

**Європейська економічна інтеграція**

Роман ЗВАРИЧ,
Богдан ХАРКОВСЬКИЙ

**SMART-ІНТЕГРАЦІЯ
ЕНЕРГОСИСТЕМИ УКРАЇНИ
ДО ЄДИНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РИНКУ ЄС:
ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ**

Резюме

Стаття присвячена аналізу процесу інтеграції енергетичного ринку України до єдиного енергетичного простору Європейського Союзу. У дослідженні розглянуто сучасний стан, основні виклики та перспективи цієї інтеграції. Застосовано комплексний методологічний підхід, зокрема порівняльний аналіз, та вперше проведено SWOT-аналіз, української енергосистеми. Це дало змогу визначити її сильні та слабкі сторони, можливості розвитку та загрози, спричинені, зокрема, військовими діями та екологічними викликами. Особливу увагу приділено процесу синхронізації української енергосистеми з європейською мережею ENTSO-E, її модернізацію та впровадження нових технологій, що відкриває можливості для експорту та імпорту електроенергії і залучення міжнародних інвестицій. Вперше проведено розрахунок кореляції Пірсона для оцінювання обсягів імпорту електроенергії та визначено його вплив на енергетичну безпеку країни. Зроблено висновок, що для повноцінної інтеграції України в енергетичний ринок ЄС необхідно здійснити ма-

© Роман Зварич, Богдан Харковський, 2025.

Зварич Роман, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри міжнародних економічних відносин, Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна. ORCID: 0000-0003-3741-2642 Email: r.zvarych@wunu.edu.ua

Харковський Богдан, аспірант кафедри міжнародних економічних відносин, Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна. ORCID: 0009-0006-4030-4991 Email: kharkovskiy-bohdan@gmail.com

сштабну модернізацію технічної бази, розширити міжнародне партнерство, гармонізувати законодавство та впроваджувати новітні екологічні стандарти.

Ключові слова:

екологічна трансформація, енергетика, енергетичний ринок, євроінтеграція, Європейський союз, Україна, Smart Grid.

Класифікація за JEL: F15, Q40, Q48, Q58, O38.

3 рисунки, 1 таблиця, 30 джерел літератури.

Постановка проблеми

Інтеграція енергосистеми України до єдиного енергетичного ринку ЄС є стратегічним завданням сучасної енергетичної політики, що відображає глобальні виклики у сфері забезпечення енергетичної безпеки, економічної стабільності та екологічної сталості. Сучасні тенденції інтеграції міжнародних енергетичних ринків свідчать про необхідність гармонізації технічних, економічних та нормативно-правових аспектів для забезпечення конкурентоспроможності та ефективності енергосистем. Україна, яка протягом тривалого часу функціонувала у складі об'єднаної енергетичної системи, зосередила зусилля на модернізації власної інфраструктури для синхронізації з європейськими стандартами та забезпечення незалежності від застарілих технологій (Михайлова та ін., 2023).

Сьогодні модернізація енергетичного сектору в Україні набуває особливої актуальності в умовах повномасштабної війни та екологічних викликів. Запровадження інноваційних технологій, зокрема системи «розумної мережі» та інтеграції відновлюваних джерел енергії, спрямоване на підвищення енергоефективності та зниження впливу на довкілля. Гармонізація національних нормативно-правових актів із стандартами ЄС сприятиме створенню умов, у яких українська енергетична система ефективно конкуруватиме на європейському ринку. Це дасть змогу підвищити енергетичну безпеку та сталий розвиток країни.

Огляд літератури

Інтеграція українського енергетичного ринку до Європейського Союзу розглядалась у широкому спектрі досліджень, що висвітлюють як технічні, так і інституційні аспекти цього процесу. Зокрема, в науковій праці «Initial analysis of the impact of the Ukrainian power grid synchronization with Continental Europe» (Böttcher та ін., 2023) зазначено, що, незважаючи на певне збільшення коливань у показниках мережевої стабільності, інтегровану систему можна вважати стабільною, що підтверджує ефективність технічних заходів синхронізації. Проте такий підхід, зосереджений на кількісному аналізі, не завжди враховує нормативно-правові та інституційні виклики, які виникають у процесі трансформації енергетичної системи.

Дослідження зеленої енергетики та її ролі в сучасних реаліях України розкривають багатогранний підхід до енергетичної незалежності та інтеграції з європейськими стандартами. Михайлова та ін. (2023) наголошують на децентралізації як основному механізмі для підвищення стійкості енергосистеми до воєнних викликів, однак не деталізують технічні аспекти інтеграції з європейською мережею. Так само вважають Лутковська та ін. (2023). Науковці акцентують на необхідності гармонізації законодавства для розвитку відновлюваних джерел енергії в контексті євроінтеграції, хоча й залишають поза увагою конкретні технології, зокрема інтелектуальні мережі.

Водночас Максимова і Настасе (2024) пропонують впроваджувати цифровізацію як інструмент досягнення кліматичної нейтральності. Їхні ідеї не враховують поточну ситуацію через ігнорування воєнних руйнувань інфраструктури. Шнирков та Чугаєв (2023) розширюють перспективу і додають економічний контекст інтеграції до ЄС. Науковці зазначають, що війна стимує інвестиції, проте не конкретизують шляхи подолання цих перешкод. Огданська і Чернобривець (2024) обґрунтовують ідею децентралізації і пропонують використовувати відновлювані джерела для відбудови інфраструктури, однак не згадують про важливість Smart Grid, що могло б зробити їхній підхід більш практичним. Орехова та ін. (2024) зосереджуються на управлінні альтернативною енергетикою в умовах війни і пропонують посилити державну підтримку, але їхні рекомендації залишаються загальними, без технічної конкретики. Харін та ін. (2024) пропонують інноваційний шлях декарбонізації через водневі технології, хоча й не пов'язують його з ширшим процесом євроінтеграції, що послаблює їхній внесок у контексті стратегічних цілей України. Науковці Байдала та Нагорний (2023) звертають увагу на потенціал вітрової енергетики, але їхній аналіз не торкається технічних чи інтеграційних викликів, пов'язаних із підключенням до європейської мережі. Таким чином, ці роботи разом підкреслюють важливість комплексного підходу до розвитку енергетики в Україні, однак брак уваги до технічних деталей і воєнних реалій розкриває простір для подальших досліджень.

