економічна теорія*. № 1. С. 20–40. DOI: <https://doi.org/10.15407/etet2021.01.020>
4. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування. Аналіт. Доповідь / за заг. ред. О.М. Суходолі. (2020). НІСД. Київ. 178 с. URL: <https://niss.gov.ua/publikacii/analitichni-dopovidi/energetichna-bezpeka-ukrainimetodologiya-sistemnogo-analizu-ta/>
5. Abdmouleh, Z. et al. (2015). Review of Policies Encouraging Renewable Energy Integration & Best Practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 45. P. 249–262. DOI: 10.1016/j.rser.2015.01.035
6. Borenstein, S. (2017). Private Net Benefits of Residential Solar PV: the Role of Electricity Tariffs, Tax Incentives, and Rebates. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*. Vol. 4, issue 1. P. 85–122. DOI: 10.1086/691978
7. Dagher, L. et al. (2017). Residential Green Power Demand in the United States. *Renewable Energy*. Vol. 114. P. 1062–1068. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.111>
8. Fehrenbacher, K. (June, 2017). Five Trends for the Smart Energy Home of the Future. *Greentech Media*, Jan; EIA. URL: <https://www.greentechmedia.com/articles/read/5-trends-for-the-smart-energy-home-of-the-future> (Accessed 26 November 2022).
9. Fu, R. et al. (2017). US Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017. Tech. rept. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO. <https://doi.org/10.2172/1395932>
10. Hagerman, S. et al. (2016) Is rooftop solar PV at socket parity without subsidies? *Energy Policy*. Vol. 89. P. 84–94. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.017>

11. Henninger A. et al. (2022). Distributed Renewable Energy Management: A Gap Analysis and Proposed Blockchain-Based Architecture. *J Risk Financ Manag.* Apr 20; Vol. 15, issue 5:191. doi: 10.3390/jrfm15050191. PMID: 35911091; PMCID: PMC9195073.
12. Hossain, M. et al. (2016). Role of smart grid in renewable energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* Vol. 60. P. 1168–1184. DOI: 10.1016/j.rser.2015.09.098
13. Jenkins, N. et al. (2015). An Overview of the Smart Grid in Great Britain. *Engineering,* Vol. 1, issue 4. P. 413–421. DOI:10.15302/J-ENG-2015112
14. Kwasinski, A. et al. (2016). *Microgrids and other local area power and energy systems.* Cambridge University Press, Cambridge. URL: <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139002998>. (Accessed 26 November 2022).
15. Lang, T. et al. (2016). Profitability in Absence of Subsidies: A Techno-Economic Analysis of Rooftop Photovoltaic Self-Consumption in Residential and Commercial Buildings. *Renewable Energy,* Vol. 87 (mar). P. 77–87. [https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.059/](https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.059)
16. Li, R. et al. (2022). Environmental and economic analysis of technological innovations in the energy sector. *International Journal of Global Environmental Issues, Inderscience Enterprises Ltd.* Vol. 21, issue 2/3/4. P. 182-197. <https://doi.org/10.1504/IJGENVI.2022.126204>
17. Lo Prete, C., Hobbs, B. F. (2016). A cooperative game theoretic analysis of incentives for microgrids in regulated electricity markets. *Applied Energy.* Vol. 169. P. 524–541. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.01.099
18. Lüth, A. et al. (2018). Local electricity market designs for peer-to-peer trading: the role of battery flexibility. *Applied Energy.* Vol. 229. P. 1233-1243. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.004>
19. Mengelkamp, E. et al. (2018). Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. *Applied Energy.* Vol. 210. P. 870–880. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054>
20. Mitscher, M., Rüther, R. (2012). Economic Performance and Policies for Grid Connected Residential Solar Photovoltaic Systems in Brazil. *Energy Policy.* Vol. 49 (oct). P. 688–694. DOI: 10.1016/j.enpol.2012.07.009
21. Morstyn, T. et al. M. (2018). Using Peer-to-Peer Energy-Trading Platforms to Incentivize Prosumers to Form Federated Power Plants. *Nature Energy.* Vol. 3, issue 2. P. 94. URL: https://www.researchgate.net/publication/322937838_Using_peer-to-peer_energy-trading_platforms_to_incentivize_prosumers_to_form_federated_power_plants (Accessed 26 November 2022). DOI: 10.1038/s41560-017-0075-y
22. Munger, M. C. (2018). *Tomorrow 3.0: Transaction Costs and the Sharing Economy.* Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108602341>
23. Nosova, O., Lypov, V. (2021). "Transforming Competitiveness by Introducing Digital Platforms". *Journal of World Economy: Transformations & Transitions (JOWETT).* Vol. 1, issue 03:11. DOI: <https://doi.org/10.52459/jowett13111221>.
24. Olivella-Rosell, P. et al. (2018). [Optimization problem for meeting distribution system operator requests in local flexibility markets with distributed energy resources.](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.136) *Applied Energy, Elsevier.* Vol. 210. P. 881-895. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.08.136
25. Parag, Y., Sovacool, B. (2016) Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy.* Vol. 1, issue 4. P. 16-32. DOI: 10.1038/NENERGY.2016.32
26. Parker, G., et al. (2016). *Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You.* W W Norton & Company.
27. Rochet, J., Tirole, J. (2003). Platform Competition in Two-Sided Markets. *Journal of the European Economic Association.* Vol. 1, issue 4. P. 990–1029. <https://doi.org/10.1162/154247603322493212>

