

ЕКОНОМІКА ТА УПРАВЛІННЯ ПІДПРИЄМСТВАМИ

УДК 330.322:620.9:004
JEL Classification: O33; L94; M15

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

©2025 АРЕФ'ЄВА О. В.

УДК 330.322:620.9:004
JEL Classification: O33; L94; M15

Ареф'єва О. В.

Стратегічні напрями розвитку бізнес-процесів інформаційного потенціалу енергетичних підприємств в умовах цифровізації

У статті досліджено стратегічні напрями розвитку бізнес-процесів інформаційного потенціалу енергетичних підприємств в умовах цифрової трансформації. Підкреслено, що в сучасному глобалізованому середовищі ефективність енергетичних підприємств визначається здатністю інтегрувати цифрові технології у ключові бізнес-процеси, формуючи нову модель управління інформаційними ресурсами. Розкрито сутність поняття інформаційного потенціалу як інтегральної характеристики, що поєднує наявні інформаційні ресурси, цифрові технології, кадровий потенціал і організаційні механізми їхнього використання. Особливу увагу приділено проблематиці цифрової когерентності, яка передбачає гармонізацію різних підсистем інформаційного забезпечення у єдиний функціональний контур. У роботі обґрунтовано роль фрактально-кластерної технології як інноваційного підходу до формування гнучкої архітектури управління інформаційними потоками на енергетичних підприємствах. Зазначено, що застосування кластерних моделей дозволяє забезпечити синергетичний ефект за рахунок поєднання інвестицій у цифрову інфраструктуру з розвитком компетенцій персоналу та оптимізацією бізнес-процесів. Окреслено стратегічні напрями розвитку, серед яких: цифровізація управління виробничими та фінансовими процесами, удосконалення механізмів оцінки ефективності інформаційного потенціалу, впровадження сучасних інформаційних технологій та інноваційних методик моніторингу результатів. Доведено, що підвищення економічної ефективності енергетичних підприємств в умовах цифровізації можливе лише за умови цілісного розвитку інформаційного потенціалу, який має розглядатися як стратегічний актив. Розвиток бізнес-процесів на основі цифрових технологій забезпечує зростання конкурентоспроможності, скорочення транзакційних витрат, підвищення рівня прозорості управління та стійкості функціонування підприємств в умовах турбулентності зовнішнього середовища.

Ключові слова: інформаційний потенціал, енергетичні підприємства, цифрова когерентність, управління, стратегія, економічна ефективність, фрактально-кластерна технологія, механізм, методика оцінки, синергетичний ефект, цифрові технології, цифровізація, інформаційні технології.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2025-3-126-134>

Рис.: 1. Табл.: 2. Бібл.: 24.

Ареф'єва Олена Володимирівна – доктор економічних наук, професор, виконуючий обов'язки завідувача кафедри економіки, Державний університет «Київський авіаційний інститут» (просп. Любомира Гузара, 1, Київ, 03058, Україна)

E-mail: lena-2009-19@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5157-9970>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/U-4226-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorid=36068889000>

UDC 330.322:620.9:004
JEL Classification: O33; L94; M15

Arefieva O. V. Strategic Directions for the Development of Business Processes of the Information Potential of Energy Enterprises in the Context of Digitalization

The article explores the strategic directions for developing the business processes of the information potential of energy enterprises amid digital transformation. The author emphasizes that in today's globalized environment, the efficiency of energy enterprises is defined by their ability to integrate digital technologies into key business processes, forming a new model for managing information resources. The concept of information potential is disclosed as an integral characteristic that combines existing information resources, digital technologies, human capital, and organizational mechanisms for their utilization. Special attention is given to the issue of digital coherence, which entails harmonizing various information support subsystems into a unified functional framework. The article substantiates the role of fractal-cluster technology as an innovative approach to creating a flexible management architecture for information flows in energy enterprises. It is noted that using cluster models enables the achievement of a synergistic effect by combining investments in digital infrastructure with the development of personnel competencies and the optimization of business processes. The strategic directions of development are outlined, including: digitalization of production and financial management processes, improvement of mechanisms for assessing the efficiency of information potential, implementation of modern information

technologies, and innovative methods for monitoring results. It is demonstrated that improving the economic efficiency of energy enterprises in the context of digitalization is possible only through the comprehensive development of information potential, which should be regarded as a strategic asset. The development of business processes based on digital technologies ensures increased competitiveness, reduced transaction costs, improved management transparency, and resilience of enterprise operations in a turbulent external environment.

Keywords: information potential, energy enterprises, digital coherence, management, strategy, economic efficiency, fractal-cluster technology, mechanism, evaluation methodology, synergistic effect, digital technologies, digitalization, information technologies, information resources, investments.

Fig.: 1. Tabl.: 2. Bibl.: 24.

Arefieva Olena V. – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Acting Head of the Department, Department of Transport, State University "Kyiv Aviation Institute" (1 Liubomyra Husara Ave., Kyiv, 03058, Ukraine)

E-mail: lena-2009-19@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5157-9970>

Researcher ID: <https://www.webofscience.com/wos/author/record/U-4226-2018>

Scopus Author ID: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36068889000>

Вступ. Глибинна цифровізація енергетики зміщує фокус управління від локальної автоматизації окремих операцій до системної керованості даними, коли якість, доступність та інтероперабельність інформації визначають здатність підприємства створювати економічну цінність і підтримувати операційну стійкість. За таких умов інформаційний потенціал доцільно трактувати як стратегічний актив, що інтегрує ресурси даних, цифрові технології, архітектуру та управління даними, компетенції персоналу й регламенти прийняття рішень. Ключовим викликом стає забезпечення цифрової когерентності бізнес-процесів – узгодженості даних, процесів, технологій і ролей у межах єдиного контуру створення цінності, – що уможливає реалізацію синергетичного ефекту від інвестицій у цифрові рішення й операційну трансформацію.