Учені Abnet & Strzelecki (2022) описали план синхронізації української та європейської енергомереж, розкривши технічні й політичні аспекти. Матеріал містить ретельний план синхронізації з ENTSO-E, надаючи доступний контекст міжнародної підтримки, завдяки якій українська енергомережа успішно може бути синхронізована із європейською.

Дослідники Організації економічного співробітництва та розвитку (OECD, 2019) провели всебічний аналіз енергетичного сектору України й надали рекомендації щодо енергоефективності та екологічної сталості. Вони вважають, що це джерело є основою для розуміння екологічних і технічних викликів інтеграції, хоча бракує акценту на новітніх технологіях, таких як Smart Grid.

Інтеграція України до внутрішнього ринку ЄС в умовах війни: виклики та можливості (Український центр європейської політики, 2023). У дослідженні розглянуто інтеграцію України до ринку ЄС в умовах війни, наголошено на ролі міжнародної підтримки та модернізації енергосектору. Також розкрито можливості та загрози, але менш детально охоплено технічні аспекти, такі як Smart Grid.

Дослідження DiXi Group та Clingendael Institute (Cretti та ін., 2024) висвітлює стратегічні плани модернізації інфраструктури, орієнтованої на впровадження відновлюваних джерел енергії та гармонізацію законодавства, проте їхні узагальнені висновки залишають поза увагою локальні особливості українського ринку.

Мета дослідження полягає в комплексному аналізі SMART-інтеграції енергосистеми України до єдиного енергетичного ринку ЄС відповідно до екологічних і технологічних викликів. Дослідження спрямоване на оцінювання стану енергетичного сектору, визначення бар'єрів і перспектив гармонізації з європейськими стандартами та розроблення рекомендацій щодо модернізації інфраструктури для підвищення енергетичної безпеки й сталості.

Методологія

У статті виконано комплексний аналіз процесу інтеграції енергосистеми України до єдиного енергетичного ринку Європейського Союзу з використанням кількох методів дослідження. Проведено літературний огляд, у рамках якого систематизовано та проаналізовано наукові публікації та звіти, що стосуються інтеграції українського енергетичного сектору до ринку ЄС. Здійснено порівняльний аналіз, який дав змогу виявити відмінності та спільні тенденції між українською енергетичною системою та системами країн ЄС, а також оцінити перспективи гармонізації нормативно-правової бази України з європейськими стандартами. Для оцінювання взаємозв'язку обсягів імпорту

електроенергії та плин часу виконано розрахунок коефіцієнта кореляції Пірсона на основі даних за період із січня 2023 р. по грудень 2024 р., що дало змогу визначити вплив імпорту на енергетичну безпеку країни. Крім того, застосовано SWOT-аналіз для ідентифікації сильних і слабких сторін української енергосистеми, а також можливостей і загроз, пов'язаних із її інтеграцією до європейського енергетичного ринку.

Результати дослідження

На сучасному етапі енергосистема України характеризується комплексною структурою, що охоплює як традиційні, так і модернізовані елементи інфраструктури. У результаті аналізу сучасної системи виявлено низку суттєвих недоліків, зокрема застарілі технологічні рішення, недостатню енергоефективність окремих сегментів мережі, а також обмежену відповідність сучасним екологічним стандартам. Ці фактори значною мірою впливають на потенціал України щодо інтеграції в єдиний енергетичний ринок ЄС, оскільки для успішної адаптації необхідно забезпечити гармонізацію національних нормативів з вимогами та стандартами ЄС. Інтеграційні процеси, спрямовані на наближення енергетичної системи України до європейських стандартів, охоплюють як технічні, так і регуляторні аспекти. У рамках цього процесу проводяться роботи з модернізації інфраструктури, впровадження інноваційних технологій та розвитку партнерських проєктів із країнами ЄС (Український центр європейської політики, 2023). Значна увага приділяється гармонізації стандартів безпеки, ефективності та екологічності, що забезпечує можливість спільного функціонування енергосистем різних країн у рамках єдиного ринку. Порівняльний аналіз (Центр Разумкова, 2020) із досвідом країн-сусідів, які вже пройшли чи перебувають на шляху інтеграції, свідчить про необхідність впровадження цілісних реформ, спрямованих на поліпшення нормативно-правової бази, розвитку конкурентного середовища та посилення співпраці на міждержавному рівні.

Одним із основних аспектів інтеграційних процесів є врахування глобальних екологічних викликів, що стають рушійною силою для трансформації енергетичного сектору. У контексті повномасштабного вторгнення РФ, змін клімату, підвищення вимог до зменшення викидів парникових газів та зниження залежності від викопних джерел енергії, інтеграція української енергосистеми до єдиного ринку ЄС набуває особливої актуальності (Міністерство енергетики України, 2023). Перехід до чистих, відновлюваних джерел енергії та впровадження енергоефективних технологій розглядається як стратегічний напрямок, що сприятиме не лише зменшенню негативного впливу на довкілля, а й покращенню енергетичної безпеки країни. Окрім цього, впровадження європейських екологічних стандартів вимагає значних інвестицій у модернізацію виробничих потужностей, адаптацію існуючих технологій та

розвиток нових підходів до управління енергетичними ресурсами (OECD, 2020).

Таким чином, сучасний стан енергосистеми України, її інтеграція до єдиного енергетичного ринку ЄС та екологічні виклики формують взаємопов'язане поле досліджень, що вимагає комплексного підходу до вирішення проблем. Гармонізація національних енергетичних стандартів із європейськими вимогами, модернізація інфраструктури та активне впровадження екологічно чистих технологій є основними умовами для успішної інтеграції, що сприятиме досягненню енергетичної безпеки, економічної ефективності та збереженню навколишнього середовища в умовах глобальних викликів.

Щоб ефективно визначити основні компоненти для інтеграції енергомережі та розробити чіткі стратегії та плани дій, варто провести SWOT-аналіз української енергомережі та окреслити її слабкі сторони, а також можливості для покращення.

Рисунок 1

SWOT-аналіз енергетичної мережі України



Джерело: авторська розробка.

