

ЕКОНОМІКА НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

Прийнято 29.09.2025. Прорецензовано 20.11.2025. Опубліковано 31.12.2025.

УДК 338.2
JEL F20, L94, Q40
DOI: 10.31471/2409-0948-2025-2(32)-39-50

СТІЙКІСТЬ, АДАПТИВНІСТЬ, ІНТЕГРАЦІЯ ЯК НОВІТНІ КОНЦЕПТИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ

Дзьоба Олег Григорович*
доктор економічних наук, професор
кафедра підприємництва та маркетингу
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15
E-mail: oleh.dzoba@nung.edu.ua
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-3693>

Анотація. Метою статті є ідентифікація та систематизація ключових концептів розвитку енергетики в умовах підвищеної турбулентності та євроінтеграційних процесів, формування засад трансформації енергетичних систем та створення теоретичного підґрунтя для розробки актуальних моделей на основі впровадження нових механізмів реалізації структурних складових концептів стійкості, адаптивності та інтеграції. Основні акценти зроблено на дослідженні стану світової енергетики та енергетики України з позицій сталості, декарбонізації, діджиталізації, енергетичної безпеки та інших важливих концептуальних парадигм сьогодення. Дослідження ґрунтується на фундаментальних положеннях економічної теорії та управлінської науки, працях провідних вітчизняних та зарубіжних фахівців, дослідженні сучасних трендів розвитку енергетики та концептуальних засад управління трансформаційними процесами в контексті сталого розвитку. Доведено важливість та необхідність удосконалення концептуальних засад трансформації та розвитку енергетичних систем різних ієрархічних рівнів і запропоновано актуальні стратегічні концепти розвитку енергетики, такі як стійкість, адаптивність та інтеграція. Розкрито і проаналізовано структуру та окремі складові вказаних стратегічних концептів, а також

Запропоноване посилання: Дзьоба, О. Г. (2025). Стійкість, адаптивність, інтеграція як новітні концепти розвитку енергетики. Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості, 2(32), 39-50. doi: 10.31471/2409-0948-2025-2(32)-39-50

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

обґрунтовано механізми їх практичної реалізації. Запропоновано удосконалену концепцію 4D+I (Decarbonization, Decentralization, Digitalization, Diversification, Integration) в якості основи для розроблення стратегічних планів розвитку енергетичних систем галузевого рівня. Проблематика статті є актуальною та орієнтованою на вирішення проблем енергетичної безпеки, декарбонізації, екологічної сталості, політичної, регуляторної та технологічної стійкості шляхом удосконалення те ефективного використання важливих стратегічних орієнтирів трансформаційних перетворень енергетичних систем.

Ключові слова: енергетичні системи, енергетичний перехід, стратегічне управління, декарбонізація, концепти розвитку енергетики, стійкість, адаптивність, інтеграція

Вступ. Енергетичний перехід як глобальний процес, змінює не тільки традиційні підходи до виробництва й споживання енергії, але й впливає на економічну, екологічну та соціальну стабільність у світовому вимірі. Окремі країни світу в силу ресурсних обмежень, специфічних особливостей національних економік, рівня технологічного розвитку, забезпеченості енергетичними ресурсами та багатьох інших факторів вимушені шукати свої індивідуальні траєкторії реалізації цілей енергетичного переходу. Для України процес енергетичного переходу набуває особливого значення, оскільки потребує вирішення багатьох інституційних та безпекових завдань, зокрема адаптації вітчизняної енергетики до міжнародних стандартів, впровадження інноваційних рішень на різних рівнях функціонування енергетичних систем, зміцнення економічної та енергетичної безпеки в умовах трансформації енергетичних систем, вирішення актуальних завдань збереження довкілля та досягнення кліматичної нейтральності. Такі надскладні завдання доводиться вирішувати в умовах війни, забезпечуючи не тільки стійкість та здатність енергетичних систем різних рівнів функціонувати та задовольняти енергетичні потреби країни, але і закладати підвалини поетапної трансформації національної енергетики в контексті досягнення цілей сталого розвитку та реалізації цілей енергетичного переходу. Вказане вимагає активного пошуку та обґрунтування новітніх концептів розвитку енергетики, розроблення дієвих моделей трансформації вітчизняної енергетики на макроекономічному рівні та створення ефективних бізнес-моделей енергетичної трансформації на мікрорівні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні та прикладні аспекти трансформаційних перетворень енергетичних ринків в контексті реалізації цілей енергетичного переходу та вирішення безпекових завдань досліджувались у працях багатьох вітчизняних та зарубіжних науковців. Так, сучасні тенденції розвитку енергетики на основі концепції «3D» (Decarbonization, Decentralization, Digitalization) досліджували М. Л. Сільвестре, С. Фарузза, Р. Сансеверіно, Г. Зіццо [1], Й. Ву, Дж. М. Гуерреро, Дж. К. Васкес [2] та інші зарубіжні науковці, концентруючись на проблемах декарбонізації, діджиталізації та децентралізації, які спричиняють зміну ключових технологій та інфраструктури енергетичної сфери. Пудичева Г. О. у своїх дослідженнях стверджує, що реалізація концепції 3D у вітчизняній енергетиці потребує вироблення нових механізмів взаємодії між учасниками енергетичного ринку, їх регуляції та координації [3, с.121]. Гнедіна К. В. та Сорока А. В. наголошують на важливості забезпечення екологізації та врахування принципів і глобальних цілей сталого розвитку при відновленні енергетичного сектору України у післявоєнний період [4]. Дослідники Кириленко О. В., Денисюк С. П. та Блінов І. В. розглядають проблеми енергоефективності та енергозбереження з позицій розвитку теорії енергетичного менеджменту, обґрунтовуючи перспективні напрямки розвитку та структури систем енергоменеджменту [5].