28. Šajn, N. (2016). Electricity 'Prosumers'. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf) (accessed 26 November 2022).
29. Schill, W.-P. et al. (2017). Prosumage of solar electricity: Pros, cons, and the system perspective. *Economics of Energy & Environmental Policy*. Vol. 6, issue 1. P. 33. <https://doi.org/10.5547/2160-5890.6.1.wsch>
30. Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. [online] URL: <https://anylang.net/ru/books/en/chetvertaya-promyshlennaya-revoluciya/read>.
31. SEIA. (2017). Solar Market Insight Report 2017 Year in Review. Tech. rept. Solar Energy Industries Association. Washington, SEIA.
32. SIEMENS AG (2023). IREN2. URL: <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/topics/iren-2.html> (accessed 03 January 2023).
33. Smicek N. (2017). Platform Capitalism. Cambridge: Polity Press. 92.
34. UNCTAD (2019). The role of science, technology and innovation in promoting renewable energy by 2030. 2019. Geneva: UNCTAD. 51.
35. Zame, K. et al. (2018). Smart grid and energy storage: Policy recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 82. P. 1646–1654. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.011>

Надходження до редакції 5 травня 2023 року

Прорецензовано 14 травня 2023 року

Підписано до друку 28 червня 2023 року

References

1. Abdmouleh, Z. et al. (2015). Review of Policies Encouraging Renewable Energy Integration & Best Practices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 249-262. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.035>
2. Borenstein, S. (2017). Private Net Benefits of Residential Solar PV: the Role of Electricity Tariffs, Tax Incentives, and Rebates. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 4 (1), 85-122. <https://doi.org/10.1086/691978>
3. Dagher, L. et al. (2017) Residential Green Power Demand in the United States. *Renewable Energy*, 114: 1062-1068. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.07.111>
4. Sukhodolia, O.M. (2020). Energy security of Ukraine: methodology of system analysis and strategic planning. NISD. Kyiv. Retrieved from <https://niss.gov.ua/publikacii/analitichni-dopovidi/energetichna-bezpeka-ukrainimetodologiya-sistemnogo-analizu-ta> [in Ukrainian].
5. Fehrenbacher, K. (2017, June). Five Trends for the Smart Energy Home of the Future. Greentech Media, Jan; EIA. Retrieved 26 November 2022 from <https://www.greentechmedia.com/articles/read/5-trends-for-the-smart-energy-home-of-the-future>.
6. Fu, R. et al. (2017). US Solar Photovoltaic System Cost Benchmark: Q1 2017. Tech. rept. National Renewable Energy Lab. (NREL), Golden, CO. <https://doi.org/10.2172/1395932>
7. Grytsenko, A. A., Lypov, V. V. (2020). Information platforms as a network institutional transformation. *Journal of Institutional Studies*, 12 (2), 132-148. <https://doi.org/10.17835/2076-6297.2020.12.2> [in Russian].
8. Hagerman, S. et al. (2016). Is Rooftop Solar PV at Socket Parity Without Subsidies? *Energy Policy*, 89, 84-94. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.11.017>
9. Henninger, A. et al. (Apr 20, 2022). Distributed Renewable Energy Management: A Gap Analysis and Proposed Blockchain-Based Architecture. *J Risk Financ Manag*, 15 (5):191. <https://doi.org/10.3390/jrfm15050191>.
10. Hossain, M. et al. (2016). Role of smart grid in renewable energy: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1168-1184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.098>