Актуальність проблеми посилюється сукупністю зовнішніх і внутрішніх факторів розвитку галузі. Зовнішні виклики включають волатильність ринків енергоресурсів, прискорену інтеграцію відновлюваної генерації з властивою їй мінливою продуктивністю, децентралізацію енергосистеми (prosumers, мікромережі), підвищені вимоги до звітності з енергоефективності та декарбонізації, а також ескалацію кіберризиків у критичній інфраструктурі. Внутрішні бар'єри пов'язані з фрагментацією IT-/OT-ландшафту, наявністю спадкованих систем, різноманітністю форматів даних і метрик, дефіцитом компетенцій та неузгодженістю регламентів між виробничими й підтримувальними функціями. У сукупності це вимагає переходу від точкових IT-проектів до платформеної архітектури даних із семантичним шаром, конвергенції OT/IT, стандартизації потоків телеметрії та впровадження практик data governance. Відповіддю на зазначені виклики є поєднання організаційних і техніко-технологічних рішень. На організаційному рівні доцільним є фрактально-кластерний підхід: автономні кластери (генерація, мережі, збут, TOiP, підтримувальні служби) з власними цілями, даними та циклами рішень функціонують у спільних правилах даних і безпеки, що забезпечує баланс між локальною гнучкістю та загальною керованістю. На технологічному рівні ключовими інструментами виступають цифрові двійники критичних активів і процесів, процес-майнінг для виявлення фактичних траєкторій виконання операцій, а також MRV-контур (measurement–reporting–verification) для вимірю-

ваності ефектів енергоефективності та декарбонізації. Їх інтеграція у бізнес-процеси дозволяє замкнути цикл «дані → модель → рішення → результат» і забезпечити відтворюваність та прозорість управлінських дій.

Водночас у науково-практичній площині зберігається дефіцит операціоналізованих методик кількісного вимірювання інформаційного потенціалу та ступеня цифрової когерентності саме для енергетичних підприємств; розірваність між IT-індикаторами та бізнес-KPI ускладнює пріоритизацію інвестицій і верифікацію їхньої результативності. Таким чином, постає завдання розробити методичний механізм оцінювання й розвитку інформаційного потенціалу, що поєднає індикатори якості даних, інтероперабельності OT/IT, рівня автоматизації рішень, операційної стійкості та безпеки з бізнес-результатами (OPEX, надійність, втрати, простой, виконання SLA). Саме цьому присвячено подальший виклад: формулюються концептуальні засади цифрової когерентності, пропонується індикативна система та інтегральний індекс оцінювання, а також окреслюються стратегічні напрями трансформації бізнес-процесів, здатні забезпечити зростання економічної ефективності та стійкості енергетичних підприємств в умовах цифровізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У міжнародному дискурсі останніх років помітний перехід від опису окремих технологій до логіки керованості даними й узгодженості процесів. У систематичному огляді [1] А. Агазаде Ардебілі, М. Заппаторе, А. І. Х. А. Рамадан, А. Лонго, А. Фікарелла прямо зазначено: «...систематичний огляд цифрових двійників для розумних енергосистем із фокусом на технологічних рушіях, варіантах дизайну та управлінських стратегіях» (переклад наш). Такий підхід підсилює тезу про необхідність не пілотних, а процесно вшитих рішень, де архітектура даних і механізми інтеграції є наріжними каменями цифрової когерентності. Дотично [2], З. Назарі, П. Мусілек наголошують: «впровадження технологій у бізнес-процеси – лише невелика частина цифрової трансформації», що ми цілком підтримуємо: без політик управління даними, чітких ролей і регламентів IT-інвестиції не конвертуються у вимірюваний результат. У роботі [3] Б. Сюта-Токарська, С. Крук, П. Кжемінський, А. Тх'єр, К. Жмія підкреслено «різноманітні драйвери цифровізації підприємств енергетичного сектора»; на нашу

думку, для енергетики вирішальними є саме семантичні та часові узгодження даних (словники показників і синхронізація частот збору/агрегації) – без них виникають розриви між ОТ і фінансами.

Питання практичної результативності цифрових двійників докладно розглядають [4] Ж. В. С. ду Амарал, К. Х. дос Сантос, Ж. А. Б. Монтовекі, А. Р. де Кейрош, які систематизують «застосування енергетичних цифрових двійників у генерації, мережах, зберіганні та споживанні». Ключем до стійкого ефекту є замикання циклу «дані → модель → рішення → верифікація» за допомогою прозорих MRV-контурів. Ширший макротенденційний вимір додають [5] С. Лю, Л. Чжан, М. Лі та ін.: «цифрова економіка істотно підвищила ефективність викидів вуглецю». Можно погодитись й уточнити: на рівні підприємства цей ефект матеріалізується через інтеграцію ОТ/ІТ, цифрові двійники критичних активів і уніфіковані метрики енергоефективності.

Українські дослідження конвергують у бік практик вимірюваності та політик даних [6]. Ю. Матвеева, Ю. Опанасюк, В. Желіба, Е. Богдан пишуть: «мета статті – дослідити вплив цифрових технологій на підвищення енергоефективності та зменшення викидів вуглецю», що, на нашу думку, доцільно доповнювати вимогами до якості та походження даних (lineage) і прозорими правилами нормування показників. К. Таранюк, О. Касьян акцентують, що «цифровізація є важливим фактором сталого розвитку», з чим ми погоджуємося, водночас наполягаючи: без уніфікованих словників показників і правил обліку втрат цифровізація ризикує лишатися локальною [7]. У В. Прохорової, Я. Юхман, Ю. Янчака [8] запропоновано трактування «цифрової когерентності» як узгодженості та інтеграції цифрових ініціатив усередині організації; для енергетики це поняття обов'язково має охоплювати часову синхронізацію потоків телеметрії з управлінськими вікнами звітності.