Чимало досліджень сучасних авторів присвячено проблематиці енергетичної безпеки, яка розглядається як неодмінна умова трансформаційних процесів у сфері енергетики. Так, в роботі С. Бондаренко та О. Коротченко запропоновано розглядати стійкість енергетичних систем як новітній концепт енергетичної безпеки, що

пропонується використовувати авторами як важливий орієнтир при формуванні стратегій енергетичного розвитку [6].

Об'єктом дослідження О. Жукова із співавторами є процес енергетичного переходу на відновлювані джерела енергії (ВДЕ) на рівні підприємства або регіону. При цьому автори роблять висновок, що одним з найбільш проблемних питань є недостатнє врахування факторів енергетичної безпеки в існуючих моделях прогнозування, що призводить до ризиків дефіциту електроенергії, особливо в умовах переривчастості постачання ВДЕ та геополітичних викликів, таких як військові напади або імпортозалежність [7, с. 63].

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених питанням енергетичного переходу, трансформації енергетичних систем з точки зору реалізації концепції 3D та забезпечення цілей сталого розвитку, недостатньо висвітленими залишаються питання стратегічного управління енергетичним переходом для енергетичних систем різних рівнів ієрархії, управління процесами забезпечення енергетичної безпеки, врахування національних особливостей енергетичних ринків та їх інституційного забезпечення. Потребують подальших поглиблених досліджень і питання, пов'язані з формуванням новітніх концептів розвитку енергетики, які б слугували стратегічними орієнтирами трансформаційних процесів на довготривалій період та методологічною основою розробки бізнес-моделей для суб'єктів енергетичних ринків.

Формулювання цілей статті. Ідентифікація та систематизація ключових концептів розвитку енергетики в умовах підвищеної турбулентності та євроінтеграційних процесів, формування засад трансформації енергетичних систем та створення теоретичного підґрунтя для розробки актуальних моделей на основі впровадження нових механізмів реалізації структурних складових концептів стійкості, адаптивності та інтеграції.

Висвітлення основного матеріалу дослідження.

Сучасна світова енергетика переживає докорінну трансформацію, спричинену зміною клімату, технологічним прогресом та геополітичними викликами. Традиційна модель централізованого виробництва енергії, заснована на викопному паливі, поступається місцем новій парадигмі, в основі якої лежать нові ключові концепти, серед яких виділяють декарбонізацію, кліматичну нейтральність, енергоефективність, енергетичну безпеку, інновації та технології, стійкість та інші. Часто домінуючим концептом виступає енергетична безпека [8, 9], проте, як слушно зауважують дослідники в роботі [6, с. 215], «У сучасній науці відсутній єдиний методологічний підхід до визначення та аналізу сфери енергетичної безпеки. Кожна країна використовує власні підходи до визначення терміну «енергетична безпека», вибору сфери регулювання, формування системи управління, оцінки стану та ідентифікації загроз». З цих позицій безпековий аспект хоча і є, без сумніву, важливим, тим не менше він не дає відповіді на питання, як саме необхідно здійснювати розвиток та трансформаційні перетворення енергетичних систем, і, що не менш важливо, часто вступає у протиріччя з концептами декарбонізації, кліматичної нейтральності, енергоефективності тощо. Зауважимо також, що концентрація на якомусь єдиному концепті чи парадигмі в процесі формування моделі трансформації чи розвитку енергетичної системи неминує призводити до втрати орієнтирів та пов'язана із ризиками стратегічних прорахунків. З іншого боку, розширення переліку концептуальних орієнтирів ускладнює процеси стратегічного аналізу, прогнозування, планування.

Для ситуації, в якій опинилась енергетика України наприкінці 2025 року, а також беручи до уваги високий рівень невизначеності результатів війни, наявність глобальних викликів, швидкі технологічні зміни, в якості стратегічних орієнтирів відновлення та розвитку національної енергетики ми пропонуємо розглядати такі стратегічні концепти, як стійкість, адаптивність та інтеграція (рис. 1). Ці концепти небезпідставно можна

розглядати як базові, фундаментальні принципи забезпечення надійного, доступного та екологічно чистого енергопостачання майбутнього.

