

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-70-162>

УДК 338.2

КРИТЕРІЇ ЗАМІЩЕННЯ КРИТИЧНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ПРИСКОРЕННЯ ПЕРЕХОДУ НА ЧИСТУ ЕНЕРГІЮ ДЛЯ ЕКОНОМІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНОГО РОЗВИТКУ

CRITERIA FOR REPLACING CRITICAL ENERGY INFRASTRUCTURE: ACCELERATING THE TRANSITION TO CLEAN ENERGY FOR ECONOMIC AND SOCIAL DEVELOPMENT

Балагуровська Інна Олексіївна

молодший науковий співробітник, аспірантка,
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3642-9506>

Колосок Світлана Іванівна

кандидат економічних наук, доцент,
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5133-9878>

Коваленко Євген Володимирович

кандидат економічних наук, доцент,
Сумський державний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2111-9372>

Balahurovska Inna, Kolosok Svitlana, Kovalenko Yevhen
Sumy State University

У сучасних умовах, коли Україна стикається з численними атаками на енергосистему та втратами маневрової генерації, трансформація критичної енергетичної інфраструктури та зелений її перехід набуває особливого значення. Необхідно враховувати географічний потенціал та різні енергетичні потреби у державі, адже більшість об'єктів відновлюваної енергетики була побудована на півдні України. Пріоритетним завданням стає розвиток відновлюваної енергетики в енергодефіцитних регіонах та забезпечення ефективної інтеграції електроенергії за допомогою інтерконекторів, що з'єднують енергосистему України з країнами-сусідами. Потребує визначення критеріїв для заміщення критичної інфраструктури та забезпечення стабільності енергопостачання. Враховуючи наявні виклики, дослідження цих критеріїв стає ще більш актуальним, оскільки дозволить сформувати дорожню карту відновлення та розвитку енергетики. Це сприятиме підвищенню енергетичної безпеки України, стабілізації виснаженої економіки та покращенню якості життя для населення, а також, – посиленню надійності і стійкості енергосистеми в умовах численних зовнішніх загроз.

Ключові слова: відновлюванні джерела енергії, економічна політика, енергетична інфраструктура, критерії, національна безпека.

In today's environment, Ukraine faces numerous attacks on its power system and the loss of shunting generation, so the transformation of critical energy infrastructure and its green transition is crucial. It is essential to consider the country's geographical potential and diverse energy needs, as most renewable energy facilities are located in the south of Ukraine. A priority task is to develop renewable energy in energy-deficient regions and ensure the effective integration of electricity through interconnectors linking Ukraine's power system with neighboring countries. Criteria for replacing critical infrastructure and ensuring the stability of energy supply need to be defined. Given the current challenges, studying these criteria becomes even more relevant, as it will help form a roadmap for energy recovery and development. Identifying and implementing relevant criteria for replacing critical energy infrastructure is vital for achieving energy resilience and sustainable development. These criteria should consider the specifics of economic sectors, geographical conditions, and other factors affecting energy transformation efficiency. It is essential to ensure

that these criteria are adapted to the conditions of specific regions and industries to maximize efficiency and meet society's needs. This will help increase Ukraine's energy security, stabilize the depleted economy, improve the quality of life for the population, and strengthen the reliability and resilience of the energy system in the face of numerous external threats. Establishing criteria for replacing critical facilities and ensuring a stable energy supply becomes even more important in light of the current challenges. Facilitating the creation of a plan to restore and develop the energy sector will increase Ukraine's energy security, stabilize the economy, and improve the living standards of the population. Reliability and continuity of electricity supply, climate neutrality, modernization, innovation, integration with international markets, social justice, and protection of vulnerable groups are key elements determining a successful transition to clean energy.

Keywords: renewable energy sources, economic policy, energy infrastructure, criteria, national security.