На основі SWOT-аналізу інтеграції енергетичного сектору України до єдиного енергетичного ринку ЄС виявлено основні чинники, що визначають перспективи цього процесу. Серед сильних сторін можна виокремити такі: технічна модернізація, впровадження сучасних технологій, модернізація інфраструктури, підвищення ефективності системи, міжнародне партнерство, підтримка міжнародних фінансових інститутів, синхронізація електромереж. Водночас все ще є слабкі сторони: застаріла інфраструктури, низька енергоефективність, залежність від викопних джерел, фінансові та кадрові обмеження, недостатність інвестицій для модернізації, дефіцит кваліфікованих спеціалістів, проблеми з управлінням реформами, критичні uszkodження енергомережі України через ракетні обстріли РФ. Основні можливості охоплюють: технологічний розвиток, впровадження відновлюваних джерел енергії, цифровізація управління та оптимізація виробництва, повна інтеграція до ринку ЄС, розширення можливостей експорту, доступ до нових інвестицій, диверсифікація постачання енергоресурсів, участь у програмах ЄС, міжнародне партнерство, створення сприятливого інвестиційного клімату. Однак процес супроводжується загрозами, такими як: геополітична нестабільність, вторгнення Росії, зовнішній тиск, ризики політичної кризи у регіоні, екологічні виклики, посилення екологічних стандартів ЄС, зміни клімату, додаткові інвестиційні потреби для адаптації інфраструктури, нестабільність світових цін на енергоресурси, економічна криза, високі витрати відновлення енергомережі. З огляду на це необхідно застосувати комплексний підхід до реформування енергетичного сектору, що охоплює адаптацію до стандартів ЄС, диверсифікацію джерел енергії та залучення інвестицій для сталого розвитку.

Одним із найбільших здобутків недавніх років для енергетичного сектору України став процес синхронізації української електромережі із Європейською мережею ENTSO-E, який відбувся у березні 2022 р. Хоча підготовка до синхронізації тривала багато років, через повномасштабне вторгнення РФ були зроблені максимальні зусилля, щоб у короткий період часу завершити процес синхронізації та долучити українську мережу до ENTSO-E (Abnet & Strzelecki, 2022). На стратегічному рівні синхронізація з ENTSO-E має вирішальне значення для інтеграції України до єдиного європейського енергетичного ринку. Вона відкриває можливості для розширення експорту та імпорту електроенергії, забезпечує доступ до передових технологій та сприяє розвитку інфраструктури, що відповідає європейським стандартам. Крім того, цей процес сприяє гармонізації нормативно-правової бази та створенню стабільного інвестиційного клімату, що є невід'ємною складовою економічного зростання та підвищення енергетичної безпеки країни (Колмек та ін., 2024). Синхронізація української електромережі з ENTSO-E за останні роки постійних ракетних обстрілів з боку РФ виявилась головним аспектом збереження енергетичної безпеки країни в непростий для неї час. Так, згідно зі статистикою (Energy Map, n. d.; DiXiGroup, 2025), найбільший обсяг імпорту було зафіксовано у червні та липні, коли в період обстрілів була аномальна спека. У червні імпорт досяг 858,4 тис. МВт·год – це на 6% більше, ніж було закуплено за весь 2023 рік (806,4 тис. МВт·год), і є найбільшим місячним показником з 2024 р. (табл. 1).

За даними із таблиці обсягу імпорту електроенергії за 2023–2024 рр., було створено графік для візуалізації зростання обсягу імпорту із плином часу.

Таблиця 1

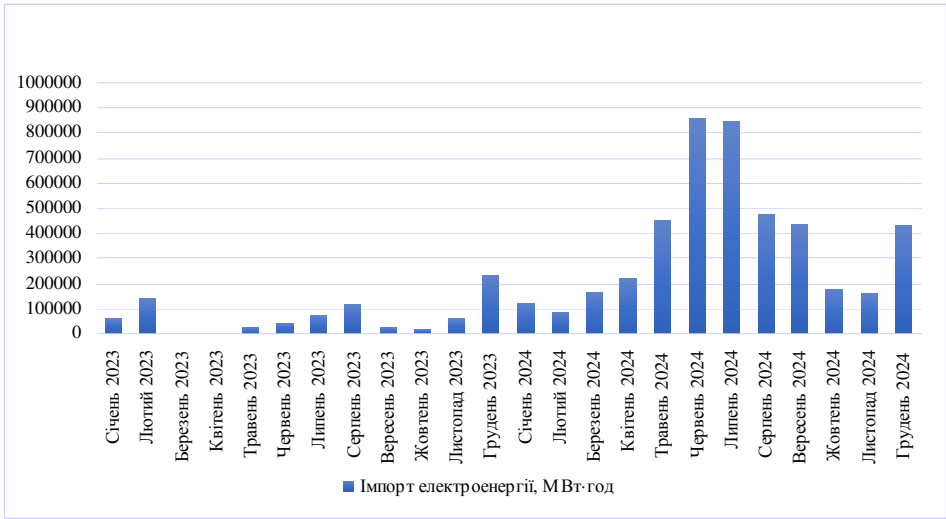
Обсяги імпорту електроенергії за 2023-2024 рр. (тис. МВт·год).

Місяць	Показники 2023 р. (тис. МВт·год)	Показники 2024 р. (тис. МВт·год)
Січень	62453	122831
Лютий	141720	84094
Березень	7110	168281
Квітень	4201	223848
Травень	23605	448163
Червень	43704	858378
Липень	73298	842842
Серпень	115596	472832
Вересень	23824	437855
Жовтень	17207	181794
Листопад	60678	162397
Грудень	232914	433295

Джерело: складено авторами за даними Energy Map (n. d.).

Рисунок 2

Імпорт електроенергії 2023-2024 р., МВт год



Джерело: складено авторами за даними Energy Map (n. d.).