Галуzeвий зріз конкретизують праці [9] І. Вітрика, де обґрунтовано «необхідність розроблення цифрової стратегії суб'єктів нафтогазового комплексу» (фрагмент), та О. Кириленка, С. Денисюка, І. Білінова, які окреслюють «цифрову трансформацію енергетики: сучасні тенденції та завдання» [10]. Обидві позиції сходяться у вимозі платформеного підходу: керовані API, контракти даних, єдині правила доступу та комплаєнсу – саме вони дозволяють звести воедино технічні, процесні та управлінські аспекти цифровізації і забезпечити відтворюваність її ефектів.

Зважаючи на динамічні зміни зовнішнього середовища та зростаючу роль цифрових технологій в управлінні, виникає необхідність розробки стратегічних напрямів розвитку бізнес-процесів інформаційного потенціалу енергетичних підприємств. Недостатньо дослідженими залишаються питання інтеграції інформаційного потенціалу з цифровими платформами управління, формування адаптивних моделей трансформації бізнес-процесів в умовах цифровізації, а також забезпечення їхньої стійкості до кіберзагроз і зовнішніх дестабілізуючих факторів.

Це зумовлює потребу у формуванні системної методології, що поєднуватиме стратегічні підходи до управління інформаційним потенціалом із практичними

інструментами цифрової модернізації підприємств енергетичного сектора.

Метою статті є визначення стратегічних напрямків розвитку бізнес-процесів інформаційного потенціалу енергетичних підприємств в умовах цифровізації, обґрунтувати інноваційні підходи до його оцінювання та управління, а також сформувати науково-практичні рекомендації щодо підвищення ефективності діяльності на основі цифрових технологій.

Об'єктом дослідження є бізнес-процеси розвитку інформаційного потенціалу енергетичних підприємств в умовах цифрової трансформації економіки.

Предметом дослідження є стратегічні напрями, методи та механізми формування й реалізації інформаційного потенціалу енергетичних підприємств на основі цифрових технологій, що забезпечують підвищення їхньої економічної ефективності та конкурентоспроможності.

Викладення основного матеріалу. Сучасний етап розвитку енергетичних підприємств у цифровій економіці позначається переходом від локальної автоматизації окремих функцій до системної керованості даними на рівні всієї організації. У такій парадигмі саме якість, доступність і інтероперабельність інформації стають визначальними детермінантами створення економічної та суспільної цінності [11–13]. Відповідно інформаційний потенціал доцільно трактувати як стратегічний актив, що акумулює ресурси даних, технологічну інфраструктуру, процесні регламенти та управлінські компетенції. Його реалізація можлива через забезпечення цифрової когерентності – узгодженості даних, процесів, технологій і організаційних ролей у масштабі всього підприємства [14–17].

Запропонована концептуальна рамка спирається на три взаємопов'язані виміри когерентності: семантичний (єдині визначення показників, наскрізні ідентифікатори активів, узгоджені правила обліку), часовий (синхронізація частот знімання та агрегації ОТ-даних із періодами управлінської та фінансової звітності) і процесний (формалізовані регламенти прийняття рішень, матриці відповідальності, правила ескаляції та SLA/SLO). Їх інституціалізація усуває семантичні суперечності, мінімізує часові зсуви між операційною та управлінською інформацією, знижує залежність від «тіньової» аналітики та забезпечує відтворюваність управлінських рішень [18–20].

У контексті енергетики, що характеризується технологічною різноманітністю ОТ/ІТ-ландшафту, просторовою розподіленістю активів і високими вимогами до надійності, цифрова когерентність слугує передумовою перетворення даних на керовані результати. Вона створює умови для наскрізної інтеграції телеметрії, транзакційних і зовнішніх даних, підвищує спостережність процесів і прозорість відповідальності, а також формує підґрунтя для вимірюваності ефектів за трьома ключовими площинами: операційною (зростання надійності, скорочення простоїв), економічною (зменшення OPEX і втрат, підвищення окупності інвестицій) та сталості (доведена енергоефективність і поступ декарбонізації). Саме така рамка виступає методологічною основою подальшого проектування механізмів, дорожніх карт і метрик оцінювання результативності цифрової трансформації енергетичних підприємств [21–24].

Для подальшого викладу доцільно зафіксувати еталонну операційну логіку перетворення даних на управлінські рішення й вимірювані результати (рис. 1).

Він узагальнює архітектуру, у межах якої різнотипні джерела (ОТ/ІТ та зовнішні) уніфікуються через платформу інтеграції і семантичний шар, після чого підтримують роботу моделей (зокрема цифрових двійників активів і процесів) та контурів прийняття рішень. Схема показує, що відтворюваність ефектів забезпечує не окрема технологія, а поєднання трьох складових: (1) єдиної «мови» даних і керованих інтеграцій; (2) аналітики, вбудованої в бізнес-процеси; (3) контурів вимірювання–звітності–верифікації (МЗВ), які закривають цикл зворотного зв'язку. Ключовою поперечною умовою є цифрова когерентність – семантична, часова та процесна узгодженість по всій вертикалі «дані → рішення → результат».

Виконання рішень матеріалізується у вимірюваних зрушеннях трьох типів: операційних (зростання надійності, скорочення простоїв), економічних (зменшення OPEX та втрат, підвищення окупності ініціатив) і сталості (покращення енергоефективності, прозора декарбонізація). Контур МЗВ (моніторинг/вимірювання – звітність – верифікація) фіксує ці ефекти за затвердженими методиками, забезпечує порівнянність звітності та незалежну верифікацію, а також повертає зворотний зв'язок у моделі, семантику й регламенти (переналаштування параметрів, оновлення довідників, корекцію SLA/SLO і RACI).

Цифрова когерентність виконує роль горизонтальної «зв'язки» для всіх рівнів: усуває семантичні двозначності, синхронізує часові режими ОТ/ІТ із управлінськими вікнами, уніфікує правила прийняття та ескалації рішень. У результаті контур набуває збільшеного процедурного дробування «дані → модель → рішення → результат → МЗВ → удосконалення», а також набуває властивостей самонавчальної системи, що забезпечує стаке й відтворюване підвищення ефективності.