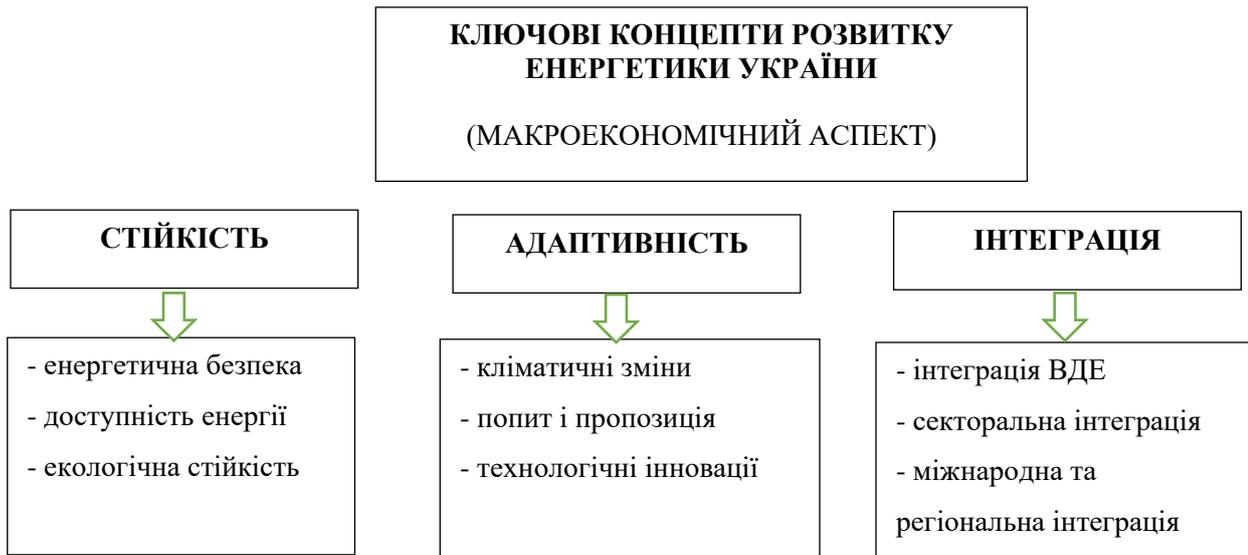


Рисунок 1 – Стратегічні концепти розвитку енергетики України

Джерело: розробка автора

Стійкість (Sustainability) в енергетиці охоплює три основні вектори, відомі як «енергетична трилема» [10]: енергетичну безпеку, доступність енергії та екологічну стійкість. Досягнення балансу між цими складовими є ключовим завданням сьогодення. В цьому контексті енергетична безпека означає забезпечення безперервного постачання енергоресурсів, зменшення залежності від імпорту та диверсифікацію джерел, а відповідно доступність енергії гарантує, що енергія є економічно прийнятною для всіх верств населення та промисловості. Екологічна стійкість в контексті енергетичної трилеми передбачає мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище, що в першу чергу означає перехід від вуглецевої економіки до низьковуглецевої. Це включає широке впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) – сонячної, вітрової, гідроенергії, а також розвиток технологій уловлювання та зберігання вуглецю. Деталізована структура та механізми реалізації концепту стійкості наведені у табл. 1.

Таким чином, концепт стійкості в енергетиці є складним і багатограним, охоплюючи екологічні, економічні, соціальні, технологічні та політичні аспекти. Для досягнення стійкості необхідно інтегрувати ці різні елементи в єдину стратегію, що дозволить забезпечити надійне, доступне та екологічно чисте енергетичне постачання для всіх. Відповідно стійкість на рівні держави залежить від сталого розвитку окремих енергетичних галузей та стійкості окремих підприємств.

Іншим ключовим концептом розвитку енергетики України ми вважаємо адаптивність (Adaptability), яка відображає здатність енергетичних систем гнучко реагувати на непередбачувані виклики та зміни [11, 12]. Це особливо важливо в контексті:

- кліматичних змін – енергетична інфраструктура має бути стійкою до екстремальних погодних явищ, таких як урагани, повені, аномальна спека чи морози;
- динаміки попиту та пропозиції – збільшення частки ВДЕ, які часто мають переривчастий характер генерації (наприклад, сонячна чи вітрова енергія), вимагає інноваційних рішень для балансування мереж;
- технологічних інновацій – швидкий розвиток технологій накопичення енергії (акумулятори), інтелектуальних мереж (smart grids) та управління попитом (demand response) вимагає здатності системи швидко їх інтегрувати.