Постановка проблеми. Сучасний світ стикається з нагальною потребою в енергетичній трансформації для прискорення переходу на чисту та сталу енергію. Один із ключових аспектів цієї трансформації полягає у створенні та впровадженні відповідних критеріїв заміщення критично важливої енергетичної інфраструктури. Це необхідно, оскільки традиційні джерела енергії, такі як вугілля, нафта та природний газ, спричиняють серйозні негативні впливи на довкілля і стають дедалі менш перспективними через обмеженість ресурсів і зростаючі вимоги до збереження екологічної рівноваги. В умовах постійних атак на українську енергосистему та втрат маневрової генерації, модернізація критичної енергетичної інфраструктури та її перехід на відновлювані джерела енергії набувають особливої важливості. Через нерівномірне розміщення об'єктів відновлюваної енергетики у різних областях України, важливо розвивати відновлювані джерела в енергодефіцитних частинах країни та забезпечити ефективне підключення електроенергії через інтерконектори із сусідніми країнами. Визначення критеріїв для заміщення критично важливих об'єктів і забезпечення стабільного енергопостачання стає ще більш актуальним у світлі наявних викликів. Це допоможе створити план відновлення та розвитку енергетичного сектору, що підвищить енергетичну безпеку України, стабілізує економіку і покращить рівень життя населення. Такі заходи також зроблять енергетичну систему надійнішою та стійкішою до зовнішніх загроз. Одним із важливих аспектів є забезпечення балансу між економічними, соціальними та екологічними аспектами розвитку енергетичної галузі. Економічні критерії спрямовані на підвищення ефективності використання ресурсів і зменшення витрат, соціальні критерії гарантують доступність та справедливість у постачанні енергії для всіх верств населення, а екологічні критерії зосереджені на зменшенні негативного впливу на

навколишнє середовище та досягненні кліматичної нейтральності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перехід на чисту енергію та заміщення критичної енергетичної інфраструктури є частинами сучасної енергетичної політики та досліджень суспільного розвитку. Останні роботи охоплюють широкий спектр критеріїв для розвитку енергетичної інфраструктури. Jin-chi Hsieh досліджував економічні критерії, зосереджуючись на інвестиціях у чисті технології та ефективне використання ресурсів [1]. Lina Ingeborgrud і колеги вивчали соціальні критерії, спрямовані на забезпечення доступу до енергії для всіх [2]. Jingwen Li та інші акцентували на екологічних критеріях, таких як зменшення шкідливих викидів [3]. M. J. B. Kabeyi та O. A. Olanrewaju досліджували технічні критерії, що забезпечують надійність нових систем [4]. Mathieu Blondeel розглядав географічні особливості для оптимального розташування джерел енергії [5]. Wei Chen та інші вивчали вимоги різних галузей економіки [6]. Xunzhang Pan і колеги досліджували критерії сталого розвитку [7]. Європейська комісія розглядала виключні критерії для енергетичної інфраструктури [8]. Незважаючи на достатню увагу, що присвячена дослідженню критеріїв розгортання енергетичної інфраструктури, через складну ситуацію в Україні та потребу у трансформації енергетичного сектору, необхідно систематизувати дослідження та уточнити критерії для ефективного розвитку енергетичної інфраструктури.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у дослідженні релевантних критеріїв заміщення критичної енергетичної інфраструктури, що необхідні для прискорення переходу на чисту енергію, гнучкого реагування на попит та уникнення фрагментації енергетичного ринку. Робота спрямована на вивчення та опис критеріїв для забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розроблення релевантних критеріїв

заміщення критичної енергетичної інфраструктури є важливим кроком у впровадженні ефективних стратегій переходу на чисту енергію. Згідно зі звітом "Post War Development of the Renewable Energy Sector in Ukraine", серед основних цілей розвитку українського енергетичного сектору є забезпечення стабільного та безперервного постачання електроенергії для споживачів, підвищення енергоефективності, зменшення енергетичної інтенсивності ВВП завдяки ефективній політиці використання енергоресурсів, захист енергетичних об'єктів, досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Також важливими аспектами є модернізація енергетичної інфраструктури з використанням передових технологій, повна інтеграція з європейськими ринками газу та електроенергії, а також, – розвиток експортноорієнтованої енергетичної промисловості, що передбачає як збільшення видобутку нафти та газу, так і експорт газу, інтеграцію газових сховищ у європейську мережу, виробництво водню з альтернативних газів. Нарешті, трансформація енергетичного сектору має на меті подолання енергетичної бідності та захист вразливих груп населення, зберігаючи конкурентні відносини на ринках енергії [6]. Потребується збільшення потужності генерації, зокрема за рахунок розгортання генеруючої потужності з використанням відновлюваних джерел енергії. Як плану-

ється, до 2030 року значно зросте виробництво та споживання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), що показано на рис. 1.

