



e-ISSN 3083-6018

СОЦІАЛЬНИЙ РОЗВИТОК: економіко-правові проблеми

<https://www.eu-scientists.com/index.php/sdel>



Методичні підходи та методи управління забезпеченням підприємств енергетичними ресурсами

Михайло В. Шубан  ¹*

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна). Аспірант кафедри адміністративного менеджменту та зовнішньоекономічної діяльності.

* Автор-кореспондент, e-mail: m.shuban@nubip.edu.ua

СТАТТЯ

АНОТАЦІЯ

Дослідницька

DOI:

[10.70651/3083-6018/2025.7-8.02](https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.7-8.02)

Авторське право

© 2025 автора



Цей твір
ліцензовано на
умовах Ліцензії
Creative Commons
«Із Зазначенням
Авторства –
Некомерційна 4.0
Міжнародна»
(CC BY-NC 4.0).



Актуальність дослідження зумовлено потребою підвищення ефективності управління енергетичними ресурсами підприємств на фоні зростання енергетичних витрат, нестабільності ринку енергоносіїв та необхідності відповідності екологічним стандартам. Досліджено, що сучасні системи енергозабезпечення потребують глибокої модернізації, яка охоплює цифровізацію, автоматизацію та інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Встановлено, що без удосконалення організаційних і технічних механізмів управління підприємства втрачають значну частину потенціалу економії ресурсів. Метою статті є аналіз сучасних підходів до управління забезпеченням підприємств енергетичними ресурсами та визначення напрямів їх удосконалення з урахуванням ринкових, технологічних та екологічних викликів. Використано методи системного та порівняльного аналізу для узагальнення практик енергоменеджменту, логіко-аналітичний підхід для виявлення проблем і бар'єрів у впровадженні сучасних методів управління, а також елементи контент-аналізу для оцінки наукових і практичних джерел. Розглянуто передовий міжнародний досвід цифровізації енергетичних систем та адаптації стандартів ISO 50001. Виявлено, що ключовими факторами підвищення ефективності управління є комплексна інтеграція IoT, цифрових двійників та автоматизованих систем прогнозування. Доведено, що поєднання технологічних та організаційних підходів забезпечує скорочення енерговитрат, зменшення впливу людського фактора та підвищення стійкості енергосистем. Встановлено, що на практиці значний ефект досягається завдяки адаптивним системам моніторингу та використанню предиктивних моделей. Удосконалено підхід до систематизації методів управління енергетичними ресурсами з урахуванням галузевих особливостей підприємств. Доведено, що ефективність цифровізації енергосистем значно зростає за умов інтеграції аналітики у режимі реального часу та впровадження гнучких моделей управління попитом. Виявлено основні бар'єри на шляху впровадження сучасних методів управління: зношеність інфраструктури, висока вартість модернізації, нестача кваліфікованих фахівців та слабка інтеграція цифрових рішень. Обґрунтовано практичні рекомендації щодо підвищення ефективності за рахунок автоматизації аналізу даних, адаптації міжнародних стандартів та вдосконалення організаційних процесів. Перспективи подальших досліджень пов'язані з формуванням комплексних моделей енергоменеджменту, розробкою методів оцінки ефективності цифрової трансформації енергосистем та вивченням фінансово-економічних механізмів підтримки енергоефективних проєктів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

енергоефективність, цифровізація, енергоаудит, автоматизація процесів, інтелектуальні системи.



e-ISSN 3083-6018

SOCIAL DEVELOPMENT: Economic and Legal Issues

<https://www.eu-scientists.com/index.php/sdel>


Methodological Approaches and Management Methods for Ensuring Energy Resource Supply to Enterprises

Mykhailo Shuban  ¹ *

¹ National University of Life and Environmental Sciences (Ukraine). Postgraduate Student at the Department of Administrative Management and Foreign Economic Activity.

* Corresponding Author, e-mail: m.shuban@nubip.edu.ua

ARTICLE INFO

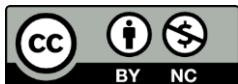
ABSTRACT

Research Article

DOI:

[10.70651/3083-6018/2025.7-8.02](https://doi.org/10.70651/3083-6018/2025.7-8.02)

Copyright © 2025
by author



This is an open access journal and all published articles are licensed under a Creative Commons Attribution—NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)



The relevance of the study is determined by the need to increase the efficiency of energy resource management in enterprises against the backdrop of rising energy costs, instability in the energy market, and the necessity to comply with environmental standards. It has been identified that modern energy supply systems require deep modernization, which includes digitalization, automation, and the integration of renewable energy sources. It has been established that without improving organizational and technical management mechanisms, enterprises lose a significant portion of their potential for resource savings. The purpose of the article is to analyze modern approaches to managing the energy supply of enterprises and to identify directions for their improvement, taking into account market, technological, and environmental challenges. The methods of systemic and comparative analysis were used to generalize energy management practices, a logical-analytical approach was applied to identify problems and barriers in the implementation of modern management methods, and elements of content analysis were employed to evaluate scientific and practical sources. Advanced international experience in energy system digitalization and the adaptation of ISO 50001 standards has been examined. It has been revealed that the key factors for improving management efficiency are the integrated use of IoT, digital twins, and automated forecasting systems. It has been proven that the combination of technological and organizational approaches ensures reduced energy consumption, minimizes the human factor, and increases the resilience of energy systems. It has been established that significant effects are achieved in practice through adaptive monitoring systems and the application of predictive models. An improved approach to the systematization of energy resource management methods has been developed, considering the industry-specific characteristics of enterprises. It has been proven that the effectiveness of energy system digitalization significantly increases with the integration of real-time analytics and the introduction of flexible demand management models. Key barriers to implementing modern management methods have been identified: worn-out infrastructure, high modernization costs, a lack of qualified personnel, and insufficient integration of digital solutions. Practical recommendations for improving efficiency have been substantiated through enhanced data analysis automation, the adaptation of international standards, and the improvement of organizational processes. Prospects for further research are associated with the development of comprehensive energy management models, the creation of methods for assessing the effectiveness of energy system digitalization, and the study of financial and economic mechanisms for supporting energy efficiency projects.