Для забезпечення відтворюваності рішень і доказовості ефектів цифрової трансформації в енергетиці запроваджується контур МЗВ (моніторинг/вимірювання – звітність – верифікація) як інституціоналізований механізм управління даними й результатами.

Він уніфікує підходи до формування показників, їхнього розрахунку, подання та незалежної перевірки, що гарантує порівнянність результатів між кластерами й у часі, зменшує семантичні та часові розриви, а також створює прозорий аудиторський слід для внутрішніх і зовнішніх стейкхолдерів (операційні штаби, фінанси, ризики, регулятор, інвестори).

У табл. 1 систематизовано структуру контуру МЗВ за чотирма послідовними фазами – від проектування системи вимірювань до зворотного зв'язку та архівації.

Для кожної фази подано зміст ключових дій і очікувані артефакти (паспорти метрик, карта *data lineage*, регламент контролю якості, стандартизовані звіти, аудиторські висновки, реєстр відхилень і рекомендацій). Така побудова забезпечує методичну сумірність показників, підвищує керованість портфелем ініціатив (CAPEX/OPEX), підтримує вимоги комплаєнсу та ESG-звітності, а також слугує відправною точкою для циклу «МЗВ → удосконалення».

Після інституціоналізації контуру МЗВ (див. табл. 1) наступним кроком є перехід від фіксації результатів до їх керованого поліпшення. Цей етап забезпечує замикання циклу «дані → рішення → результат → МЗВ → удосконалення» й перетворює цифрову трансформацію з набору пілотів на безперервний процес підвищення ефективності.

Структуризація цього процесу відбувається у вигляді шести напрямів удосконалення – від корекції семантики та методик до портфельних рішень і безпеки/безперервності – та для кожного напряму подає конкретні дії й очікувані результати разом з оціночними метриками (табл. 2).

Запропонована матриця слугує робочим інструментом для оперативних штабів, архітектурної ради та комітетів із інвестицій/ризиків: вона дозволяє швидко ідентифікувати джерело відхилень (дані, модель, інтеграції, процес, портфель, безпека), визначити відповідальних за RACI, погодити зміни в регламентах і SLA/SLO, а також закріпити потрібні ресурси (CAPEX/OPEX). Регулярне застосування цієї матриці у встановлених ритмах (операційні – щоденно/щотижнево; економічні та сталі – щомісяця/щокварталу) забезпечує порівнянність динаміки показників, прозорість атрибуції ефектів і своєчасне масштабування практик, що довели результативність. Інакше кажучи, операціоналізує фазу «МЗВ → удосконалення» і формує керований конвеєр змін, який підтримує цифрову когерентність підприємства на всіх рівнях.

Запропоновано цілісну концептуально-методичну рамку стратегічного розвитку бізнес-процесів інформаційного потенціалу енергетичних підприємств, що спирається на принцип цифрової когерентності як обов'язкової умови відтворюваності управлінських рішень. Поєднання семантично узгоджених даних, платформеної інтеграції, вбудованої аналітики (зокрема цифрових двійників активів і процесів) та інституціоналізованого контуру МЗВ (моніторинг/вимірювання – звітність – верифікація) забезпечує перехід від фрагментарної автоматизації до керованої цифрової трансформації на рівні всієї організації. Організаційною опорою цієї трансформації є фрактально-кластерна модель, що зберігає автономію операційних кластерів (генерація, мережі, збут, ТОВ, фінанси, безпека) і водночас гарантує єдині правила даних, доступу та відповідальності.

Практична імплементація рамки передбачає послідовну дорожню карту: інвентаризацію даних і процесів; створення семантичного шару та інтеграційної платформи; пілотування цифрових двійників у критичних контурах (диспетчеризація, втрати, ТОВ) із коротким зворотним зв'язком; процес-майнінг і реінжиніринг; розгортання МЗВ; посилення ОТ/ІТ-безпеки та безперервності. Ключовими передумовами успіху є лідерство й корпоративне управління даними, узгоджена портфельна політика (CAPEX/OPEX), розвиток компетенцій (data/OT security/архітектура), а також чіткі регламенти RACI та SLA/SLO. Водночас рамка має обмеження: її результати залежать від якості первинних даних, зрілості інтеграційної інфраструктури, готовності до змін і регуляторного середовища. Галузева різномірність активів і процесів, а також зовнішні шоки (енергетичні, макроекономічні, кібернетичні) потребують адаптивного налаштування методик, частот вимірювань і пріоритизації ініціатив. На рівні політики доцільними є