Заплановані цілі збільшення генерації ВДЕ ставлять перед собою завдання, спрямовані на модернізацію енергетичної інфраструктури країни з урахуванням глобальних викликів та потреб споживачів. Зокрема, зроблено акцент на забезпечення надійності постачання електроенергії, зменшення енергетичної інтенсивності економіки та перехід до кліматично нейтрального виробництва енергії. Також важливими аспектами є інтеграція з європейськими енергетичними ринками та захист найуразливіших прошарків населення від енергетичної бідності. Зусилля в цих напрямках сприятимуть не лише сталому розвитку енергетики України, а й підвищенню її конкурентоспроможності на міжнародній арені. Враховуючи існуючі проєкти розбудови відновлюваної енергетики, у т.ч., в енергетично дефіцитних регіонах, можливо сформувати критерії заміщення енергетичної інфраструктури (табл. 1).

Розглянуті критерії визначають основні принципи та орієнтири для розробки та впровадження стратегій переходу на чисту енергію. Вони допомагають ідентифікувати ключові аспекти, які необхідно враховувати для ефективного переходу до сталої та екологічно чистої енергетики. Надійність та безперервність постачання електроенергії, кліматична

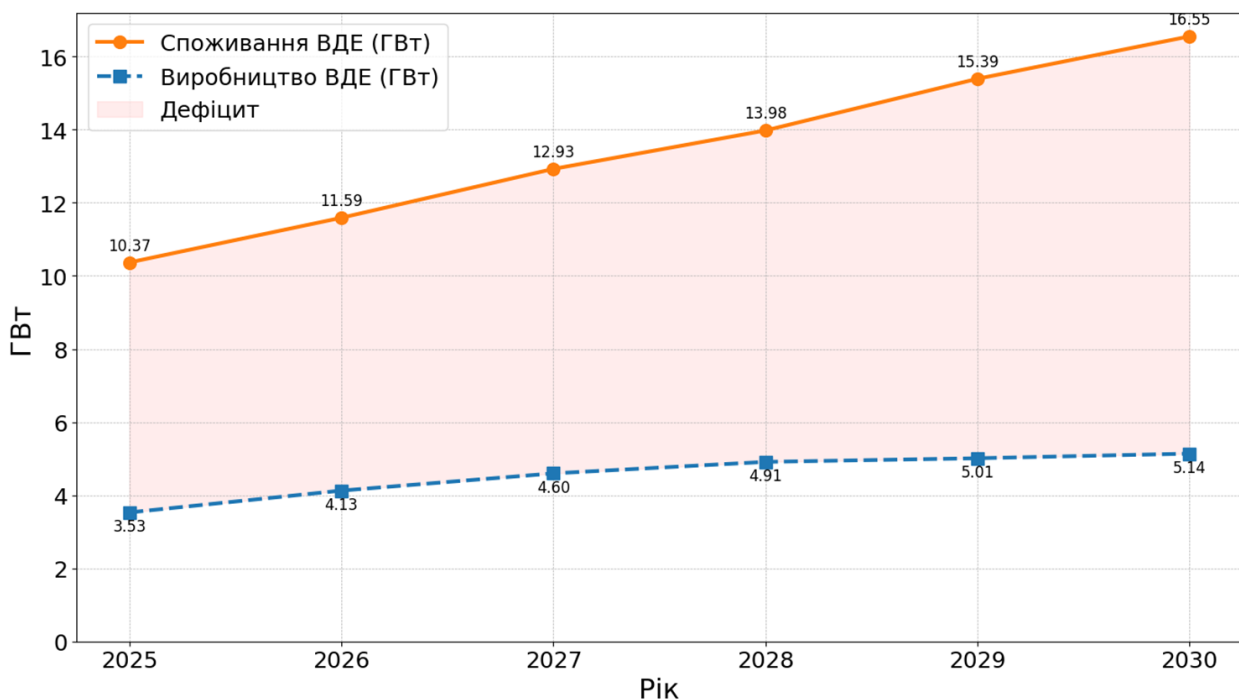


Рис. 1. Споживання, виробництво та дефіцит відновлюваної енергії в Україні (2025–2030)