KEYWORDS

energy efficiency, digitalization, energy audit, process automation, intelligent systems.

1. Вступ

Забезпечення підприємств енергетичними ресурсами в сучасних умовах глобальної енергетичної нестабільності та зростаючого попиту на енергію є однією з ключових проблем економічного розвитку. Зміни у світовій енергетичній політиці, коливання цін на енергоносії, впровадження екологічних стандартів та обмеження вуглецевих викидів створюють нові виклики для підприємств різних галузей, що змушує їх формувати гнучкі та ефективні системи управління енергозабезпеченням. Недостатня ефективність традиційних методів планування і розподілу енергетичних ресурсів призводить до збільшення операційних витрат, підвищення ризиків енергетичної залежності та зниження конкурентоспроможності. У цьому контексті особливої актуальності набуває розробка методологічних підходів і методів управління, що поєднують сучасні економічні, технологічні та інноваційні інструменти з метою оптимізації споживання, зниження витрат і забезпечення стабільності енергопостачання. Проблематика дослідження тісно пов'язана з важливими науковими та практичними завданнями, серед яких формування стратегій енергоефективності, інтеграція відновлюваних джерел енергії, впровадження цифрових технологій моніторингу та прогнозування, а також розробка механізмів адаптації до змін ринкової кон'юнктури. Розв'язання цих завдань сприятиме підвищенню енергетичної безпеки, стійкості виробничих процесів та забезпеченню конкурентних переваг на внутрішньому і міжнародному ринках.

2. Огляд літературних джерел

Аналіз сучасних досліджень щодо методичних підходів та методів управління забезпеченням підприємств енергетичними ресурсами дозволяє виокремити чотири взаємопов'язані наукові напрями. Перший напрям пов'язаний із концептуалізацією логістичних рішень та розробкою методів управління системами енергозабезпечення. У роботі Г. О. Пудичевої розглянуто механізми прийняття логістичних рішень, що спрямовані на підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів підприємствами [1]. Є. О. Луньов аналізує управління відновлювальними ресурсами в енергетиці з акцентом на економічну стійкість енергетичних систем, пропонуючи методичні підходи до їх оптимізації [2]. М. О. Тонюк у своїй статті підкреслює практичну доцільність використання комплексних сонячних установок як інструменту підвищення енергоефективності агропромислового комплексу [3]. І. А. Ажаман та А. Хабіб розглядають системний підхід до формування та розвитку управління енергозабезпеченням сучасних підприємств, акцентуючи на необхідності інтеграції управлінських та технологічних рішень [4]. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на удосконалення методології прийняття логістичних рішень у сфері енергозабезпечення з використанням інтелектуальних систем підтримки управлінських процесів.

Другий напрям охоплює оцінку сучасного стану та тенденцій розвитку систем енергозабезпечення в Україні та світі. І. В. Гончарук здійснює аналіз енергозабезпечення агропромислового комплексу, виокремлюючи проблеми недостатньої ефективності та потребу у модернізації інфраструктури [5]. І. А. Ажаман та О. Ю. Гордєєв розглядають стан та перспективи розвитку систем енергозабезпечення в Україні, підкреслюючи важливість інституційних змін та економічних стимулів [6]. З. С. Сірко, В. В. Ващенко та М. Є. Носов та співавтори досліджують систему впровадження енергетичного менеджменту на підприємствах, що дозволяє підвищити рівень контролю за витратами та ефективністю енергетичних процесів [7]. В. Чобіток, Ю. Холод та П. Васюченко зосереджуються на проблемах енергетичної безпеки вітчизняних підприємств, наголошуючи на необхідності поєднання економічних та правових механізмів регулювання [8]. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на створення методик кількісної оцінки стійкості та безпеки енергетичних систем підприємств з урахуванням ризиків та зовнішніх викликів.

Третій напрям стосується інтеграції відновлюваних джерел енергії та розробки комбінованих систем енергопостачання. С. Дробязко (S. Drobyazko), М. І. Скрипник (М. І. Skrypnyk) та Н. Радіонова (N. Radionova) та співавтори описують принципи проектування систем енергозабезпечення підприємств на основі відновлюваних джерел, акцентуючи на підвищенні ефективності та екологічності [9]. Й. Веремійчук (Y. Veremiichuk), О. Ярмолюк

(O. Yarmoliuk), I. Притискач (I. Prytyskach) та співавтори досліджують підходи до вибору джерел енергії у комбінованих системах енергозабезпечення, що враховують економічні та технічні параметри [10]. Х. Чжан (H. Zhang), Х. Х. Чен (H. H. Chen), К. Лао (K. Lao) та співавтори розкривають вплив ресурсної бази та екологічних норм на стійкість підприємств відновлюваної енергетики [11]. Дж. К. Чой (J. K. Choi), Д. Тангамани (D. Thangamani) та К. Кіссок (K. Kisson) пропонують систематичну методологію для підвищення ефективності використання ресурсів на малих та середніх підприємствах [12]. А. Прашар (A. Prashar) аналізує концепції сталого розвитку на основі енергетичної стійкості у промисловому секторі [13]. Подальші дослідження у цьому напрямі варто зосередити на створенні адаптивних моделей управління енергопостачанням, що інтегрують відновлювані джерела та цифрові технології прогнозування навантажень.