Таблиця 1 – Структура та механізми концепту стійкості в енергетиці

Складові стійкості	Механізми реалізації
Екологічна стійкість	<ul style="list-style-type: none"> • Відновлювальні джерела енергії: використання сонячної, вітрової, гідроенергії та біомаси для зменшення викидів парникових газів і забруднення навколишнього середовища. • Збереження біорізноманіття: мінімізація впливу енергетичних проєктів на природні екосистеми та види, що перебувають під загрозою зникнення. • Управління ресурсами: раціональне використання природних ресурсів, таких як повітря, вода та земля, для енергетичних потреб, щоб уникнути їх виснаження.
Економічна стійкість	<ul style="list-style-type: none"> • Фінансова життєздатність: забезпечення того, щоб енергетичні проєкти були економічно вигідними та могли забезпечувати прибуток без шкоди для навколишнього середовища. • Диверсифікація енергетичних джерел: зменшення залежності від одного джерела енергії шляхом розвитку різних видів енергетичних технологій. • Інвестиції в інновації: підтримка досліджень та розробок нових технологій, що підвищують ефективність та знижують витрати на енергію.
Соціальна стійкість	<ul style="list-style-type: none"> • Доступність енергії: забезпечення доступу до енергії для всіх верств населення, включаючи вразливі групи, такі як бідні та віддалені громади. • Соціальна справедливість: врахування інтересів усіх зацікавлених сторін у процесах прийняття рішень щодо енергетичних проєктів, включаючи місцеві громади. • Залучення громадськості: активне залучення населення до обговорення та реалізації енергетичних стратегій, що сприяє підвищенню довіри та підтримки.
Технологічна стійкість	<ul style="list-style-type: none"> • Інноваційні технології: впровадження нових технологій, які підвищують ефективність виробництва та споживання енергії, такі як смарт-мережі та системи зберігання енергії. • Гнучкість систем: розробка енергетичних систем, які можуть адаптуватися до змін у попиту та пропозиції, що дозволяє уникнути перебоїв у постачанні. • Системи управління: використання сучасних інформаційних технологій для моніторингу та управління енергетичними ресурсами в реальному часі.
Політична та регуляторна стійкість	<ul style="list-style-type: none"> • Стабільна політика: розробка та підтримка політик, що сприяють розвитку відновлювальної енергетики та зменшенню викидів. • Регуляторні рамки: створення ефективних регуляторних механізмів, які забезпечують справедливую конкуренцію на енергетичних ринках та захист споживачів. • Міжнародна співпраця: участь у міжнародних угодах та ініціативах, спрямованих на боротьбу зі змінами клімату та розвиток сталих енергетичних систем.

Джерело: розробка автора

Адаптивна енергосистема повинна швидко відновлюватися після збоїв (resilience), порушення фізичної цілісності її окремих компонентів внаслідок, наприклад, бойових дій, аварійних відключень, зокрема внаслідок кібератак та ефективно пристосовуватися до нових умов функціонування, що характеризується її адаптаційним потенціалом. Деталізована структура та механізми реалізації концепту адаптивності наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Структура та механізми концепту адаптивності в енергетиці

Складові адаптивності	Механізми реалізації
Адаптація до змін клімату	<ul style="list-style-type: none"> • Оцінка ризиків: виявлення потенційних впливів зміни клімату на енергетичні системи, таких як підвищення рівня моря, екстремальні погодні явища та зміни в режимах опадів. • Модернізація інфраструктури: впровадження нових технологій, які можуть витримувати екстремальні умови, наприклад, зміцнення вітрових турбін для роботи в умовах сильних вітрів. • Гнучкість в проєктуванні: розробка енергетичних систем, які можуть легко адаптуватися до нових умов, наприклад, використання модульних систем, які можна розширювати або змінювати.
Технологічні інновації	<ul style="list-style-type: none"> • Впровадження нових технологій: використання новітніх технологій для підвищення ефективності виробництва та споживання енергії, таких як системи зберігання енергії (акумулятори, гідроакумуляуючі електростанції). • Цифровізація: використання цифрових технологій для моніторингу та управління енергетичними системами, що дозволяє швидше реагувати на зміни в попиті та пропозиції. • Розвиток смарт-мереж: інтеграція інформаційних технологій в електричні мережі для оптимізації розподілу енергії та зменшення втрат.
Гнучкість в управлінні	<ul style="list-style-type: none"> • Динамічне управління попитом: впровадження програм, які заохочують споживачів зменшувати споживання в пікові години, наприклад, через тарифні стимули. • Мультифункціональні системи: розробка енергетичних систем, які можуть виконувати кілька функцій, наприклад, використання сонячних панелей не лише для виробництва електроенергії, а й для підігріву води. • Участь споживачів: залучення споживачів до управління енергетичними ресурсами, що дозволяє їм бути активними учасниками енергетичного ринку.
Соціальна адаптивність	<ul style="list-style-type: none"> • Залучення громади: включення місцевих громад у процеси прийняття рішень щодо енергетичних проєктів, що підвищує їхню підтримку та зменшує опозицію. • Освіта та підвищення обізнаності: проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності населення про переваги відновлювальної енергетики та способи зменшення споживання енергії. • Соціальна справедливість: забезпечення доступу до нових технологій та енергетичних ресурсів для всіх верств населення, зокрема вразливих груп.

Джерело: розробка автора

Ще одним важливим концептом розвитку енергетики України, на наш погляд, є інтеграція. Інтеграція (Integration) передбачає об'єднання різних елементів енергетичної системи та секторів економіки для досягнення синергетичного ефекту. Ключові аспекти інтеграції:

-інтеграція ВДЕ передбачає включення великої кількості розподілених джерел генерації (наприклад, сонячні панелі на дахах, малі вітрові турбіни) до загальної мережі;

- секторальна інтеграція (Sector Coupling) передбачає формування взаємозв'язків між електроенергетикою, тепlopостачанням, транспортом (електромобілі) та промисловістю. Це дозволяє використовувати надлишок електроенергії, наприклад, для виробництва водню або опалення будівель, підвищуючи загальну ефективність системи;

- міжнародна та регіональна інтеграція полягає у об'єднанні енергосистем різних країн для забезпечення взаємної підтримки, торгівлі електроенергією та підвищення надійності.