Джерело: побудовано на основі даних [10]

Таблиця 1

Критерії заміщення критичної енергетичної інфраструктури

Критерії	Приклади проєктів
Сталого розвитку	"MicroHubs, FireDragon Fuel for Ukraine"
Ефективності	"Dual Heat Pump for Residential Buildings"
Децентралізації	"Optimised Microgrid Management in Ukraine"
Інноваційності	"All-Iron Redox Flow Utility for Sustainable Energy"
Стійкості та критичного управління навантаженням	"Critical Energy Resilience for Ukraine"
Екологічного, соціального та корпоративного управління (ESG)	"Development of Business Model for Biomethane Production in Ukraine"
Кліматичної нейтральності	"H2U – Sustainable and inclusive hydrogen energy for Ukraine's recovery"
Безпеки	"Safe, Sustainable, and Swift Reconstruction of Ukraine"
Декарбонізації та географічного потенціалу	"Geothermal Ukraine - an Empowering Change for Good"
Оптимізації управління енергією	"Critical Energy Resilience for Ukraine"

Джерело: складено авторами

нейтральність, модернізація та інновації, інтеграція з міжнародними ринками, а також соціальна справедливість та захист вразливих груп населення є основними елементами, що визначають успішний перехід до чистої енергії. Критерії враховують особливості конкретних ситуацій і галузей, що сприяє більш ефективному та придатному до конкретних умов переходу на чисту енергію. Врахування цих критеріїв у стратегіях переходу допомагає забезпечити стабільність та сталість енергетичних систем у майбутньому. Дані критерії спрямовані на підтримку переходу до стійких джерел енергії та зменшення впливу на довкілля. Вони створюють сприятливе середовище для розвитку енергетичних технологій, що ґрунтуються на відновлюваних джерелах енергії, сприяючи зменшенню викидів вуглецю та інших шкідливих речовин у повітря та воду. Також вони підтримують більш ефективно використання ресурсів та збільшення енергетичної безпеки.

Завдяки комплексному підходу до реалізації стратегічних пріоритетів можливо врахувати всі важливі фактори, що впливають на стійкий розвиток енергетичного сектору. Такий підхід сприяє не лише поточному розвитку, але й забезпеченню довгострокової стійкості та адаптивності енергетичної системи України до сучасних викликів і потреб.

Висновки. У дослідженні проаналізовано аспекти процесу заміщення критичної енергетичної інфраструктури, спрямованого на прискорення переходу до чистих і стійких джерел енергії. Визначення та впровадження релевантних критеріїв заміщення критичної енергетичної інфраструктури є важливим для досягнення енергетичної стійкості та сталого розвитку. Такі критерії мають враховувати специфіку галузей економіки, географічні умови та інші фактори, що впливають на ефективність енергетичних перетворень. Важливо забезпечити адаптацію цих критеріїв до умов конкретних регіонів та галузей, щоб досягти максимальної ефективності та відповідності потребам суспільства.

Запропоновані критерії заміщення критичної енергетичної інфраструктури та визначені стратегічні цілі спрямовані на забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору України та підвищення його конкурентоспроможності на міжнародному рівні. Важливо, щоб усі зацікавлені сторони, включаючи уряд, бізнес та громадянське суспільство, активно співпрацювали для досягнення цих цілей, що сприятиме створенню більш стійкої та екологічно безпечної енергетичної системи.