Четвертий напрям охоплює методичні підходи до управління ефективністю ресурсів та довгострокову енергетичну безпеку. П. Микитюк (P. Mykytyuk) та І. Труш (I. Trush) пропонують методичні підходи до управління ефективністю ресурсів підприємств, що базуються на багатофакторному аналізі їх використання [14]. Г. Грінченко (H. Hrinchenko), О. Прокопенко (O. Prokopenko) та Н. Шмиголь (N. Shmygol) та співавтори розробили систему управління енергетичною безпекою на основі технічного стану обладнання, що дозволяє запобігати аварійним ситуаціям [15]. Н. Петруха та О. Назуков досліджують роль людського капіталу у процесі відновлення енергетичної галузі після кризових подій, наголошуючи на важливості кваліфікованих кадрів [16]. Н. М. Петруха (N. M. Petrukha), О. Д. Гуденко (O. D. Hudenko), А. О. Мазур (A. O. Mazur) та співавтори аналізують державні стимули для забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного та аграрного секторів національної економіки, що безпосередньо впливає на енергетичну безпеку підприємств [17]. Подальші дослідження у цьому напрямі мають бути спрямовані на інтеграцію стратегічного планування та інструментів оцінки ризиків у системи управління енергетичними ресурсами підприємств.

Таким чином, кожен із зазначених напрямів підкреслює багатовимірність проблематики управління енергетичними ресурсами підприємств, що вимагає синергії логістичних рішень, сучасних технологій, міжнародного досвіду та державних механізмів підтримки для створення стійких та ефективних систем енергозабезпечення.

Попри наявність значних досліджень у сфері управління енергетичними ресурсами підприємств, залишаються невирішеними питання, пов'язані з інтеграцією сучасних цифрових технологій у комплексні системи енергоменеджменту. Недостатньо вивченими є підходи до оцінювання ефективності управління енергетичними ресурсами з урахуванням галузевої специфіки, зокрема для промислових, логістичних та ІТ-підприємств. Також бракує єдиної методології, що дозволяє поєднати технологічні, економічні та екологічні критерії ефективності, а практичні бар'єри впровадження сучасних рішень, зокрема високі інвестиційні витрати та організаційна інертність, досі не мають системного аналізу. Ці прогалини обмежують можливості підприємств щодо підвищення енергоефективності та зниження негативного впливу на довкілля.

Запропоноване дослідження спрямоване на заповнення цих прогалин шляхом аналізу сучасного стану систем енергозабезпечення, критичної оцінки існуючих методів управління та розробки комплексних підходів до оцінювання їх ефективності. У роботі систематизовано методи та інструменти енергоменеджменту з урахуванням галузевої специфіки та визначено практичні рекомендації для оптимізації систем енергопостачання. Це дозволить сформулювати цілісну науково-практичну основу для удосконалення стратегій енергозабезпечення, що має важливе значення як для теоретичного розвитку галузі, так і для підвищення конкурентоспроможності підприємств у сучасних умовах.

3. Постановка завдання

Мета статті – проаналізувати сучасні підходи до управління забезпеченням підприємств енергетичними ресурсами та визначити напрями їх удосконалення з урахуванням ринкових, технологічних та екологічних викликів.

Завдання дослідження:

1. Дослідити сучасний стан, тенденції розвитку та ефективність систем енергозабезпечення підприємств у контексті глобальних і національних викликів.
2. Оцінити та проаналізувати методи управління енергетичними ресурсами, включаючи використання цифрових технологій, відновлюваних джерел енергії та галузевої специфіки.

3. Виявити основні бар'єри впровадження сучасних підходів та розробити практичні рекомендації щодо оптимізації систем енергозабезпечення підприємств.

4. Методи та матеріали

Для досягнення поставленої мети застосовано комплекс взаємодоповнюючих методів, що дозволяють всебічно дослідити проблематику управління енергетичними ресурсами підприємств. Використано системний підхід, який забезпечив розгляд систем енергозабезпечення як цілісних утворень із взаємопов'язаними економічними, технологічними та організаційними компонентами. Застосовано методи порівняльного та структурно-функціонального аналізу для узагальнення сучасних підходів до управління енергетичними ресурсами та визначення їх сильних і слабких сторін. Контент-аналіз використано для опрацювання наукових публікацій, галузевих звітів та нормативно-правових документів, що дозволило виокремити актуальні тенденції та проблеми.

Додатково використано логіко-аналітичний метод для формулювання висновків щодо ефективності наявних рішень та можливостей їх удосконалення, а також метод узагальнення передового міжнародного досвіду, що дав змогу адаптувати кращі практики до умов українських підприємств. Матеріалами дослідження слугували наукові статті у рецензованих виданнях, аналітичні звіти з енергоефективності, стандарти управління енергетичними ресурсами, а також практичні кейси модернізації енергетичних систем промислових та логістичних підприємств.

5. Результати та обговорення

Системи енергозабезпечення підприємств нині перебувають у стані динамічної трансформації під впливом глобальних викликів, таких як зміни клімату, нестабільність світових енергетичних ринків, дефіцит традиційних енергоносіїв та необхідність зниження вуглецевого сліду. На національному рівні на формування політики енергозабезпечення впливають структурні дисбаланси в енергетичному секторі, коливання цін на електроенергію та газ, а також потреба у переході на відновлювані джерела енергії. Сучасні підприємства стикаються з необхідністю оптимізувати енергоспоживання, запроваджувати технології енергоменеджменту та адаптувати свої системи до інтеграції «зеленої» енергетики. Це передбачає активне використання цифрових технологій, автоматизованих систем моніторингу та прогнозування, які дозволяють мінімізувати ризики перебоїв і підвищити енергоефективність (табл. 1).