Згідно з табл. 1 та графіком імпорту електроенергії, синхронізація української електромережі із ENTSO-E допомогла зберегти енергетичну стабільність країни у найважчі часи. Заходи з модернізації та посилення міждержавних магістралей дали змогу імпортувати колосальні обсяги енергії, що є основним показником для оцінювання інтеграції українського енергетичного ринку в єдиний європейський ринок. Щоб детально оцінити збільшення обсягів імпорту електроенергії та його роль у забезпеченні стабільності української енергосистеми було проведено кореляційний аналіз із використанням коефіцієнта Пірсона. Аналіз ґрунтується на даних із табл. 1 про місячні обсяги імпорту електроенергії за період із січня 2023 р. по грудень 2024 р., отриманих із (Energy Map, n. d.). У результаті розрахунку отримано коефіцієнт $r = 0,532$, що вказує на наявність позитивної залежності між плином часу та обсягом імпорту електроенергії, що відображає поступове зростання ролі зовнішніх поставок у забезпеченні стабільності української енергосистеми. Ця тенденція чітко простежується у різкому збільшенні імпорту влітку 2024 р., коли обсяги сягнули 858,4 тис. МВт·год у червні та, за оцінками, 842 тис. МВт·год у липні, порівняно зі середньомісячним показником 67,2 тис. МВт·год у 2023 р. Таке зростання було можливе завдяки синхронізації української електромережі з європейською системою ENTSO-E у березні 2022 р., що стало стратегічним кроком для підвищення енергетичної безпеки в умовах повномасштабного вторгнення РФ, та пов'язаних із ним руйнувань інфраструктури.

Помірна сила кореляції ($0,5 < r < 0,7$) свідчить про те, що хоча часовий фактор відіграє важливу роль у динаміці імпорту, значний вплив мають також інші змінні, які не враховані в лінійній моделі, зокрема інтенсивність і періодичність атак на енергетичні об'єкти, сезонні коливання попиту на електроенергію (зокрема, пов'язані з аномальною спекою влітку 2024 р.), а також технічні обмеження пропускної спроможності міждержавних ліній електропередач. Ці аспекти узгоджуються з результатами SWOT-аналізу, де однією із слабких сторін української енергосистеми є застаріла інфраструктура, низька енергоефективність і суттєві пошкодження внаслідок воєнних дій.

З погляду енергетичної безпеки, коефіцієнт $r = 0,532$ підкреслює подвійність поточної ситуації. З одного боку, зростання імпорту свідчить про успішну адаптацію до кризових умов, коли внутрішнє виробництво не могло повною мірою задовольнити попит через втрату значної частки генеруючих потужностей (35% операційної потужності, за даними Моніторингової місії ООН). З іншого боку, це вказує на тимчасову вразливість системи, яка дедалі більше залежить від зовнішніх ресурсів. Синхронізація з ENTSO-E продемонструвала стабільність інтегрованої мережі, але не вирішила інституційних і технічних бар'єрів, таких як недостатність інвестицій і дефіцит кваліфікованих кадрів, що все ще є основними перешкодами на шляху до повноцінної інтеграції.

Отриманий результат кореляційного аналізу безпосередньо стосується стратегічних цілей інтеграції українського енергетичного ринку до єдиного ринку ЄС. Помірне зростання імпорту електроенергії відображає початковий етап реалізації цієї інтеграції, коли синхронізація з ENTSO-E відкрила доступ до європейських ресурсів, але ще не супроводжується достатньою модернізацією внутрішньої інфраструктури. Це підтверджується порівняльним аналізом із досвідом країн-сусідів (Центр Разумкова, 2019), який підкреслює необхідність цілісних реформ для гармонізації нормативно-правової бази та створення конкурентного ринку.

У короткостроковій перспективі зростання імпорту слугує інструментом компенсації дефіциту, спричиненого руйнуваннями енергетичних об'єктів, включно з тепловими, гідро- та атомними станціями, а також високовольтними мережами. Згідно з оцінками (International Renaissance Foundation, 2024), значні втрати інфраструктури в поєднанні з блокуванням морських портів суттєво обмежили внутрішнє виробництво та постачання палива, що змусило Україну переорієнтувати логістику на західні кордони. У цьому контексті імпорт став не лише технічним рішенням, а й фактором економічної стабільності, що дає змогу уникнути масових відключень електроенергії, як це спостерігалось в листопаді 2022 р., коли близько 700 тис. абонентів залишилися без світла.

Проте в середньостроковій і довгостроковій перспективах залежність від імпорту може бути економічним і політичним тягарем, якщо не супроводжуватиметься системною трансформацією енергосистеми. Як зазначається в дослідженні (DiXiGroup, 2025), інтеграція з ЄС вимагає не лише технічної синхронізації, а й впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), цифровізації управління та гармонізації екологічних стандартів. Помірна кореляція $r = 0,532$ сигналізує про те, що поточна модель реагування на кризи є ефективною в екстрених умовах, але не є стійкою без інвестицій у модернізацію та диверсифікацію джерел енергії.

У найближчі роки імпорт електроенергії, ймовірно, все ще буде основним механізмом забезпечення стабільності мережі, особливо в умовах тривалої геополітичної нестабільності та повільних темпів відновлення інфраструктури. Якщо тенденція зростання імпорту збережеться, обсяги можуть досягати 1–1,5 млн МВт·год на місяць у пікові періоди (зима чи літо), залежно від інтенсивності зовнішніх чинників і погодних умов. У такому разі енергетична безпека залежатиме від надійності партнерів у рамках ENTSO-E та спроможності держави оперативно реагувати на нові виклики, зокрема шляхом розбудови резервних мереж та безперервної модернізації.

У разі затримки модернізації через брак фінансування, політичну нестабільність чи ескалацію конфлікту імпорт залишиться домінантним джерелом енергопостачання. Це підвищить вразливість до зовнішніх економічних чинників, таких як коливання цін на енергоресурси, та може ускладнити гармонізацію з екологічними стандартами ЄС, які стають дедалі жорсткішими. У

такому сценарії енергетична безпека України все ще буде під загрозою, а конкурентоспроможність на європейському ринку буде обмеженою через низьку енергоефективність і застарілу технічну базу.

Таким чином, синхронізація української енергетичної системи з ENTSO-E є фундаментальним кроком у процесі трансформації енергетичного сектору, що сприяє адаптації України до сучасних глобальних викликів і забезпечує її інтеграцію до єдиного ринку ЄС.