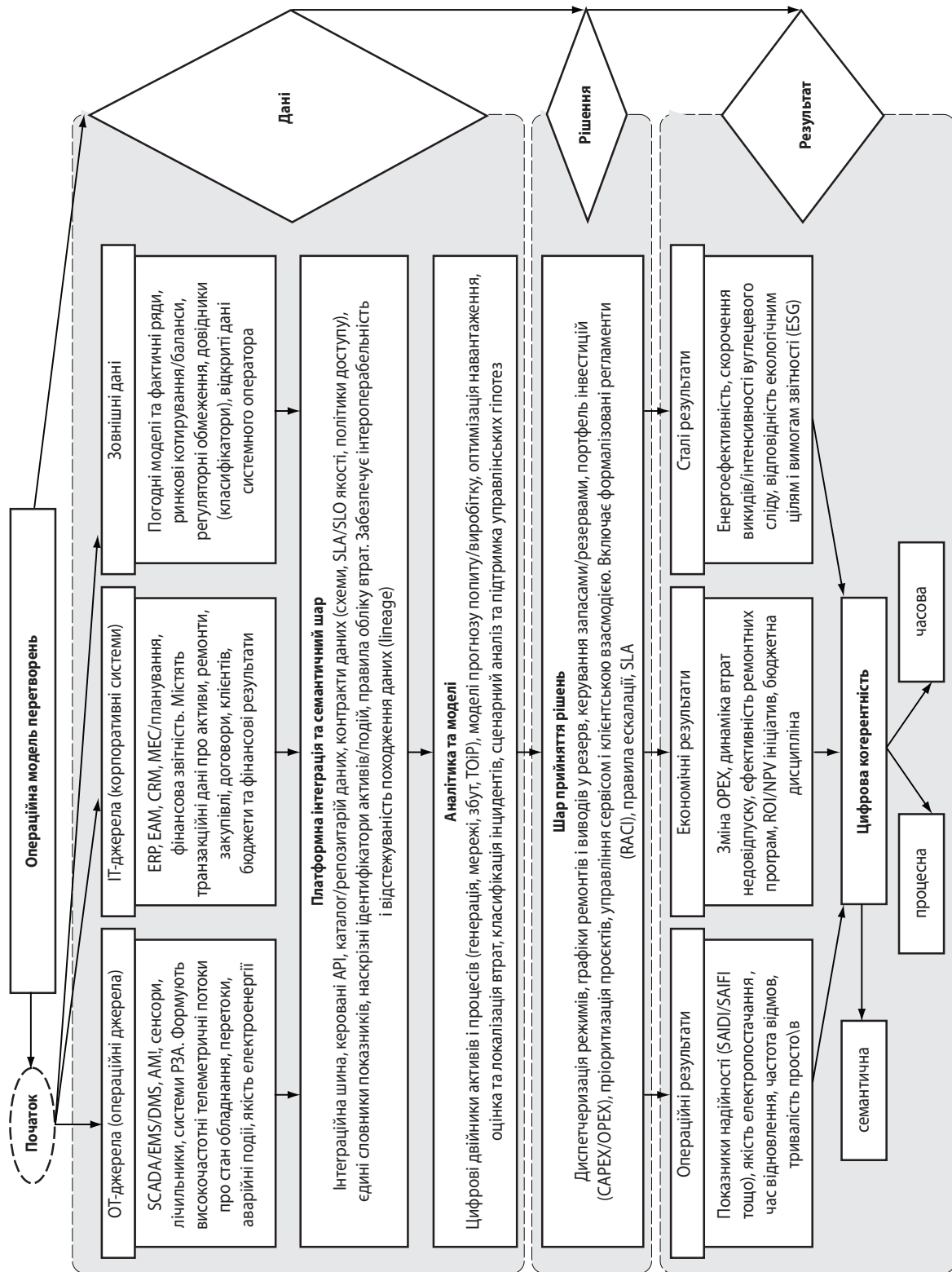


Рис. 1. Узагальнена операційна схема перетворення «дані → рішення → результат» в енергетичному підприємстві

Джерело: сформовано автором

Таблиця 1

Структура контуру МЗВ (моніторинг/вимірювання – звітність – верифікація)

Фаза	Зміст та основні дії	Ключові артефакти / виходи
Дизайн і вимірювання / моніторинг	Визначення цільових індикаторів (операційних, економічних, сталості), формул і періодичності; калібрування вимірювальних засобів; налаштування збору/агрегації з фіксацією lineage; перевірки якості (повнота, своєчасність, допустимі інтервали)	Перелік KPI і паспорти метрик; карта джерел і data lineage; регламент контролю якості даних; календар вимірювань
Звітність	Формування уніфікованих звітів для внутрішніх (операційні штаби, фінанси, ризики) та зовнішніх стейкхолдерів (регулятор, аудитори, інвестори); забезпечення порівнянності між кластерами/періодами на основі узгоджених довідників і стандартів обліку	Стандартизовані шаблони звітів; дашборди; специфікації порівнянності; графік публікацій/подання
Верифікація / аудит	Незалежна перевірка методик, вибірок і результатів (внутрішній аудит / 3rd party); підтвердження коректності атрибуції ефектів (уникнення «подвійного зарахування» економії чи скорочення викидів)	Аудиторські висновки; реєстр невідповідностей; підтвердження атрибуції ефектів; план коригувальних дій
Зворотний зв'язок і архівація	Фіксація відхилень між плановими та фактичними значеннями; протоколювання причин (дані, модель, процес, виконання); підготовка рекомендацій на рівень удосконалення; архівація даних і версій методик	Реєстр відхилень і причин; рекомендації до поліпшень; архів даних/методик; протоколи засідань МЗВ

Джерело: сформовано автором

Таблиця 2

Процес «МЗВ → удосконалення»: напрями, дії, очікувані результати

Напрямок удосконалення	Ключові дії	Очікуваний результат / орієнтовні метрики
Корекція семантики й методик	Оновлення словників показників і правил обліку; перегляд довідників (класифікації інцидентів/втрат); узгодження частот знімання/агрегації з управлінськими циклами	Менше семантичних розривів; DQ pass-rate 1; узгодженість часових вікон; зниження частки ручних виправлень
Перенавчання та девопс-модернізація моделей	Ретренінг цифрових двійників/аналітичних моделей на очищених/розширених датасетах; перегляд гіперпараметрів, feature store, тригерів; контроль дрейфу даних/моделей	Точність моделей (MAE/MAPE/R ²) покращується; стабільність у продакшені; скорочення фолс-позитивів/негативів
Рефакторинг інтеграцій	Оптимізація API, схем подій і конвеєрів; усунення «вузьких місць» інтеграційної шини; підвищення спостережності потоків; перегляд SLA/SLO	Менша затримка даних (latency) і відсоток збоїв; SLA/SLO виконуються; повна трасованість потоків
Процесні зміни	Уточнення регламентів (RACI, ескалації), календарів TOiP, правил балансування навантажень, меж повноважень; інтеграція нових показників у щоденні/тижневі огляди	Швидше ухвалення рішень; менше простоїв; підвищення виконання SLA; зниження середнього часу відновлення (MTTR)
Портфельні й інвестиційні корекції	Репріоритизація ініціатив за фактичним ефектом/ризиками; перерозподіл CAPEX/OPEX; закриття низькоефективних пілотів; масштабування доказово результативних рішень	Зростання ROI/NPV портфеля; скорочення «пілотів без ефекту»; підвищення частки ініціатив із підтвердженою віддачею
Безпека та безперервність	Оновлення політик доступу; тестування планів відновлення (RTO/RPO); усунення вразливостей, виявлених аудитом даних/процесів	Менше інцидентів безпеки; гарантована відновлюваність; відповідність політикам zero-trust і вимогам аудиту

Джерело: сформовано автором

стандартизація словників ідентифікаторів активів і показників, вимоги до інтероперабельності, заохочення інвестицій у підтверджено ефективні цифрові рішення (через МЗВ), а також інтеграція вимог прозорості даних у публічні закупівлі та механізми стимулювання декарбонізації.