Деталізована структура та механізми реалізації концепту інтеграції наведені у табл. 3.

Таблиця 3 - Структура та механізми концепту інтеграції в енергетиці

Складові інтеграції	Механізми реалізації
Системна інтеграція	<ul style="list-style-type: none"> • Об'єднання відновлювальних джерел: інтеграція сонячної, вітрової, гідроенергії та біомаси в єдину енергетичну мережу для забезпечення стабільного постачання енергії. • Системи зберігання енергії: використання акумуляторів та інших технологій зберігання для балансування виробництва та споживання енергії, що дозволяє зберігати надлишкову енергію під час пікових виробництв. • Гнучкі енергетичні системи: розробка систем, які можуть адаптуватися до змін в попиті та пропозиції, забезпечуючи стабільність енергетичних мереж.
Інтеграція з традиційними енергетичними системами	<ul style="list-style-type: none"> • Гібридні системи: поєднання відновлювальних джерел енергії з традиційними (вугілля, газ, ядерна енергія) для забезпечення надійності постачання енергії. • Технології «smart grid»: впровадження розумних мереж, які дозволяють інтегрувати різні джерела енергії та оптимізувати їх використання на основі реального попиту. • Зменшення викидів: використання технологій для зменшення викидів від традиційних джерел енергії, таких як вугільні електростанції, шляхом впровадження систем уловлення вуглецю.
Міжнародна інтеграція	<ul style="list-style-type: none"> • Енергетичні ринки: створення регіональних та міжнародних енергетичних ринків для обміну енергією між країнами, що сприяє зменшенню витрат та підвищенню енергоефективності. • Спільні проєкти: реалізація спільних проєктів з відновлювальної енергетики між країнами, наприклад, будівництво транснаціональних електричних мереж. • Політична співпраця: розробка політик, що підтримують інтеграцію енергетичних систем на міжнародному рівні, включаючи угоди про обмін технологіями та знаннями.
Інтеграція з іншими секторами економіки	<ul style="list-style-type: none"> • Транспорт: впровадження електричного транспорту та зарядних станцій, що використовують відновлювальні джерела енергії, для зменшення викидів та підвищення ефективності. • Промисловість: використання відновлювальної енергії в промислових процесах, що дозволяє знизити витрати на енергію та зменшити екологічний слід. • Житловий сектор: інтеграція енергетичних рішень у житловому будівництві, таких як сонячні панелі та системи енергетичного менеджменту, для підвищення енергоефективності.
Соціальна інтеграція	<ul style="list-style-type: none"> • Залучення громади: включення місцевих громад у процеси прийняття рішень щодо енергетичних проєктів, що підвищує їхню підтримку та зменшує опозицію. • Освіта та підвищення обізнаності: проведення інформаційних кампаній для підвищення обізнаності населення про переваги відновлювальної енергетики та інтеграційних рішень. • Соціальна справедливість: забезпечення доступу до нових технологій та енергетичних ресурсів для всіх верств населення, зокрема вразливих груп.

Джерело: розробка автора

Вирішення завдань повоєнного відновлення енергетики України слід розглядати одночасно із завданнями її інноваційної трансформації на основі використання запропонованих концептів стійкості, адаптивності та інтеграції. Це сприятиме також і зростанню енергетичної безпеки на національному рівні.

Зауважимо особливу важливість інтеграційного концепту, насамперед в контексті інтеграції енергосистем України та Європейського Союзу, адже геополітичні зміни останніх років переконливо доводять, що питання забезпечення енергетичної безпеки європейські країни повинні вирішувати спільно. В цьому контексті можна виділити пріоритетні стратегічні напрями формування енергетичної безпеки, зокрема [13]:

- диверсифікацію джерел енергопостачання, енергетичних маршрутів, логістики енергозабезпечення, формування нових енергетичних партнерств;
- розвиток відновлюваної енергетики відповідно до Цілей сталого розвитку ООН (зокрема, ЦСР 7 «Доступна та чиста енергія» та ЦСР 13 «Боротьба зі зміною клімату»);
- інтеграцію енергомереж ЄС – Україна та відповідно нормативно-правового забезпечення, включаючи синхронізацію стандартів, регламентів і технічних вимог;
- посилення енергетичної дипломатії, спрямованої на формування спільної позиції Європи щодо зовнішніх енергетичних загроз;
- формування та узгоджене використання спільних систем захисту енергетичних об'єктів від воєнних загроз.

Розглядаючи механізми координації та моніторингу євроінтеграційних процесів та погоджуючись з думкою автора [13] зауважимо, що особливої актуальності набуватимуть інтегровані енергетичні хаби, комплексні аналітичні огляди та прогнози, цифрові платформи обміну даними (Energy Data Space), регіональні та локальні стратегії адаптації до кліматичних змін, системи раннього попередження про енергетичні кризи тощо.