Проте синхронізація електромереж є тільки кроком до повної інтеграції енергоринку України до ЄС. Нормальне функціонування інфраструктури енергозабезпечення є стратегічно важливим для економічного розвитку України, тому її стабільність є пріоритетною метою у контексті безпекових викликів. За останні роки масовані запуски балістичних і крилатих ракет, а також численні атаки безпілотних апаратів за відсутності достатньо ефективних засобів протиповітряної оборони спричинили значні руйнування основних об'єктів виробництва, перероблення, транспортування, розподілення та зберігання енергоресурсів. Внаслідок цих дій було пошкоджено або виведено з експлуатації основні елементи об'єднаної енергетичної системи України, зокрема теплові, гідро- та електростанції, а також усі високовольтні об'єкти систем розподілу електроенергії (International Renaissance Foundation, 2024). Крім того, на тимчасово окупованих територіях та в зонах бойових дій зафіксовано втрату близько 35% операційної потужності електрогенераційних об'єктів, зокрема Запорізька АЕС, яка є найбільшою за потужністю в Європі; паралельно не працюють нафтопереробні та газопереробні підприємства, що забезпечували до 30% внутрішнього споживання нафтопродуктів, а також зруйновано понад 30 стратегічних об'єктів зберігання пального (Моніторингова місія ООН з прав людини в Україні, 2024). Через блокування морських портів постачання нафтопродуктів здійснюється тільки через залізничні та автомобільні пункти пропуску на західному кордоні та через три річкові порти, що призводить до значного скорочення споживання електроенергії (наприклад, у листопаді 2022 р. знеструмлено близько 700 тис. абонентів) та тимчасового припинення постачання газу для 230 тис. споживачів. Загальні економічні втрати в енергетичному та нафтогазовому секторах, оцінених на початок грудня 2022 р. в 600 млрд грн, (Моніторингова місія ООН з прав людини в Україні, 2024) прогнозовано подальше зростання через збереження стратегії застосування Росією масованих ракетних ударів, що створює невідомість щодо стабілізації ситуації щонайменше до завершення війни.

У цьому контексті короткострокові пріоритетні завдання охоплюють: збереження цілісності об'єднаної енергетичної системи України, оперативне відновлення функціонування об'єктів після кожного удару, усунення територіального дисбалансу у виробництві та споживанні електричної й теплової енергії, відновлення постачань палива й енергії в регіонах з пошкодженою інфраструктурою, розбудову резервних (зокрема міждержавні та автономні) мереж і систем для використання у випадку системної аварії, а також гаран-

тування неперервного постачання енергоресурсів через західний кордон та безпечного функціонування працездатних об'єктів енергетичної інфраструктури (eu-ua.ktm.gov.ua, 2023).

Згідно з проведеним аналізом, ще одним важливим аспектом є розробка стратегій щодо модернізації енергетичного комплексу з урахуванням міжнародного досвіду та передових технологічних рішень. Адаптація сучасних систем управління та моніторингу дасть змогу не лише оптимізувати процеси виробництва та розподілу енергії, а й забезпечити відповідність екологічним вимогам, що висуваються на європейському рівні. Практична реалізація цих заходів може базуватись на використанні інноваційних технологій, таких як цифровізація енергетичної інфраструктури, застосування систем «розумної мережі» (smart grid) та інтеграція відновлюваних джерел енергії (IEA, 2017).

Smart Grid – це інтелектуальна, модернізована система електропостачання, яка інтегрує сучасні інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) з традиційною електромережевою інфраструктурою для підвищення її ефективності, надійності, безпеки та екологічної сталості (U. S. Department of Energy, n. d.). Основною ідеєю Smart Grid є створення динамічної, саморегульованої мережі, яка здатна забезпечувати двосторонній обмін інформацією між виробниками, споживачами та операторами мережі. Це досягається через впровадження численних сенсорів, пристроїв автоматичного управління, систем моніторингу та високошвидкісних комунікаційних мереж, які дадуть змогу в режимі реального часу аналізувати дані про споживання та виробництво електроенергії, здійснювати прогнозування навантаження та оперативно реагувати на зміни в роботі мережі.

У контексті інтеграції української енергосистеми з європейським енергетичним ринком впровадження технологій Smart Grid є чинником для досягнення конкурентоспроможності та енергетичної безпеки країни. По-перше, Smart Grid дає змогу ефективно інтегрувати відновлювані джерела енергії (сонячну, вітрову, гідроенергетику) до існуючої мережі, забезпечуючи гнучкість та адаптивність системи до змін у виробництві енергії, що є особливо актуальним для України з огляду на її природні ресурси та потребу зниження залежності від викопних палив. По-друге, сучасні системи управління дають змогу зменшити втрати енергії та підвищити ефективність використання електроенергії завдяки оптимізації роботи мережі, що сприяє економії коштів та ресурсів (Zulhusni, 2024).

Із 2023 р. ОСР ДТЕК Мережі повідомили, що вже почали активно впроваджувати та впроваджувати важливі компоненти розумної мережі «Smart Grid» в Українську енергосистему і сьогодні вже успішно інтегровано 3 важливі компоненти, які допомагають підвищити ефективність мережі у кризових ситуаціях (ДТЕК Мережі, 2024).

Рисунок 3

Компоненти Smart Grid, інтегровані в Українську енергосистему



Джерело: ДТЕК Мережі (2024).

Упровадження трьох основних компонентів технології Smart Grid у структуру української енергосистеми (рис. 3) уже демонструє відчутні позитивні результати, що підтверджують потенціал інтелектуальних мереж для підвищення її надійності та ефективності. Зокрема, ці елементи, інтегровані ДТЕК Мережі з 2023 р., охоплюють сучасні системи моніторингу в реальному часі, автоматизовані пристрої управління та високошвидкісні комунікаційні мережі, які забезпечують двосторонній обмін інформацією між операторами та споживачами. Завдяки цьому вдалося досягти кількох важливих переваг. По-перше, стабільність електромережі значно покращилася навіть у кризових умовах, спричинених масованими ракетними обстрілами з боку російської федерації, що призводили до значних пошкоджень інфраструктури. Системи моніторингу дають змогу оперативно виявляти аварійні ділянки, а автоматизоване управління сприяє швидкому перерозподілу енергетичних потоків, мінімізуючи масштаби відключень. Наприклад, у періоди пікових навантажень чи пошкоджень головних об'єктів ці компоненти допомогли уникнути повних блекаутів, що є критично важливим в умовах війни. По-друге, інтеграція цих технологій сприяла підвищенню енергоефективності завдяки оптимізації розподілу електроенергії та зменшенню втрат, які в застарілій українській мережі традиційно сягали 10–15% (IEA, 2017). Це не лише знижує експлуатаційні витрати, а й забезпечує економію ресурсів у період гострого дефіциту внутрішнього виробництва. По-третє, впроваджені компоненти ство-

рили передумови для більш гнучкої інтеграції відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), таких як сонячна чи вітрова генерація, що є важливим кроком до екологічної трансформації енергосистеми відповідно до стандартів ЄС.