Таблиця 1. Основні тенденції розвитку систем енергозабезпечення підприємств

Напрямок розвитку	Характерні риси	Очікуваний ефект
Децентралізація енергопостачання	Впровадження локальних генераційних систем, мікромереж	Зниження залежності від централізованих мереж
Інтеграція відновлюваних джерел	Використання сонячних, вітрових, біоенергетичних технологій	Скорочення витрат і викидів CO ₂
Цифровізація управління	Автоматизовані системи контролю та прогнозування	Зменшення втрат енергії, підвищення точності планування
Гібридні моделі енергозабезпечення	Поєднання традиційних і «зелених» джерел	Гнучкість та підвищення енергетичної стійкості
Енергоефективні технології	Використання систем рекуперації та енергоощадних технологій	Оптимізація витрат та зменшення навантаження на мережу

Джерело: систематизовано авторами за даними, наведеними у [1; 2; 3; 5; 11].

Сучасні тенденції, представлені в таблиці, підтверджуються практичними кейсами, що демонструють стратегічно збалансований підхід до енергозабезпечення українських підприємств. Такі системи поєднують децентралізовану генерацію, цифрове управління, міжнародні стандарти та модернізацію обладнання.

Прикладом децентралізації є DTEK Renewables, яка протягом війни спромоглася ввести в експлуатацію 114 МВт Тилігульської вітроелектростанції на півдні країни, збільшивши загальну встановлену потужність до 1,1 ГВт відновлюваної енергетики – стратегічний крок для забезпечення автономності окремих виробничих майданчиків [18]. Інвестиційна програма RISE

у співпраці з Octopus Energy передбачає реалізацію понад 100 сонячних і акумуляторних проєктів на суму близько €100 млн. Використання платформи Kraken для AI-управління дозволяє економити до 25 % електроенергії та оптимізувати енергетичні потоки у реальному часі [19]. Водночас втілення систем накопичення (BESS) загальною потужністю 200 МВт у партнерстві з Fluence сприяє балансуванню пікових навантажень і підтримці стабільності енергомережі в умовах можливих атак на інфраструктуру [20].

Інтеграція ISO 50001 [21] – міжнародного стандарту управління енергією, що включає цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act), дозволила «Запоріжжю» знизити енергоємність на 12 %, заощадити понад 543 млн грн і скоротити викиди CO₂ на 92 300 т після сертифікації [22]. Цей результат демонструє ефективність непрямого підходу до системного підвищення продуктивності енергоспоживання.

Цифрова автоматизація вчергове підкреслює роль технології в оптимізації виробничих процесів. Використання систем комерційного обліку (ASKUE), інтегрованих з ERP-рішеннями, дозволило агропромисловим і харчовим компаніям знизити споживання електроенергії на 8–12 %, що досягається за рахунок автоматичного виявлення відхилень і адаптації навантажень [23].

Nestlé Україна реалізувала ряд енергоефективних заходів: модернізацію котелень, впровадження рекуперації тепла та автоматизованого обліку енергії. Це призвело до 15 %-го зниження споживання та суттєвого зменшення викидів парникових газів, підтверджених у звіті Nestlé Creating Shared Value & Sustainability 2023 [24].

У металургійному секторі ArcelorMittal Кривий Ріг реалізував комплекс проєктів – модернізацію компресорів, впровадження теплоутилізації, реконструкцію доменних печей – що дозволило заощадити сотні гігават-годин електроенергії і десятки мільйонів кубометрів газу, а також досягти відповідності міжнародним стандартам [25].

Ці приклади наочно демонструють, що поєднання локальної генерації, цифрового моніторингу, енергозберігаючих накопичувачів, міжнародної сертифікації та модернізації обладнання формує інтегровану і стійку модель енергозабезпечення. Вона забезпечує суттєву економію, оперативну адаптацію до конфліктних умов і зростання конкурентних переваг при одночасному дотриманні екологічних стандартів.

Управління енергетичними ресурсами сьогодні розглядається як багатовекторна система, що поєднує цифровізацію, аналітичні технології та відновлювані джерела енергії. Традиційні методи енергоменеджменту, зосереджені на обліку та контролі споживання, доповнюються інноваційними підходами, такими як цифрові двійники, штучний інтелект, IoT-аналітика та автоматизовані системи моніторингу. Це дозволяє створювати динамічні та адаптивні системи управління, здатні прогнозувати зміни навантажень, зменшувати втрати та підвищувати ефективність виробничих процесів. Важливе місце займає і впровадження стандартів енергоменеджменту, які у поєднанні з цифровими технологіями формують комплексну стратегію оптимізації енергоспоживання (табл. 2).

Сучасна практика підтверджує ефективність кожного з цих підходів. Цифрові двійники стали основою для розробки гнучких енергетичних стратегій у житловому та промисловому секторах. Застосування цифрового двійника для моделювання багатоквартирних будівель дозволяє знизити похибку прогнозування енергоспоживання до 3,5 % та скоротити витрати на опалення за рахунок оптимізації температурних режимів та вентиляції [26]. Цей досвід легко масштабується на великі промислові об'єкти, де моделювання енергетичних процесів у реальному часі дає змогу гнучко адаптувати режими роботи обладнання.

Компанія Google впровадила комплексну систему глобального енергоменеджменту у своїх дата-центрах. У рамках цього проєкту використовуються автоматизовані системи моніторингу, AI-алгоритми та інтеграція з відновлюваними джерелами енергії, що дозволило компанії перейти на роботу в режимі «24/7 без викидів вуглецю». У мережевому POP-центрі Google модернізовані системи охолодження з використанням інтелектуальних алгоритмів забезпечили щорічну економію понад 670 МВт·год і окупність інвестицій менш ніж за рік [27].