11. Jenkins, N. et al. (2015). An Overview of the Smart Grid in Great Britain. *Engineering*, 1 (4), 413-421. <https://doi.org/10.15302/J-ENG-2015112>
12. Kwasinski, A. et al. (2016). Microgrids and other local area power and energy systems. Cambridge University Press, Cambridge. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139002998>. (Accessed 26 November 2022).
13. Lang, T. et al. (2016). Profitability in Absence of Subsidies: A Techno-Economic Analysis of Rooftop Photovoltaic Self-Consumption in Residential and Commercial Buildings. *Renewable Energy*, 87, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.09.059>
14. Li, R. et al. (2022). Environmental and economic analysis of technological innovations in the energy sector. *International Journal of Global Environmental Issues, Inderscience Enterprises Ltd*, 21 (2/3/4), 182-197. <https://doi.org/10.1504/IJGENVI.2022.126204>
15. Lo Prete, C., Hobbs, B. F. (2016). A cooperative game theoretic analysis of incentives for microgrids in regulated electricity markets. *Applied Energy*, 169, 524-541. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.099>
16. Lüth, A. et al. (2018). Local electricity market designs for peer-to-peer trading: the role of battery flexibility. *Applied Energy*, 229, 1233-1243. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.08.004>
17. Lypov, V. (2021). Evolution of institutional forms of competitive relations: from the first to the fourth industrial revolution. *Ekonom. teor. – Economic theory*, 1, 20-40. <https://doi.org/10.15407/etet2021.01.020> [in Ukrainian].
18. Mengelkamp, E. et al. (2018). Designing microgrid energy markets: A case study: The Brooklyn Microgrid. *Applied Energy*, 210, 870-880. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.06.054>
19. Mitscher, M., Rüther, R. (2012). Economic Performance and Policies for Grid Connected Residential Solar Photovoltaic Systems in Brazil. *Energy Policy*, 49, 688-694. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.009>
20. Morstyn, T. et al. M. (2018). Using Peer-to-Peer Energy-Trading Platforms to Incentivize Prosumers to Form Federated Power Plants. *Nature Energy*, 3: 2, 94. Retrieved 26 November 2022 from https://www.researchgate.net/publication/322937838_Using_peer-to-peer_energy-trading_platforms_to_incentivize_prosumers_to_form_federated_power_plants/; <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0075-y>
21. Munger, M. C. (2018). Tomorrow 3.0: Transaction Costs and the Sharing Economy. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108602341>
22. Nosova, O., Lypov, V. (2021). Transforming Competitiveness by Introducing Digital Platforms. *Journal of World Economy: Transformations & Transitions (JOWETT)*, 1(03): 11. <https://doi.org/10.52459/jowett13111221>
23. Olivella-Rosell, P. et al. (2018). Optimization problem for meeting distribution system operator requests in local flexibility markets with distributed energy resources. *Applied Energy*, 210, 881-895. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.136>
24. Parag, Y., Sovacool, B. (2016) Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy*, 1 (4), 16-32. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.32>
25. Parker, G., et al. (2016). Platform Revolution: How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You. W W Norton & Company.
26. Renewable energy and energy efficiency in the XXI century: materials of the XXII international scientific and practical conference (2021, May 20-21). Kyiv: Interservis [in Ukrainian].
27. Rochet, J., Tirole, J. (2003). Platform Competition in Two-Sided Markets. *Journal of the European Economic Association*, 1 (4), 990-1029. <https://doi.org/10.1162/154247603322493212>

28. Šajn, N. (2016). Electricity 'Prosumers'. Retrieved 26 November 2022 from [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI\(2016\)593518_EN.pdf/](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2016/593518/EPRS_BRI(2016)593518_EN.pdf/)
29. Schill, W.-P. et al. (2017). Prosumage of solar electricity: Pros, cons, and the system perspective. *Economics of Energy & Environmental Policy*, 6: 1, 33. <https://doi.org/10.5547/2160-5890.6.1.wsch>
30. Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. Retrieved from <https://anylang.net/ru/books/en/chetvertaya-promyshlennaya-revolyuciya/read>.
31. SEIA (2017). Solar Market Insight Report 2017 Year in Review. Tech. rept. Solar Energy Industries Association. Washington, SEIA.
32. SIEMENS AG (2023). IREN2. Retrieved 03 January 2023 from <https://new.siemens.com/global/en/products/energy/topics/iren-2.html/>
33. Smicek N. (2017). Platform Capitalism. Cambridge: Polity Press.
34. UNCTAD (2019). The role of science, technology and innovation in promoting renewable energy by 2030. 2019. Geneva: UNCTAD.
35. Zame, K. et al. (2018). Smart grid and energy storage: Policy recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1646-1654. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.011>

Received May 5, 2023

Reviewed May 14, 2023

Signed to print 28 June, 2023.