Проте поточний рівень інтеграції Smart Grid є лише початковим етапом ширшої трансформації української енергомережі, і подальший розвиток потребує значних інвестицій, які наразі недоступні в повному обсязі через економічні обмеження, спричинені воєнними діями та їхніми наслідками. Перспективи впровадження додаткових компонентів Smart Grid, таких як інтелектуальні лічильники, системи прогнозування навантаження та розширені сховища енергії, відкривають значний потенціал для підвищення адаптивності та стійкості мережі. Наприклад, інтелектуальні лічильники можуть забезпечити споживачів детальною інформацією про споживання. Це сприяє енергоощадній поведінці та зменшенню пікових навантажень, що особливо актуально в умовах сезонних коливань попиту, як це відбувалося влітку 2024 р. через аномальну спеку (Energy Map, n. d.). Системи прогнозування навантаження дадуть змогу операторам оптимізувати виробництво та імпорт електроенергії. Це насамперед необхідно для зниження залежності від зовнішніх поставок, яка в 2024 р. зросла до рекордних показників. (Cretti та ін., 2024). Крім того, інтеграція систем зберігання енергії, таких як акумуляторні батареї великої ємності, може стати вирішальним фактором для стабілізації роботи ВДЕ, що характеризуються змінною генерацією, а також для створення резервів на випадок аварійних ситуацій.

Для реалізації цих перспектив ДТЕК Мережі активно розробляє план залучення фінансування від міжнародних партнерів, таких як Європейський банк реконструкції та розвитку чи Світовий банк. Успішне впровадження повного циклу Smart Grid може не лише підвищити конкурентоспроможність української енергосистеми на європейському ринку, а й сприяти досягненню енергетичної незалежності шляхом диверсифікації джерел енергії та зниження впливу зовнішніх чинників. У середньостроковій перспективі (до 2035 року) це дасть змогу Україні перейти від моделі реагування на кризи до проактивного управління енергетичними ресурсами, що є ключовою передумовою для інтеграції в єдиний енергетичний простір ЄС. Таким чином, початкові успіхи інтеграції компонентів Smart Grid слугують міцним фундаментом для майбутньої трансформації, яка поєднуватиме технологічні інновації, економічну ефективність і екологічну сталість, відповідаючи глобальним викликам сучасності.

Додатково в процесі інтеграції енергосистеми України до єдиного ринку ЄС доцільно враховувати соціально-економічні аспекти, зокрема вплив на зайнятість, розвиток регіональної інфраструктури та соціальну стабільність (Національний інститут стратегічних досліджень, 2014). Розвиток енергетичного сектору в рамках європейських стандартів може стати потужним каталізатором економічного зростання, проте потребує чіткої політичної волі та активної участі всіх зацікавлених сторін. Ефективна співпраця державних стру-

ктур, наукових установ та приватного сектору дасть змогу сформувати синергію, необхідну для впровадження комплексних рішень, що сприятимуть не тільки технічному оновленню, а й екологічній стійкості та соціальній відповідальності енергетичного сектору (Комітет з питань інтеграції України до Європейського Союзу, Верховна Рада України, 2020).

Таким чином, для реалізації інтеграційних процесів в українській енергетиці доцільно застосовувати комплексний підхід, що поєднує модернізацію технічної бази, реформування нормативно-правової системи та активне впровадження інноваційних технологій із врахуванням екологічних та соціально-економічних аспектів. Систематичне впровадження цих заходів дасть змогу забезпечити гармонізацію національних стандартів з вимогами ЄС, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності енергосистеми України та створить умови для сталого розвитку в умовах глобальних екологічних та економічних викликів.

Основними стратегічними напрямками для повноцінної інтеграції енергетичних ринків України та Європейського Союзу є комплексні ініціативи, що охоплюють модернізацію, інновації та гармонізацію нормативно-правової бази.

1. Здійснення ефективної реалізації експортного потенціалу української атомної енергетики передбачає не лише модернізацію реакторних технологій, а й упровадження новітніх стандартів якості, що забезпечать відповідність продукції європейським вимогам та сприятиме розширенню експортних можливостей.

2. Оптимальне використання української газотранспортної системи, зокрема підземних сховищ газу (Плахотнюк & Іконнікова, 2018), є головним чинником для забезпечення надійності постачань як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, що дає змогу стабілізувати ціноутворення та забезпечити диверсифікацію джерел енергозабезпечення.

3. Розвиток розподіленої генерації електроенергії, з особливим акцентом на відновлювані джерела, охоплює не тільки збільшення частки чистої енергії в загальному енергобалансі, а й стимулювання виробництва високо-ефективного обладнання, що здатне конкурувати на світовому ринку.

4. Виробництво та експорт водню, зокрема «зеленого» та «рожевого», є перспективним напрямком, який сприятиме переходу до низьковуглецевої економіки та зменшенню викидів парникових газів.

5. Спільне використання ресурсної бази, особливо вуглеводневої, з акцентом на розробку потенціалу на шельфі Чорного моря, дасть змогу оптимізувати використання природних ресурсів та сприятиме енергетичній незалежності країни.

6. Залучення передової експертизи в галузі технологій розвідки та розробки важковидобувних і шельфових вуглеводнів сприятиме ефективному використанню ресурсів та стимулюватиме інноваційний розвиток у видобувній сфері.

Створення повного циклу виробництва систем зберігання енергії дозволить забезпечити стабільність постачань, оптимізувати баланс між виробництвом і споживанням та підвищити загальну енергоефективність, що є критично важливим для адаптації українського енергетичного сектору до умов єдиного ринку ЄС.

Крім того, стратегічна інтеграція вимагає комплексного аналізу економічних наслідків та потенційних вигод від гармонізації енергетичної політики України з європейською моделлю. У цьому контексті важливо провести оцінювання інвестиційної привабливості ринку з огляду на можливості для залучення прямих іноземних інвестицій та ризики, пов'язані з коливаннями світових енергетичних цін і вторгненням РФ (European commission, n. d.). Системний підхід до оцінювання економічних показників дасть змогу окреслити перспективи довгострокового економічного зростання, стимулювати розвиток інноваційних технологій та сприяти зміцненню енергетичної незалежності країни.