Схожий підхід демонструє Siemens, де цифрові двійники та аналітичні платформи використовуються для проєктування та експлуатації енергоефективних фабрик. На заводі Siemens у Ерлангені впроваджено комплексну систему енергоменеджменту на основі даних з понад 200 сенсорів та алгоритмів прогнозного управління. Це дозволило зменшити енергоспоживання на 42 % і підвищити продуктивність на 69 % за чотири роки, отримавши визнання Світового економічного форуму як «Цифрової Lighthouse-фабрики» [28].

Таблиця 2. Основні методи та підходи управління енергетичними ресурсами

Метод / підхід	Характеристика	Очікуваний результат
Цифрові двійники	Віртуальне моделювання енергосистем для прогнозу навантажень та оптимізації	Зниження похибок прогнозування, зменшення енерговитрат
IoT-аналітика	Збір та аналіз даних у реальному часі через сенсори та підключені пристрої	Раннє виявлення неефективності, точне прогнозування споживання
Автоматизовані системи моніторингу	Інтелектуальні платформи для відстеження енергоспоживання та побудови сценаріїв	Оперативне реагування, скорочення пікових навантажень
AI-оптимізація	Використання алгоритмів штучного інтелекту для керування енергетичними процесами	Зниження витрат на охолодження та підвищення ефективності обладнання
Використання ВДЕ та гібридних систем	Інтеграція сонячних, вітрових та біоенергетичних джерел з накопичувачами енергії	Зменшення залежності від мережі, скорочення вуглецевого сліду
Стандарти енергоменеджменту ISO 50001	Цикл PDCA, енергоаудити та безперервне вдосконалення	Систематизація процесів, підвищення енергоефективності та прозорості
Цифрові панелі та Big Data-аналітика	Аналітичні системи для обробки великих масивів даних про споживання	Оптимізація стратегій та побудова прогнозів довгострокового розвитку
Інтелектуальні системи охолодження	Алгоритми керування кліматом та вентиляцією в реальному часі	Зменшення споживання електроенергії на десятки відсотків

Джерело: систематизовано авторами за даними, наведеними у [4; 7; 9; 12; 14].

Ще один яскравий приклад – компанія Danone, яка реалізувала програму Re-Fuel Danone для переходу на відновлювані джерела енергії та цифрові системи управління. Завод Danone у Вексфорд (Ірландія) став першим у світі підприємством у сфері виробництва дитячого харчування, що досягнуло вуглецевої нейтральності. Завдяки модернізації обладнання та впровадженню цифрових систем моніторингу вдалося знизити викиди CO₂ на 70 % і скоротити споживання енергії на 35 % [29]. Використання платформ аналітики METRON на інших заводах компанії дозволило досягти додаткової економії 5–15 % енергії шляхом точного аналізу даних та управління режимами роботи обладнання. Так, інтеграція цифрових рішень, аналітики та відновлюваних джерел енергії формує нову парадигму управління енергетичними ресурсами.

Оцінка ефективності управління енергетичними ресурсами повинна враховувати особливості підприємств різних галузей, адже промислові, харчові, IT-інфраструктурні, логістичні та комерційні об'єкти мають різну структуру споживання та різні можливості для оптимізації. Комплексні методичні підходи дозволяють поєднати цифрові технології, економічні моделі та екологічні інструменти для досягнення збалансованого енергоменеджменту (табл. 3).

Так, у промисловому секторі поєднання KPI, енергоаудиту та Lean-підходів дозволяє глибоко аналізувати енерговитрати на кожному етапі виробничого процесу, виявляти вузькі місця та оптимізувати навантаження обладнання. Прикладом є заводи Henkel, де цифровий моніторинг на базі IoT-сенсорів у реальному часі інтегрований з системою KPI, що дозволило скоротити споживання електроенергії на 26 % та підвищити ефективність роботи обладнання [30].

У харчовій галузі Balanced Scorecard у поєднанні з LCA та Smart-метрами дозволяє не лише контролювати частку відновлюваних джерел у загальному енергобалансі, але й оцінювати вплив кожного етапу виробництва на екологічні показники. Наприклад, на виробничих об'єктах Schneider Electric у Франції використання BSC у комбінації з платформою EcoStruxure дало змогу досягти рівня споживання 43 кВт·год/м² завдяки контролю утилізації тепла та переходу на ВДЕ [31].

Для IT-інфраструктури ключовим методом є оцінка PUE у поєднанні з AI-контролем. Цей підхід дозволяє у реальному часі регулювати роботу систем охолодження залежно від навантажень, що знижує споживання енергії при стабільній роботі дата-центрів. Алгоритми машинного навчання прогнозують піки навантаження та забезпечують автоматичне регулювання потужностей, що мінімізує витрати без втрати продуктивності.

У логістиці використання цифрових двійників дозволяє змодельовати роботу складів та транспортних зон, аналізуючи енергоспоживання кожної підсистеми. У DHL це рішення дає змогу прогнозувати потребу у вентиляції, освітленні та роботизованих системах залежно від

інтенсивності процесів, що забезпечило зниження споживання енергії на 12 % та оптимізацію витрат [32].

Таблиця 3. Комплексні методи оцінювання ефективності управління енергетичними ресурсами підприємств

Тип підприємства	Метод оцінювання	Показники	Очікуваний результат
Промислові	KPI + енергоаудит + Lean-підхід + IoT	Питома енергоемність, коефіцієнт використання потужностей, час простою	Підвищення ефективності, скорочення витрат, зменшення простоїв
Харчова	Balanced Scorecard + Smart meters + LCA	Частка ВДЕ, утилізація тепла, LCA, CO ₂ -інтенсивність	Енергоефективність, екологічна стійкість, контроль енергоресурсів
ІТ-інфраструктура	PUE + AI-контроль + моніторинг в реальному часі	PUE, динаміка охолодження, стабільність підприємства	24/7 надійне енергопостачання, економія енергії при максимальній доступності
Логістичні	Цифрові двійники + MCDA + IoT	Навантаження, оптимізація HVAC, освітлення, споживання	Управління піками, автоматизація, прогнозованість енергоспоживання
Комерційні будівлі	Smart-Building + ISO 50001 + KPI	Витрати HVAC, м ² споживання, рівень комфорту	Автоматизація, ESG-зорієнтованість, зниження енерговитрат

Джерело: систематизовано авторами за даними, наведеними у [1; 7; 9; 12; 15].