Висновки. Проведене дослідження обґрунтовує трактування інформаційного потенціалу енергетичного підприємства як стратегічного активу, реалізація якого неможлива без цифрової когерентності – узгодженості даних, процесів, технологій і ролей. Запропоновано опера-

ційну модель «дані → рішення → результат», у якій джерела ОТ/ІТ та зовнішні дані уніфікуються в семантичному шарі й платформеній інтеграції, живлять аналітичні моделі та цифрові двійники, а результати фіксуються у вимірюваних операційних, економічних і сталих ефектах.

Організаційно модель підтримано фрактально-кластерним підходом: автономні кластери з власними цілями та циклами рішень працюють на спільній платформі даних за єдиними правилами доступу, відповідальності та комплаєнсу.

Така конфігурація поєднує локальну гнучкість і глобальну керованість, зменшуючи ризики «тіньової» аналітики, семантичних розривів і часових зсувів між ОТ-реальністю та фінансово-управлінськими циклами.

Ключовою ланкою забезпечення доказовості ефектів є контур МЗВ. Його структурування за фазами – дизайн і вимірювання/моніторинг, звітність, верифікація/аудит, зворотний зв'язок і архівація – створює прозорий аудиторський слід, підвищує порівнянність між кластерами та періодами і надає підстави для прийняття портфельних рішень. Розгорнутий процес «МЗВ → удосконалення» переводить організацію до режиму безперервного поліпшення: коригуються семантика й методики, перенавчаються моделі, рефакторяться інтеграції, уточнюються регламенти, оптимізується інвестиційний портфель, підсилюється безпека і безперервність.

Очікувані результати впровадження запропонованої рамки – зниження операційних витрат і втрат, підвищення надійності та швидкості відновлення, зростання окупності цифрових ініціатив, а також доведена енергоефективність і прозора декарбонізація. Практична значущість полягає в тому, що підприємство отримує керований механізм масштабування цифрових рішень – від пілоту до промислової експлуатації – із мінімізацією ризиків і стабільною якістю даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Aghazadeh Ardebili A., Zappatore M., Ramadan A. I. H. A., Longo A., Ficarella A. Digital Twins of smart energy systems: a systematic literature review on enablers, design, management and computational challenges. *Energy Informatics*. 2024. Vol. 7. Art. 94. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00385-5>
2. Nazari Z., Musilek P. Impact of Digital Transformation on the Energy Sector: A Review. *Algorithms*. 2023. Vol. 16 (4). 211. DOI: <https://doi.org/10.3390/a16040211>
3. Siuta-Tokarska B., Kruk S., Krzemiński P., Thier A., Żmija K. Digitalisation of Enterprises in the Energy Sector: Drivers–Business Models–Prospective Directions of Changes. *Energies*. 2022. Vol. 15 (23). 8962. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15238962>
4. do Amaral J. V. S., dos Santos C.H., Montevechi J. A. B., de Queiroz A. R. Energy Digital Twin applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. Vol. 188. 113891. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113891>
5. Lyu S., Zhang L., Li M., Xu X., Li T., Li H., Zhao J. How Does the Digital Economy Affect Carbon Emission Efficiency? Evidence from Energy Consumption and Industrial Value Chain. *Energies*. 2023. Vol. 16 (2). 761. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16020761>
6. Матвєєва Ю. А., Опанасюк Ю. А., Желіба В. В., Богдан Е. І. Роль діджиталізації в управлінні енергетичною ефективністю та переході до вуглецево-нейтральної економіки. *Київський економічний науковий журнал*. 2024. № 7. С. 96–104. DOI: <https://doi.org/10.32782/2786-765X/2024-7-14>
7. Таранюк К., Касьян О. Вплив диджиталізації на впровадження принципів безвуглецевої економіки в Україні. *Економіка та суспільство*. 2024. № 66. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-109>
8. Прохорова В. В., Юхман Я. В., Янчак Ю. О. Управління трансформацією підприємств на основі цифрової когерентності. *Бізнес Інформ*. 2024. № 6. С. 104–111. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-6-104-111>
9. Вітрик І. Цифрова трансформація підприємств нафтогазової промисловості для підвищення ефективності їх діяльності. *Економіка і регіон*. 2024. № 4 (95). С. 207–212. DOI: [https://doi.org/10.26906/EiR.2024.4\(95\).3627](https://doi.org/10.26906/EiR.2024.4(95).3627)
10. Кириленко О. В., Денисюк С. П., Блінов І. В. Цифрова трансформація енергетики: сучасні тенденції та завдання. *Праці Інституту електродинаміки НАН України*. 2023. Вип. 65. С. 5–14. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2023.65.005>
11. Пілецька С. Т., Ареф'єв С. О., Петровська С. В., Колесников С. О. Стратегічне забезпечення економічної безпеки підприємств в контексті цифровізації економіки України. *Проблеми економіки*. 2024. № 2. С. 181–190. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-181-190>
12. Ареф'єва О. В., Пілецька С. Т., Лобур Ю. О. Прозорість забезпечення фінансової стійкості в умовах цифровізації. *Бізнес Інформ*. 2023. № 12. С. 231–239. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-12-231-239>
13. Ареф'єв С. О., Ареф'єва О. В., Копча Ю. Ю. Процесний підхід в розвитку конвергентності інвестиційних процесів на підприємстві в умовах диджиталізації. *Проблеми економіки*. 2023. № 4 (58). С. 112–118. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-4-112-118>
14. Ареф'єва О. В., Гораль Л. Т., Ареф'єв С. О., Попович О. В. Організаційно-економічне забезпечення інтеграції інжинірингу у систему енергетичної безпеки підприємств на підставі процесного підходу. *Проблеми економіки*. 2024. № 3 (61). С. 149–155. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-3-149-155>
15. Piletska S. T., Arefiev S. O., Korytko T. Yu. Proactivity of Enterprises at Different Stages of Development in the Digitalization of the Economy as a Basis for Bankruptcy Prevention. *Management of Economy: Theory and Practice*. Chumachenko's Annals: collection of scientific papers / Institute of Industrial Economics of the NAS of Ukraine. Kyiv, 2024. P. 3–12. DOI: <https://doi.org/10.37405/2221-1187.2024.3-12>
16. Пілецька С. Т., Ареф'єв С. О., Петровська С. В., Колесников С. О. Стратегічне забезпечення економічної безпеки підприємств в контексті цифровізації економіки України. *Проблеми економіки*. 2024. № 2 (60). С. 181–190. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-181-190>
17. Ареф'єв С. О., Лелеченко А. П., Ареф'єва О. В., Петровська С. В. Прозорість процесного підходу до формування інформаційно-логістичного забезпечення підприємств в умовах просторово-циркулярної економіки. *Бізнес Інформ*. 2024. № 5. С. 208–219. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-5-208-219>
18. Хаустова В. Є. Аналіз розвитку ІКТ-сфери в Україні за міжнародними індексами та рейтингами. *Бізнес Інформ*. 2022. № 5. С. 40–56. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-5-40-56>