У контексті цифрової трансформації та впровадження сучасних технологій значну увагу слід приділити розробці інтегрованих інформаційних систем, що забезпечують моніторинг та управління енергетичними потоками. Інтеграція систем «розумної мережі» дає змогу не тільки підвищити оперативність реагування на змінні ринкові умови, а й оптимізувати розподіл енергоресурсів з урахуванням вимог щодо енергоефективності та екологічної безпеки (Paradopoulos та ін., 2021, Preprint). Такі технологічні рішення сприятимуть зниженню втрат енергії, підвищенню рівня безпеки енергопостачання та створенню умов для більш ефективного використання наявних ресурсів.

Паралельно з технічними аспектами, реалізація інтеграційних процесів повинна супроводжуватися формуванням кваліфікованого кадрового потенціалу, що здатен ефективно управляти процесами модернізації та інновацій. Освітні програми, спрямовані на підвищення рівня професійної підготовки спеціалістів у сфері енергетики, а також науково-дослідницькі проекти в цій галузі становлять основу для створення інтелектуального потенціалу, необхідного для успішної трансформації енергосистеми. Залучення міжнародних експертів та співпраця з провідними науковими центрами дадуть змогу адаптувати передовий досвід до умов національної енергетики. Це сприятиме більш ефективній реалізації інтеграційних ініціатив.

Системна інтеграція української енергосистеми до єдиного ринку ЄС є багатовимірним процесом, що вимагає одночасної уваги до технічних, економічних, екологічних та соціальних аспектів. Гармонізація нормативно-правової бази, модернізація інфраструктури, впровадження інноваційних технологій та розвиток людського капіталу становлять взаємодоповнювальні елементи цієї трансформації. Синергія цих компонентів дасть змогу створити сприятливі умови для інтеграції, що забезпечить не лише підвищення конкурентоспроможності енергосистеми України, а й сприятиме сталому розвитку економіки та екологічній безпеці у довгостроковій перспективі.

Висновки

У результаті проведеного дослідження отримано важливі висновки щодо інтеграції енергосистеми України до єдиного енергетичного ринку ЄС в умовах глобальних екологічних викликів та воєнних реалій. По-перше, на основі SWOT-аналізу сучасного стану української енергосистеми (рис. 1) виявлено необхідність масштабної модернізації інфраструктури через її застарілість та ушкодження внаслідок вторгнення. Ці проблеми обмежують відповідність системи європейським стандартам енергоефективності та екологічної безпеки. Водночас впровадження технологій Smart Grid та перехід до відновлюваних джерел енергії є основними напрямками, що дають змогу знизити енергетичні втрати та зменшити негативний вплив на довкілля та сприяти технологічній трансформації сектору.

По-друге, інтеграційні процеси, спрямовані на синхронізацію з ENTSO-E потребують не лише технічних реформ, а й системного удосконалення нормативно-правової бази. На основі порівняльного аналізу із досвідом сусідніх країн виявлено, що гармонізація законодавства, створення сприятливих умов для інвестицій та розвиток міждержавного співробітництва є критично важливими для формування конкурентного ринку. Кореляційний аналіз із коефіцієнтом $r = 0,532$ підтвердив помірний позитивний зв'язок між плином часу та обсягом імпорту електроенергії, що відображає зростання ролі зовнішніх поставачань у підтримці стабільності енергосистеми, але також вказує на вразливість через залежність від імпорту в умовах недостатньої модернізації.

По-третє, екологічна трансформація енергетичного сектору є невід'ємною складовою інтеграції, що підтверджується необхідністю адаптації до високих екологічних стандартів ЄС у відповідь на глобальні виклики, такі як зміна клімату. Перехід до чистих джерел енергії, підкріплений можливостями Smart Grid, не лише сприятиме збереженню довкілля, а й зміцнить енергетичну безпеку України та зменшить її залежність від викопного палива, як це визначено в SWOT-аналізі серед можливостей розвитку. Таким чином, інтеграція енергосистеми України до єдиного енергетичного ринку ЄС є багатовимірним процесом, який охоплює технічні, економічні, нормативні та екологічні аспекти. Комплексний підхід до модернізації, гармонізація стандартів і активне впровадження інноваційних технологій, зокрема Smart Grid, створить передумови для підвищення енергетичної безпеки, економічної ефективності та екологічної стійкості. Досягнення синергії між цими компонентами є головним чинником успішної трансформації українського енергетичного сектору, що має визначальне значення для інтеграції в європейський енергетичний простір. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на кількісне оцінювання економічного ефекту від впровадження Smart Grid і ВДЕ в Україні, зокрема аналіз вартості модернізації та її впливу на тарифи для споживачів. Також доцільно дослідити довгострокові наслідки залежності від імпорту елект-

роенергії, враховуючи потенційні геополітичні ризики та волатильність цін на енергоресурси. Окремим напрямом може стати вивчення соціально-економічних ефектів інтеграції, зокрема створення робочих місць у секторі ВДЕ та вплив на регіональний розвиток, що потребує більш детального аналізу для повного розуміння перспектив інтеграційного процесу.

Список використаної літератури

- Байдала, В., & Нагорний, В. (2023). Дослідження ефективності та перспектив розвитку вітрової енергетики у світі. *Економіка та суспільство*, (55). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-55-83>
- ДТЕК Мережі. (2024, 3 травня). *Технології Smart Grid стануть основою для відновлення енергосистеми*. <https://grids.dtek.com/media-center/press/tehnologii-smart-grid-stanut-osnovoyu-vidnovlennya-energosisitemi--dtek-merez/>
- Колмек, Ф., Мартинюк, О., Полулях, І., & USAID Energy Security Project. (2024, 9 жовтня). *Що отримала і що додатково може отримати Україна від інтеграції в єдиний енергоринок Європи*. Українська правда. <https://www.eurointegration.com.ua/experts/2024/10/9/7195805/>
- Комітет з питань інтеграції України до Європейського Союзу, Верховна Рада України. (2020). *Інтеграція енергетичної системи України до єдиної європейської енергетичної системи*. https://comeuroint.rada.gov.ua/news/main_news/73095.html
- Лутковська, С., Коломієць, Т., & Зеленчук, Н., (2023). Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в контексті євро інтеграційних процесів на шляху до сталого економічного розвитку. *Інвестиції: практика та досвід*, 1, 11-21. <https://doi.org/10.32702/2306-6814.2023.1.11>
- Максимова, І., & Настасе, К. (2024). Європейська модель кліматично нейтрального розвитку бізнесу на засадах діджиталізації. *Журнал європейської економіки*, 23(2), 352-369. <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1764>
- Михайлова, Л., Семенишина, І., & Шпатакова, О. (2023). Зелена енергетика як чинник енергетичної незалежності України. *Економіка та суспільство*, (47). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-47-10>
- Міністерство енергетики України. (2023). *Європейська інтеграція*. <https://www.mev.gov.ua/storinka/evropeyska-intehratsiya>
- Моніторингова місія ООН з прав людини в Україні. (2024, вересень). *Напади на енергетичну інфраструктуру України: шкода для цивільного населення* [Бюлетень]. <https://ukraine.ohchr.org/sites/default/files/2024-09/UKR%20Attacks%20on%20Ukraine%E2%80%99s%20Energy%20Infrastructure-%20%20Harm%20to%20the%20Civilian%20Population.pdf>