У комерційних будівлях Smart-Building системи у поєднанні зі стандартом ISO 50001 [21] створюють автоматизоване середовище для контролю HVAC та освітлення. Системи автоматично коригують налаштування клімат-контролю відповідно до даних із сенсорів, що знижує витрати на енергію та одночасно підвищує комфорт для користувачів будівель.

Впровадження сучасних методів управління енергетичними ресурсами супроводжується низкою системних проблем та бар'єрів, які суттєво впливають на ефективність цього процесу. Однією з ключових проблем є високий рівень зношеності енергетичної інфраструктури на більшості підприємств. Багато виробничих об'єктів експлуатують обладнання з низькою енергоефективністю, що значно знижує потенціал навіть найбільш сучасних методів управління [5]. Модернізація такої інфраструктури потребує значних інвестицій, які не завжди доступні підприємствам, особливо в умовах економічної нестабільності та високої вартості кредитних ресурсів [16].

Не менш важливою проблемою є фрагментованість та недостатня інтеграція цифрових технологій. У багатьох випадках впровадження IoT-систем, цифрових двійників або AI-аналітики обмежується локальними проектами без створення єдиного інформаційного середовища [9]. Це унеможливорює повноцінний аналіз даних у масштабі всього підприємства та знижує точність прогнозування енергоспоживання [12]. До цього додаються проблеми з кібербезпекою: підключення великої кількості сенсорів та систем управління підвищує ризик кіберзагроз, а захист таких мереж часто залишається на низькому рівні.

Організаційні бар'єри також відіграють вагомий роль. Впровадження сучасних методів потребує висококваліфікованого персоналу, здатного працювати з аналітичними платформами, алгоритмами машинного навчання та автоматизованими системами моніторингу. Однак на багатьох підприємствах відсутні фахівці з необхідною компетенцією або не розвинена система підготовки кадрів [4]. Це призводить до того, що нові технології не використовуються на повну потужність, а управлінські рішення ухвалюються на основі застарілих підходів.

Серед економічних бар'єрів варто відзначити високу вартість впровадження систем енергоменеджменту та їх інтеграції з існуючими виробничими процесами [1]. Підприємства часто стикаються з проблемами залучення інвестицій, недостатньою кількістю державних стимулів або податкових пільг для реалізації програм енергоефективності [16; 17]. Навіть за наявності фінансування складно прогнозувати швидку окупність проектів через нестабільність цін на енергоносії та відсутність довгострокових тарифних гарантій.

Додатковим викликом є нормативно-правові бар'єри. У багатьох країнах стандарти енергоменеджменту не мають обов'язкового характеру, а регуляторне середовище не стимулює широке впровадження сучасних методів [15]. Підприємства стикаються з труднощами сертифікації за міжнародними стандартами, такими як ISO 50001 [21], через складність процедур, недостатню кількість акредитованих аудиторів та високі витрати на сертифікацію.

Технологічні проблеми доповнюються недостатнім рівнем стандартизації даних. Різні підрозділи підприємства можуть використовувати несумісні системи збору інформації, що ускладнює комплексний аналіз та інтеграцію результатів у єдину платформу [10]. Водночас відсутність чіткої стратегії цифрової трансформації часто призводить до хаотичного впровадження нових технологій без урахування їх сумісності та довгострокових цілей [9].

Окремо слід згадати про культурні та управлінські бар'єри. Багато керівників підприємств продовжують сприймати енергоефективність як другорядну задачу, що не впливає на загальний рівень конкурентоспроможності [3]. Відсутність стратегічного бачення, небажання змінювати усталені процеси та інерційність корпоративної культури гальмують впровадження інноваційних підходів [4; 7]. Це часто призводить до формального підходу до енергоаудитів та мінімізації витрат на підтримку цифрових систем управління [12].

Оптимізація існуючих систем енергозабезпечення підприємств передбачає вдосконалення вже впроваджених рішень, а не лише встановлення нових технологій. Першочерговим кроком є підвищення точності та оперативності аналізу даних енергоаудитів. У сучасних умовах більшість підприємств здійснює регулярний збір даних про споживання, однак їх використання обмежується формальними звітами. Необхідно розширити функціонал існуючих платформ моніторингу, інтегрувавши алгоритми прогнозування та порівняльного аналізу з історичними даними, що дозволить оперативно виявляти аномалії та знижувати ризик неефективного використання енергії.

Іншим напрямом удосконалення є поліпшення взаємодії між існуючими системами IoT та корпоративними інформаційними платформами. На практиці багато сенсорних мереж працюють ізольовано, без зв'язку з ERP чи MES системами, що ускладнює формування комплексної картини енергоспоживання. Інтеграція цих систем забезпечить централізоване управління та дозволить використовувати дані в режимі реального часу для коригування виробничих процесів.

Слід також вдосконалити механізми контролю та експлуатації вже наявних систем автоматизації. У багатьох випадках налаштування систем HVAC, компресорних станцій або освітлення залишаються статичними та не враховують зміну навантажень протягом доби чи сезону. Переведення таких систем на адаптивні режими, що автоматично змінюються на основі прогнозів або даних із сенсорів, дозволить скоротити непродуктивні витрати енергії.