Запропоновані нами концепти розвитку енергетики (стійкість, адаптивність та інтеграція) слугують, на наш погляд, ефективними орієнтирами розвитку національних та наднаціональних енергетичних систем. Разом з тим існує гостра потреба їх деталізації та детермінації стосовно енергетичних систем галузевого рівня та рівня безпосередніх суб'єктів енергетичних ринків. В цьому контексті достатньо обґрунтованою видається відома концепція 3D (Decarbonization, Decentralization, Digitalization) [1, 2, 5], яка є популярною у дослідницькому середовищі та слугує основою побудови багатьох моделей енергетичних трансформацій та розвитку [14]. Разом з тим, концепція 3D у застосуванні до енергетичних галузей та суб'єктів господарювання не є вичерпною та характеризується певними недоліками, що особливо яскраво стало проявлятися у останньому десятилітті на фоні економічних, енергетичних та геополітичних криз. Так, зокрема концепція 3D не враховує зростання актуальності такого явища, як необхідність диверсифікації як самих енергетичних ресурсів, так і джерел їх постачання, каналів і шляхів доставки, місць накопичення та зберігання, технологій балансування попиту і пропозиції на енергетичних ринках тощо. Окрім того, детальний розгляд та обґрунтування наведених вище стратегічних концептів доводить, що концепцію 3D слід обов'язково розглядати і з позицій інтеграційних процесів. Таким чином, нами пропонується доповнити існуючу концепцію 3D ще двома складовими – «диверсифікація» та «інтеграція», що дозволяє перейти до удосконаленої концепції 4D+I (Decarbonization, Decentralization, Digitalization, Diversification, Integration) (рис. 2).

Концепція 4D+I, на наш погляд, слугуватиме ефективною основою розроблення стратегічних планів розвитку енергетичних систем різних ієрархічних рівнів, зокрема мікро- та мезорівнів, а також при вирішенні теоретичних та прикладних завдань, пов'язаних з моделюванням та оцінкою енергетичних ризиків, інтеграцією децентралізованих джерел генерації, використанням технології Smart Grid (інтелектуальні мережі), вирішенням проблем накопичення енергії та балансування, управління процесами секторальної інтеграції, виробленням керівних концепцій та рекомендацій для органів державної влади та регуляторів щодо планування стійких енергетичних систем.

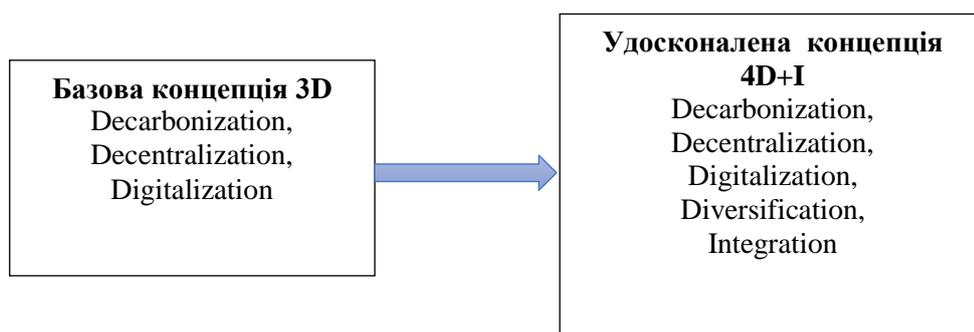


Рисунок 2 – Еволюція концепцій розвитку енергетики

Джерело: розробка автора

Висновки. В процесі дослідження проаналізовано стан світової енергетики та енергетики України з позицій сталості, декарбонізації, діджиталізації, енергетичної безпеки та інших важливих концептуальних парадигм сьогодення. Доведено важливість та необхідність удосконалення концептуальних засад трансформації та розвитку енергетичних систем різних ієрархічних рівнів і запропоновано актуальні стратегічні концепти розвитку енергетики, такі як стійкість, адаптивність та інтеграція. Розкрито і проаналізовано структуру та окремі складові вказаних стратегічних концептів, а також обґрунтовано механізми їх практичної реалізації.

Доведено, що концепти стійкості, адаптивності та інтеграції слугуватимуть ефективними орієнтирами розвитку національних та наднаціональних енергетичних систем, а також запропоновано підходи до їх деталізації та детермінації стосовно енергетичних систем галузевого рівня та рівня безпосередніх суб'єктів енергетичних ринків. З цією метою запропоновано удосконалену концепцію 4D+I (Decarbonization, Decentralization, Digitalization, Diversification, Integration) в якості основи для розроблення стратегічних планів розвитку енергетичних систем різних ієрархічних рівнів, зокрема мікро- та мезорівнів.

Перспективи подальших досліджень полягатимуть у проведенні аналізу впливу факторів зовнішнього середовища на трансформаційні процеси в енергетичних системах та розробленні методології формування ефективних індивідуальних траєкторій трансформації енергетичних систем.