19. Хаустова В. Є., Крячко Є. М., Бондаренко Д. В. Моделювання впливу факторів цифровізації на економічний розвиток країн світу. *Проблеми економіки*. 2024. № 2. С. 61–73.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73>

20. Хаустова В. Є., Крячко Д. М., Бондаренко Д. В. Оцінка процесів цифровізації в країнах світу та Україні на основі світових індексів і рейтингів. *Бізнес Інформ*. 2024. № 9. С. 75–93.

DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-9-75-93>

21. Shibaeva N., Baban T., Prokhorova V., Karlova O., Girzheva O., Krutko M. Methodological bases of estimating the efficiency of organizational and economic mechanism of regulatory policy in agriculture. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2019. Vol. 5. Special Issue. P. 160–171.

DOI: <https://doi.org/10.22034/gjesm.2019.05.SI.18>

22. Smerichevskyi S. F., Kryvovyzuk I. V., Prokhorova V. V., Usarek W., Ivashchenko A. I. Expediency of symptomatic diagnostics application of enterprise export-import activity in the disruption conditions of world economy sustainable development. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2021. 628. 012040.

DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012040>

23. Prokhorova V. V., Yemelyanov O. Yu., Koleshchuk O. Ya., Petrushka K. I. Tools for assessing obstacles in implementation of energy saving measures by enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. No. 1. P. 160–168.

DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/160>

24. Prokhorova V., Mushnykova S., Kovalenko D., Koleshchuk O., Babichev A. Convergence of educational technologies as an imperative for the development of innovation cooperation in the context of circular transformation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. Vol. 4. No. 13 (124). P. 26–35.

DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286183>

REFERENCES

Aghazadeh Ardebili, A., Zappatore, M., Ramadan, A. I. H. A., Longo, A., & Ficarella, A. (2024). Digital Twins of smart energy systems: A systematic literature review on enablers, design, management and computational challenges. *Energy Informatics*, 7(94). <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00385-5>

Arefiev, S. O., Arefieva, O. V., & Kopcha, Yu. Yu. (2023). Protseyny pidkhdid v rozvytku konverhentnosti investytsiynykh protsesiv na pidpriemstvi v umovakh dydzhytalizatsii [Process approach in the development of convergence of investment processes at the enterprise in the context of digitalization]. *Problemy ekonomiky*, 4(58), 112–118. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-4-112-118>

Arefiev, S. O., Lelechenko, A. P., Arefieva, O. V., & Petrovska, S. V. (2024). Transparentnist protsesnoho pidkhdodu do formuvannia informatsiino-lohistychnoho zabezpechennia pidpriemstv v umovakh prostorovo-tsyrkuliarnoi ekonomiky [Transparency of the process approach to the formation of information and logistics support of enterprises in the conditions of spatial-circular economy]. *Biznes Inform*, 5, 208–219. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-5-208-219>

Arefieva, O. V., Horal, L. T., Arefiev, S. O., & Popovych, O. V. (2024). Orhanizatsiino-ekonomichne zabezpechennia intehtatsii inzhynirynhu u systemu enerhetichnoi bezpeky pidpriemstv na pidstavi protsesnoho pidkhdodu [Organizational and economic support of engineering integration into the energy security system of enterprises on the basis of the process approach]. *Problemy*

ekonomiky, 3(61), 149–155. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-3-149-155>

Arefieva, O. V., Piletska, S. T., & Lobur, Yu. O. (2023). Transparentnist zabezpechennia finansovoi stiiokosti v umovakh tsyfrovizatsii [Transparency of ensuring financial stability in the context of digitalization]. *Biznes Inform*, 12, 231–239. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-12-231-239>

Khaustova, V. Ye. (2022). Analiz rozvytku IKT-sfery v Ukraini za mizhnarodnymi indeksamy ta reitynhamy [Analysis of the development of the ICT sphere in Ukraine according to international indices and ratings]. *Biznes Inform*, 5, 40–56. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-5-40-56>

Khaustova, V. Ye., Kriachko, D. M., & Bondarenko, D. V. (2024). Otsinka protsesiv tsyfrovizatsii v krainakh svitu ta Ukraini na osnovi svitovykh indeksiv i reitynhiv [Evaluation of digitalization processes in the countries of the world and Ukraine on the basis of global indices and ratings]. *Biznes Inform*, 9, 75–93. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-9-75-93>