Суттєве значення має підвищення ефективності управління персоналом та технічним обслуговуванням. Більшість підприємств використовує базові регламенти обслуговування обладнання, що не враховують реальні параметри його роботи. Впровадження принципів "predictive maintenance" (прогнозного обслуговування), заснованих на аналізі стану обладнання, дозволить запобігати аваріям і знижувати витрати, пов'язані з надлишковим енергоспоживанням унаслідок несправностей.

Ще одним важливим напрямом є оновлення стандартів управління енергоефективністю. Підприємствам доцільно переглядати наявні KPI та узгоджувати їх із сучасними бізнес-цілями та ESG-вимогами. Це передбачає створення більш гнучких моделей контролю, які враховують як економічні, так і екологічні показники.

Важливим вдосконаленням є оптимізація використання існуючих потужностей генерації та зберігання енергії. Багато підприємств мають резервні енергетичні установки, які використовуються нерегулярно. Оптимізація графіків їхнього використання та інтеграція зі споживчими профілями дозволяє зменшити залежність від дорогих пікових навантажень та знизити витрати на закупівлю енергії.

Таким чином, практичні рекомендації зосереджуються на удосконаленні процесів, які вже працюють: глибша інтеграція даних, автоматизація аналізу, перехід до адаптивного управління та підвищення точності прогнозів. Такі заходи не потребують радикальних змін, але дозволяють значно підвищити ефективність наявних систем енергозабезпечення та зменшити операційні витрати.

6. Висновки

Дослідження підтвердило, що ефективне управління енергетичними ресурсами підприємств можливе лише за умови поєднання цифровізації, стандартизації та інтеграції відновлюваних джерел енергії. Встановлено, що провідну роль відіграють автоматизовані системи моніторингу, цифрові двійники та аналітика на основі великих даних, що дозволяють

оптимізувати енерговитрати й підвищувати стійкість енергопостачання. Виявлено ключові проблеми, серед яких – зношеність інфраструктури, недостатня інтеграція цифрових рішень, високі капітальні витрати та брак кваліфікованого персоналу. Запропоновані рекомендації передбачають удосконалення існуючих систем шляхом розширення функцій моніторингу, впровадження адаптивних режимів управління, підвищення ефективності прогнозування та модернізації технічних процесів. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці галузевих моделей енергоменеджменту та методів оцінювання цифрової трансформації енергосистем, а також у пошуку фінансових механізмів, що стимулюють впровадження енергоефективних технологій.

References

1. Pudicheva, H. O. (2021). Pryiniattia lohistychnykh rishen v enerhozabezpechenni pidpriemstv [Adoption of logistic decisions in enterprise energy supply]. *Visnyk sotsialno-ekonomichnykh doslidzhen*, 1(76), 176–189. [https://doi.org/10.33987/vsed.1\(76\).2021.176-189](https://doi.org/10.33987/vsed.1(76).2021.176-189) (in Ukrainian)
2. Lunyov, Ye. O. (2023). Upravlinnia vidnovliuvalnymy resursamy v enerhetytsi v konteksti zabezpechennia ekonomichnoi stilkosti enerhetychnykh system [Management of renewable resources in energy in the context of ensuring the economic stability of energy systems]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, (1), 139–150. [https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.1\(44\).139-150](https://doi.org/10.37405/1729-7206.2023.1(44).139-150) (in Ukrainian)
3. Toniuk, M. O. (2020). Zastosuvannia kompleksnykh soniachnykh ustanovok dlia enerhozabezpechennia pidpriemstv ahropromysloвого комплексу Ukrainy [Application of integrated solar installations for energy supply of agro-industrial enterprises in Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia*, (3), 50–59. <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2020.212601> (in Ukrainian)
4. Azhaman, I. A., & Khabib, A. (2023). Formuvannia ta rozvytok systemy upravlinnia enerhozabezpechenniam suchasnykh pidpriemstv [Formation and development of the energy supply management system of modern enterprises]. *Zhurnal stratehichnykh ekonomichnykh doslidzhen*, (6), 8–16. <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2022.6.1> (in Ukrainian)
5. Honcharuk, I. V. (2020). Suchasnyi stan enerhozabezpechennia ahropromysloвого комплексу Ukrainy [The current state of energy supply in the agro-industrial complex of Ukraine]. *Ekonomika ta derzhava*, (10), 93–98. <https://doi.org/10.32702/2306-6806.2020.10.93> (in Ukrainian)
6. Azhaman, I. A., & Hordieiev, O. Yu. (2021). Stan ta tendentsii rozvytku systemy enerhozabezpechennia v Ukraini [State and trends in the development of the energy supply system in Ukraine]. *Zhurnal stratehichnykh ekonomichnykh doslidzhen*, (4), 28–37. <https://doi.org/10.30857/2786-5398.2021.4.3> (in Ukrainian)
7. Sirko, Z. S., Vashchenko, V. V., Nosov, M. Ye., Tolstushko, M. M., & Tolstushko, N. O. (2024). Systema vprovadzhennia enerhetychnoho menedzhmentu na pidpriemstvi [System for implementing energy management at an enterprise]. *Naukovi notatky*, (79–80), 137–140. <https://doi.org/10.36910/775.24153966.2024.79.22> (in Ukrainian)
8. Chobitok, V., Kholod, Yu., & Vasiuchenko, P. (2024). Problematyka zabezpechennia enerhetychnoi bezpeky na vitchyznianskykh pidpriemstvakh: ekonomiko-pravovi aspekty [Problems of ensuring energy security at domestic enterprises: economic and legal aspects]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Ekonomichni nauky*, 334(5), 238–246. <https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-334-34> (in Ukrainian)
9. Drobyazko, S., Skrypyuk, M. I., Radionova, N., Hryhorevska, O. O., & Matiukha, M. (2021). Enterprise energy supply system design management based on renewable energy sources. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 7(3), 1–14. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.03.0>
10. Veremiichuk, Y., Yarmoliuk, O., Prytyskach, I., & Opryshko, V. (2019). Energy sources selection for industrial enterprise combined power supply system. In *2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)* (pp. 283–288). Kyiv, Ukraine. <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764188>
11. Zhang, H., Chen, H. H., Lao, K., & Ren, Z. (2022). The impacts of resource endowment, and environmental regulations on sustainability—Empirical evidence based on data from renewable energy enterprises. *Energies*, 15(13), 4678. <https://doi.org/10.3390/en15134678>
12. Choi, J. K., Thangamani, D., & Kissock, K. (2019). A systematic methodology for improving resource efficiency in small and medium-sized enterprises. *Resources, Conservation and Recycling*, (147), 19–27. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.04.015>
13. Prashar, A. (2019). Towards sustainable development in industrial small and medium-sized enterprises: An energy sustainability approach. *Journal of Cleaner Production*, (235), 977–996. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.07.045>
14. Mykytyuk, P., & Trush, I. (2021). Methodical approaches to managing the efficiency of enterprise resources. *EUREKA: Social and Humanities*, (1), 13–22. <https://doi.org/10.21303/2504-5571.2021.001605>