Список використаних джерел

1. Silvestre M.L., Favuzza S., Sanseverino R., Zizzo G. (2018). How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Reviews*, No. 93, P. 483–498.
2. Wu Y., Wu Y., Guerrero J.M., Vasquez J.C. (2021). Digitalization and decentralization driving transactive energy Internet: Key technologies and infrastructure. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, № 126, 106593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106593>
3. Пудичева Г. О. (2021). Декарбонізація, децентралізація, діджиталізація – ключові фактори сучасної енергетики. Причорноморські економічні студії, Випуск 71, С. 117-122. DOI: <https://doi.org/10.32843/bses.71-18>
4. Гнедіна К. В., Сорока А. В. (2023). Декарбонізація економіки як чинник забезпечення кліматично нейтрального майбутнього: сучасні виклики і перспективи в Україні та світі. *Економіка та суспільство*, Випуск 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-76>
5. Кириленко О. В., Денисюк С. П. та Білінов І. В. (2024). Енергетичний менеджмент: нові пріоритети XXI століття. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, №1, С. 7-27. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2024.297508>

6. Бондаренко С., Коротченко О. (2023). Стійкість як новітній концепт енергетичної безпеки. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, Vol. 13, No.6, С. 215-240. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.18>

7. Oleksii Zhukov, Serhii Boiko, Andrii Koval, Oleksii Kotov, Sviatoslav Vyshnevs'kyi (2025). Development of a logistic model for energy transition to renewable energy sources with energy security consideration. *Technology audit and production reserves*, No. 5/1(85), P. 63-69. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.340373>

8. Евенсен Д., Совакул Б., Далтон Н., Глебова К. (2022). Енергетична безпека, зміна клімату та майбутня відбудова України. (Опубліковано Інститутом глобального сталого розвитку Бостонського університету, Бостон, Массачусетс, США). URL: <https://www.bu.edu/igs/>

9. Визначення рівня енергетичної безпеки України: аналіт. доп. / [Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Бобро Д. Г., Рябцев Г. Л., Завгородня С. П.] ; за заг. ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2021. 71 с. DOI: https://doi.org/10.53679/NISS_analytrep.2022.02

10. World Energy Trilemma Index 2020. World Energy Council. URL: <https://trilemma.worldenergy.org/>

11. Слободян Н.Б., Дзьоба О.Г. (2024). Адаптаційний потенціал як чинник трансформації підприємств енергетичного сектору. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Серія «Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості»*, № 1 (29), С. 30 – 40. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2024-1\(29\)-30-40](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2024-1(29)-30-40)

12. Дзьоба О.Г., Слободян Н.Б., Гуцуляк В.М. (2024). Використання концепцій енергетичного маркетингу в контексті підвищення адаптаційного потенціалу підприємств енергетичного комплексу. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки»*, №11 (91). DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-11>

13. Павлик О. В. (2025). Енергетична безпека як ключовий фактор формування нової архітектури безпеки у європейському регіоні. *Український політико-правовий дискурс*, № 16. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17486636>

14. Дзьоба О.Г., Слободян Н.Б. (2025). Нормативно-правові, екологічні та цифрові аспекти енергетичної трансформації. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». Серія: «Економічні науки»*, Випуск 3 (95). <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-3>

References

1. Silvestre M.L., Favuzza S., Sanseverino R., Zizzo G. (2018). How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Reviews*, 93, 483–498.

2. Wu Y., Wu Y., Guerrero J.M., Vasquez J.C. (2021). Digitalization and decentralization driving transactive energy Internet: Key technologies and infrastructure. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 126, 106593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106593>

3. Pudychева Н. О. (2021). Dekarbonizatsiya, detsentralizatsiya, didzhytalizatsiya – klyuchovi faktory suchasnoyi enerhetyky [Decarbonization, decentralization, digitalization – key factors of modern energy]. *Prychornomors'ki ekonomichni studiyi - Black Sea Economic Studies*, 71, 117-122. DOI: <https://doi.org/10.32843/bse.71-18> [in Ukrainian].

4. Hnedina K. V., Soroka A. V. (2023). Dekarbonizatsiya ekonomiky yak chynnyk zabezpechennya klimatychno neytral'noho maybutn'oho: suchasni vyklyky i perspektyvy v Ukraini ta sviti [Decarbonization of the economy as a factor in ensuring a climate-neutral future: current challenges and prospects in Ukraine and the world]. *Ekonomika ta suspil'stvo - Economy and Society*, 54. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-76> [in Ukrainian].

5. Kyrylenko O. V., Denysiuk S. P., Blinov I. V. (2024). Enerhetychnyi menedzhment: novi priorytety XXI stolittia [Energy management: new priorities of the 21st century]. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia - Energy: economics, technologies, ecology*, 1, 7–27. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2024.297508> [in Ukrainian].

6. Bondarenko S., Korotchenko O. (2023). Stiykist' yak novitniy kontsept enerhetychnoyi bezpeky [Sustainability as a new concept of energy security]. *Journal of Scientific Papers «Social Development and Security»*, Vol. 13, 6, 215-240. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2023.13.6.18> [in Ukrainian].