- Огдаська, О., & Чернобровець, С. (2024). Перспективи зеленої енергетики в контексті геополітичних змін. *Економіка та суспільство*, (68). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-82>
- Національний інститут стратегічних досліджень. (2014). *Енергетична стратегія України до 2035 року: Біла книга енергетичної політики України* [Проект]. <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2015-12/Energy%20Strategy%202035.pdf>
- Орехова, А., Клименко, М., & Хоролець, Б. (2024). Проблеми та особливості управління альтернативною енергетикою в Україні під час повномасштабної війни. *Економіка та суспільство*, (63). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-63-23>
- Плахотнюк Н. В., & Іконнікова Н. В. (2018). Європейський енергетичний ринок та перспективи України. *Social Legal Studios*, 1, 128-134. https://sls-journal.com.ua/web/uploads/pdf/S&LS_2018_Vol.%201,%20No.%201_128-134.pdf
- Український центр європейської політики. (2023). *Інтеграція України до внутрішнього ринку ЄС в умовах війни: виклики та можливості*. <https://ucep.org.ua/doslidzhennya/integracziya-ukrayiny-do-vnutrishnogo-rynku-yes-v-umovah-vijny-vyklyky-ta-mozhlyvosti.html>
- Харін, С., Папіж, Ю., & Коровін, С. (2024). Модель декарбонізації економіки в умовах кліматичних змін: питання менеджменту та інновацій. *Економіка та суспільство*, (59). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-45>
- Центр Разумкова. (2020). *Секторальна інтеграція України до ЄС: передумови, перспективи, виклики*. https://razumkov.org.ua/uploads/article/2021_sektor_eu_ukr.pdf
- Шнирков, О. (2023). Економічна інтеграція України до ЄС в умовах російсько-української війни. *Журнал європейської економіки*, 22(1), 49-68. <https://jeej.wunu.edu.ua/index.php/ukjee/article/view/1637>
- Abnet, K., & Strzelecki, M. (2022, 1 березня). *Explainer: Europe and Ukraine's plan to link power grids*. Reuters. <https://www.reuters.com/business/energy/europe-ukraines-plan-link-power-grids-2022-03-01/>
- Böttcher, P. C., Rydin Gorjão, L., Beck, C., Jumar, R., Maass, H., Hagenmeyer, V., Witthaut, D., & Schäfer, B. (2023). Initial analysis of the impact of the Ukrainian power grid synchronization with Continental Europe. *Energy Advances*, 2, 91-97. <https://doi.org/10.1039/D2YA00150K>
- Cretti, G., Soldatiuk-Westerveld, J., D'Amico, G., Lapenko, O., & van Schaik, L. (2024). *Integration of Ukraine's energy sector into the EU: A joint study* [Clingendael Policy Brief]. DiXi Group. <https://dixigroup.org/integracziya-energetychnogo-sektoru-ukrayiny-do-yes-spilne-doslidzhennya-dixi-group-ta-clingendael-institute/>

- DiXiGroup. (2025, 22 січня). *Рекордний імпорт електроенергії та мінімальний експорт в Україні за останнє десятиліття у 2024 році*. <https://dixigroup.org/rekordnyj-import-ta-minimalnyj-eksport-elektroenergiyi-za-ostannye-desyatylittya-pokazala-ukrayina-u-2024-roczii/>
- Energy Map. (n.d.). *Імпорт та експорт електроенергії погодинно* [Інфографіка]. <https://map.ua-energy.org/uk/resources/56df70b0-6bc1-4c7d-a82f-284cf723438d/> (Дата звернення: 01.03.2025).
- European Commission. (n. d.). *Security of electricity supply*. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-security/security-electricity-supply_en
- IEA. (2017). *Digitalisation and energy*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/digitalisation-and-energy>
- eu-ua.kmu.gov.ua. (2023, 29 березня). *ЄС продовжуватиме підтримку енергетичного сектору України*. <https://eu-ua.kmu.gov.ua/news/yes-prodovzhuvatyme-pidtrymku-energetychnogo-sektoru-ukrayiny/>
- International Renaissance Foundation. (2024, 10 грудня). *Ukrainian Energy Security Dialogue 2024: Key challenges, solutions, and prospects for Ukraine's energy security*. <https://www.irf.ua/en/ukrainian-energy-security-dialogue-2024-key-challenges-solutions-and-prospects-for-ukraines-energy-security/>
- OECD. (2019). *Огляд енергетичного сектору України: інституції, управління та політичні засади*. ОЕСР. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/uk/publications/reports/2020/12/_c6854d07/6c0a9228-uk.pdf
- Papadopoulou, M., Passalacqua, R., Rossetti di Valdalbero, D., & Righi Steele, E. (2021). *Decarbonising the EU power sector: A technological and socio-economic analysis and the role of nuclear* [Preprint]. *UCL Open: Environment*. <https://doi.org/10.14324/111.444/000110.v1>
- U. S. Department of Energy. (n. d.). *Grid modernization and the smart grid*. <https://www.energy.gov/oe/grid-modernization-and-smart-grid>
- Zulhusni, M. (2024, 2 грудня). *The future of power: Why smart grids matter*. Sustainability News. <https://sustainability-news.net/industries/energy/the-future-of-power-why-smart-grids-matter-today/>

Отримано: 5 березня 2025 р.

Рецензовано: 16 квітня 2025 р.

Рекомендовано до друку: 7 травня 2025 р.