Khaustova, V. Ye., Kriachko, Ye. M., & Bondarenko, D. V. (2024). Modeliuvannia vplyvu faktoriv tsyfrovizatsii na ekonomichnyi rozvytok krain svitu [Modeling the impact of digitalization factors on the economic development of countries of the world]. *Problemy ekonomiky*, 2, 61–73. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-61-73>

Kyrylenko, O. V., Denysiuk, S. P., & Blinov, I. V. (2023). Tsyfrova transformatsiia enerhetiky: suchasni tendentsii ta zavdannia [Digital transformation of energy: current trends and tasks]. *Pratsi Instytutu elektrodynamiky NAN Ukrainy*, 65, 5–14. <https://doi.org/10.15407/publishing2023.65.005>

Lyu, S., Zhang, L., Li, M., Xu, X., Li, T., Li, H., & Zhao, J. (2023). How Does the Digital Economy Affect Carbon Emission Efficiency? Evidence from Energy Consumption and Industrial Value Chain. *Energies*, 16(2), 761. <https://doi.org/10.3390/en16020761>

Matvieieva, Yu. A., Opanasiuk, Yu. A., Zheliba, V. V., & Bohdan, E. I. (2024). Rol didzhytalizatsii v upravlinni enerhetichnoi efektyvnosti ta perekhodi do vuhletsevo-neitralnoi ekonomiky [The role of digitalization in managing energy efficiency and the transition to a carbon-neutral economy]. *Kyivskyi ekonomichnyi naukovyi zhurnal*, 7, 96–104. <https://doi.org/10.32782/2786-765-X/2024-7-14>

Nazari, Z., & Musilek, P. (2023). Impact of Digital Transformation on the Energy Sector: A Review. *Algorithms*, 16(4), 211. <https://doi.org/10.3390/a16040211>

Piletska, S. T., Arefiev, S. O., & Korytko, T. Yu. (2024). Proaktivnyy pidpriemstv at Different Stages of Development in the Digitalization of the Economy as a Basis for Bankruptcy Prevention. *Management of Economy: Theory and Practice. Chumachenko's Annals: collection of scientific papers*, 3–12. <https://doi.org/10.37405/2221-1187.2024.3-12>

Piletska, S. T., Arefiev, S. O., Petrovska, S. V., & Kolesnikov, S. O. (2024). Stratehichne zabezpechennia ekonomichnoi bezpeky pidpriemstv v konteksti tsyfrovizatsii ekonomiky Ukrainy [Strategic ensuring of economic security of enterprises in the context of digitalization of the economy of Ukraine]. *Problemy ekonomiky*, 2(60), 181–190. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-181-190>

Piletska, S. T., Arefiev, S. O., Petrovska, S. V., & Kolesnykov, S. O. (2024). Stratehichne zabezpechennia ekonomichnoi bezpeky pidpriemstv v konteksti tsyfrovizatsii ekonomiky Ukrainy [Strategic ensuring of economic security of enterprises in the context of digitalization of the economy of Ukraine]. *Problemy ekonomiky*, 2, 181–190. <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-181-190>

Prokhorova, V., Mushnykova, S., Kovalenko, D., Koleshchuk, O., & Babichev, A. (2023). Convergence of educational technologies as an imperative for the development of innovation cooperation in the context of circular transformation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(13(124)), 26–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286183>

Prokhorova, V. V., Yemelyanov, O. Yu., Koleshchuk, O. Ya., & Petrushka, K. I. (2023). Tools for assessing obstacles in implementation of energy saving measures by enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 1, 160–168. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-1/160>

Prokhorova, V. V., Yukhman, Ya. V., & Yanchak, Yu. O. (2024). Upravlinnia transformatsiiei pidpriemstv na osnovi tsyfrovoy koherentnosti [Managing the transformation of enterprises based on digital coherence]. *Biznes Inform*, 6, 104–111. <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2024-6-104-111>

Shibaeva, N., Baban, T., Prokhorova, V., Karlova, O., Girzheva, O., & Krutko, M. (2019). Methodological bases of estimating the efficiency of organizational and economic mechanism of regulatory policy in agriculture. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5(Special Issue), 160–171. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2019.05.SI.18>

Siuta-Tokarska, B., Kruk, S., Krzemiński, P., Thier, A., & Žmija, K. (2022). Digitalisation of Enterprises in the Energy Sector: Drivers—Business Models—Prospective Directions of Changes. *Energies*, 15(23), 8962. <https://doi.org/10.3390/en15238962>

Smerichevskyi, S. F., Kryvovyazyuk, I. V., Prokhorova, V. V., Usarek, W., & Ivashchenko, A. I. (2021). Expediency of symptomatic diagnostics application of enterprise export-import activity in the disruption conditions of world economy sustainable development. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 628, 012040. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/628/1/012040>

Taraniuk, K., & Kasian, O. (2024). Vplyv dydzhitalizatsii na vprovadzhennia pryntsypiv bezvuhletsevoi ekonomiky v Ukraini [The impact of digitalization on the implementation of the principles of a carbon-free economy in Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo*, 66. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-66-109>

Vitryk, I. (2024). Tsyfrova transformatsiia pidpriemstv naftohazovoi promyslovosti dlia pidvyshchennia efektyvnosti yikh diialnosti [Digital transformation of oil and gas industry enterprises to improve the efficiency of their activities]. *Ekonomika i rehion*, 4(95), 207–212. [https://doi.org/10.26906/EiR.2024.4\(95\).3627](https://doi.org/10.26906/EiR.2024.4(95).3627)

do Amaral, J. V. S., dos Santos, C.H., Montevechi, J. A. B., & de Queiroz, A. R. (2023). Energy Digital Twin applications: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 188, 113891. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113891>

Стаття надійшла до редакції 15.08.2025 р.

Статтю прийнято до публікації 31.08.2025 р.