Фінансування роботи. Це дослідження було профінансовано Міністерством освіти і науки України (номер гранту: 0123U101920).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Hsieh, J.-c. Study of energy strategy by evaluating energy–environmental efficiency. *Energy Reports*. 2022. № 8. P. 1397–1409. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.061>.
2. Ingeborgrud, L., Heidenreich, S., Ryghaug, M., Skjølsvold, T. M., Foulds, C., Robison, R., Buchmann, K., & Mourik, R. Expanding the scope and implications of energy research: A guide to key themes and concepts from the Social Sciences and Humanities. *Energy Research & Social Science*. 2020. № 63. 101398. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101398>.
3. Li, J., Zhang, X., Ali, S., & Khan, Z. Eco-innovation and energy productivity: New determinants of renewable energy consumption. *Journal of Environmental Management*. 2020. № 271. 111028. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111028>.
4. Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. Sustainable Energy Transition for Renewable and Low Carbon Grid Electricity Generation and Supply. *Frontiers in Energy Research*. 2022. № 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.743114>.
5. Blondeel, M., Bradshaw, M. J., Bridge, G., & Kuzemko, C. The geopolitics of energy system transformation: A review. *Geography Compass*. 2021. №15(7). <https://doi.org/10.1111/gec3.12580>.
6. Chen, W., Alharthi, M., Zhang, J., & Khan, I. The need for energy efficiency and economic prosperity in a sustainable environment. *Gondwana Research*. 2023. № 127. P. 22–35. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.025>.
7. Pan, X., Shao, T., Zheng, X., Zhang, Y., Ma, X., & Zhang, Q. Energy and sustainable development nexus: A review. *Energy Strategy Reviews*. (2023). № 47. 101078. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101078>.
8. European Commission. (2023). Access, infrastructure exemptions and derogations. *Energy*. ULR: <https://shorturl.at/jyBtu> (дата звернення: 09.09.2024).
9. GOPA. (2024). Post war development of the renewable energy sector in Ukraine. ULR: <https://shorturl.at/U92st> (дата звернення: 09.09.2024).
10. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання: розпорядження Кабінету міністрів України від 13.08.2024 № 761-р. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-p> (дата звернення: 09.09.2024).

REFERENCES:

1. Hsieh, J.-c. (2022). Study of energy strategy by evaluating energy–environmental efficiency. *Energy Reports*, 8, 1397–1409. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.12.061>.
2. Ingeborgrud, L., Heidenreich, S., Ryghaug, M., Skjølsvold, T. M., Foulds, C., Robison, R., Buchmann, K., & Mourik, R. (2020). Expanding the scope and implications of energy research: A guide to key themes and concepts from the Social Sciences and Humanities. *Energy Research & Social Science*, 63, 101398. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101398>.
3. Li, J., Zhang, X., Ali, S., & Khan, Z. (2020). Eco-innovation and energy productivity: New determinants of renewable energy consumption. *Journal of Environmental Management*, 271, 111028. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111028>.
4. Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Sustainable Energy Transition for Renewable and Low Carbon Grid Electricity Generation and Supply. *Frontiers in Energy Research*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.743114>.
5. Blondeel, M., Bradshaw, M. J., Bridge, G., & Kuzemko, C. (2021). The geopolitics of energy system transformation: A review. *Geography Compass*, 15(7). <https://doi.org/10.1111/gec3.12580>.
6. Chen, W., Alharthi, M., Zhang, J., & Khan, I. (2023). The need for energy efficiency and economic prosperity in a sustainable environment. *Gondwana Research*, 127, 22–35. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2023.03.025>.
7. Pan, X., Shao, T., Zheng, X., Zhang, Y., Ma, X., & Zhang, Q. (2023). Energy and sustainable development nexus: A review. *Energy Strategy Reviews*, 47, 101078. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101078>.
8. European Commission. (2023). Access, infrastructure exemptions and derogations. *Energy*. ULR: <https://shorturl.at/jyBtu> (accessed September 9, 2024).
9. GOPA. (2024). Post war development of the renewable energy sector in Ukraine. ULR: <https://shorturl.at/U92st> (accessed September 9, 2024).
10. National renewable energy action plan until 2030 and the action plan for its implementation: Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on 13.08.2024 p. № 761-p. ULR: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/761-2024-p> (accessed September 9, 2024).