15. Hrinchenko, H., Prokopenko, O., Shmygol, N., Koval, V., Filipishyna, L., Palii, S., & Cioca, L. I. (2024). Sustainable energy safety management utilizing an industry-relative assessment of enterprise equipment technical condition. *Sustainability*, 16(2), 771. <https://doi.org/10.3390/su16020771>
16. Petruha, N., & Nazukov, O. (2024). Liudskyi kapital u povoiennomu vidnovlenni enerhetychnoi haluzi [Human capital in the post-war recovery of the energy sector]. *Oblik i finansy*, 2(104), 140–149. [https://doi.org/10.33146/2307-9878-2024-2\(104\)-140-149](https://doi.org/10.33146/2307-9878-2024-2(104)-140-149) (in Ukrainian)
17. Petrukha, N. M., Hudenko, O. D., Mazur, A. O., & Maltsev, M. A. (2021). State stimulation of sustainable development of natural-resource and agrarian sectors of the national economy. *Ekonomichnyi visnyk. Seriya: finansy, oblik, opodatkuвання*, (8), 95–105. <https://doi.org/10.33244/2617-5932.8.2021.95-105>
18. DTEK. (2025). *Investing in green*. <https://dtek.com/en/sustainable-development/investing-in-green/>
19. Renewables Now. (2025). *Interview: DTEK drives Ukraine's energy recovery*. <https://www.renewablesnow.com/news/interview-dtek-drives-ukraines-energy-recovery-and-looks-to-european-growth-1276383/>
20. Reuters. (2025). *Ukraine's DTEK buys 200 MW energy storage systems to limit outages*. <https://www.reuters.com/business/energy/ukraines-dtek-buys-200mw-energy-storage-systems-bid-limit-outages-2025-01-13/>
21. ISO. (2018). ISO 50001:2018 – Energy management systems — Requirements with guidance for use. <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>
22. EUEA ENMS. (2025). *Case studies 2025*. <https://www.enms-award.com.ua/en/case-studies/>
23. Indusoft Ukraine. (2024). *The powerful way to ensure efficient energy consumption*. <https://indusoft.com.ua/en/energy-management/>
24. Nestlé. (2024). *Nestlé Creating Shared Value & Sustainability Report 2023*. <https://www.nestle.com/sites/default/files/2024-02/creating-shared-value-sustainability-report-2023-en.pdf>
25. UNECE. (2022). *Rebuilding Ukraine with a resilient, carbon-neutral energy system*. https://unece.org/sites/default/files/2022-07/GEEE-9.2022.INF_2_EE-Kaz-Ukr_Study_0.pdf
26. Rutkowski, R., Raczynski, M., Iwankowicz, R., & Nowak, R. (2024). Digital twin in the design and dynamic assessment of energy performance of multi-family buildings. *Energies*, 17(23), 6150. <https://doi.org/10.3390/en17236150>
27. Clean Energy Ministerial. (2018). *Google Global Energy Management Implementation Case Study: Capturing Energy Savings by Designing Efficient Data Centers*. <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2022/08/cem-em-casestudy-google-global.pdf>
28. Siemens Electronics. (2024). *Factory Erlangen awarded Digital Lighthouse by World Economic Forum*. <https://press.siemens.com/global/en/pressrelease/siemens-electronics-factory-erlangen-awarded-digital-lighthouse-world-economic-forum>
29. Danone. (2023). *Danone announces Re Fuel Danone: A global energy excellence programme to drive energy efficiency, resilience and decarbonisation journey*. <https://www.danone.com/newsroom/press-releases/danone-announces-re-fuel-danone--a-global-energy-excellence-programme-to-drive-energy-efficiency--resilience-and-decarbonisation-journey.html>
30. Henkel. (2021). *Digital twins are paving the way for the factory of the future*. *Henkel Spotlight Magazine*. <https://www.henkel.com/spotlight/2021-11-04-digital-twins-are-paving-the-way-for-the-factory-of-the-future-1406554>
31. Clean Energy Ministerial. (2022). *Schneider Electric – France: Achieving ISO 50001 certification across all French sites*. <https://www.cleanenergyministerial.org/content/uploads/2022/09/cem-em-casestudy-schneiderelectric-france.pdf>
32. DHL. (2024). *Digital twins in logistics*. *DHL Logistics Trend Radar*. <https://www.dhl.com/us-en/home/innovation-in-logistics/logistics-trend-radar/digital-twins-supply-chain.html>