7. Oleksii Zhukov, Serhii Boiko, Andrii Koval, Oleksii Kotov, Sviatoslav Vyshnevs'kyi. (2025). Development of a logistic model for energy transition to renewable energy sources with energy security consideration. *Technology audit and production reserves*, 5/1(85), 63-69. DOI: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.340373>
8. Evensen D., Sovakul B., Dalton N., Hlebova K. (2022). Enerhetychna bezpeka, zmina klimatu ta maybutnya vidbudova Ukrainy. (Opublikovano Instytutom hlobal'noho staloho rozvytku Bostons'koho universytetu, Boston, Massachusetts, SSHA) [Energy Security, Climate Change, and the Future Reconstruction of Ukraine. (Published by the Institute for Global Sustainability, Boston University, Boston, Massachusetts, USA)]. URL: <https://www.bu.edu/igs/> [in Ukrainian].
9. Vyznachennya rivny energetychnoyi bezpeky Ukrainy: analit. dop. [Determining the level of energy security of Ukraine: analytical supplement] / [Sukhodolya O. M., Kharazishvili YU. M., Bobro D. H., Ryabtsev H. L., Zavorodnya S. P.]; za zah. red. O. M. Sukhodoli. Kyiv: NISD, 2021, 71 p. DOI: https://doi.org/10.53679/NISS_analytrep.2022.02 [in Ukrainian].
10. World Energy Trilemma Index 2020. World Energy Council. URL: <https://trilemma.worldenergy.org/>
11. Slobodyan N.B., Dzoba O.H. (2024). Adaptatsiynyy potentsial yak chynnyk transformatsiyi pidpryyemstv enerhetychnoho sektoru [Adaptive potential as a factor in the transformation of energy sector enterprises]. *Naukovyy visnyk Ivano-Frankivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu. Seriya «Ekonomika ta upravlinnya v naftoviy i hazoviy promyslovosti» - Scientific Bulletin of the Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Series «Economics and Management in the Oil and Gas Industry»*, 1 (29), 30 – 40. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2024-1\(29\)-30-40](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2024-1(29)-30-40) [in Ukrainian].
12. Dzoba O.H., Slobodyan N.B., Hutsulyak V.M. (2024). Vykorystannya kontseptsiy enerhetychnoho marketynhu v konteksti pidvyshchennya adaptatsiynoho potentsialu pidpryyemstv enerhetychnoho kompleksu [Using energy marketing concepts in the context of increasing the adaptive potential of energy complex enterprises] *Mizhnarodnyy naukovyy zhurnal «Internauka». Seriya: «Ekonomichni nauky» - International scientific journal «Internauka». Series: «Economic Sciences»*, 11 (91). DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2024-11> [in Ukrainian].
13. Pavlyk O. V. (2025). Enerhetychna bezpeka yak klyuchovyy faktor formuvannya novoyi arkhitektury bezpeky u yevropeys'komu rehioni [Energy security as a key factor in the formation of a new security architecture in the European region]. *Ukrayins'kyi polityko-pravovyy diskurs - Ukrainian political and legal discourse*, 16. DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17486636> [in Ukrainian].
14. Dzoba O.H., Slobodian N.B. (2025). Normatyvno-pravovi, ekolohichni ta tsyfrovi aspekty enerhetychnoi transformatsii [Regulatory, environmental and digital aspects of energy transformation]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal «Internauka». Seriya: «Ekonomichni nauky» - International scientific journal «Internauka». Series: «Economic Sciences»*, 3 (95). <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-3> [in Ukrainian].

SUSTAINABILITY, ADAPTABILITY, INTEGRATION AS NEW CONCEPTS OF ENERGY DEVELOPMENT

Dzoba Oleh Hryhorovych

Doctor of Economic Sciences, Professor

Department of entrepreneurship and marketing

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

76019, Ivano-Frankivsk, Karpatska Street, 15

E-mail: oleh.dzoba@nung.edu.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0385-3693>

Abstract. The purpose of the article is to identify and systematize key concepts of energy development in conditions of increased turbulence and European integration processes, to form the foundations of energy system transformation and to create a theoretical basis for the development of relevant models based on the introduction of new mechanisms for implementing the structural components of the concepts of

sustainability, adaptability and integration. The main emphasis is placed on studying the state of the global energy sector and the energy sector of Ukraine from the perspectives of sustainability, decarbonization, digitalization, energy security, and other important conceptual paradigms of today. The research is based on the fundamental principles of economic theory and management science, the works of leading domestic and foreign specialists, the study of modern trends in the development of the energy industry and the conceptual principles of managing transformation processes in the context of sustainable development. The importance and necessity of improving the conceptual foundations of the transformation and development of energy systems of various hierarchical levels are proven and relevant strategic concepts for energy development, such as sustainability, adaptability, and integration, are proposed. The structure and individual components of the above strategic concepts are revealed and analyzed, as well as the mechanisms for their practical implementation are substantiated. An improved 4D+I concept (Decarbonization, Decentralization, Digitalization, Diversification, Integration) is proposed as the basis for developing strategic plans for the development of energy systems at the industry level. The issues of the article are relevant and focused on solving the problems of energy security, decarbonization, environmental sustainability, political, regulatory and technological resilience by improving the effective use of important strategic guidelines for transformational transformations of energy systems.

Keywords: energy systems, energy transition, strategic management, decarbonization, energy development concepts, sustainability, adaptability, integration