

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ШМАНЬКО НАЗАР РОМАНОВИЧ

УДК 620.9:338.2:631.1

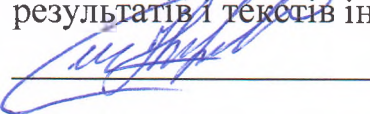
ДИСЕРТАЦІЯ

**УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З
ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ**

Спеціальність 073 – Менеджмент
Галузь знань 07 – Управління та адміністрування

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.


_____ Н. Р. Шманько

Науковий керівник: Брич Василь Ярославович, доктор економічних наук, професор, в.о. директора навчально-наукового інституту інноватики, природокористування та інфраструктури Західноукраїнського національного університету

Тернопіль — 2026

АНОТАЦІЯ

Шманько Н. Р. Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент». – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026.

Дисертація присвячена обґрунтуванню теоретико-методичних засад і розробці науково-практичних положень щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Для цього у роботі розглянуто теоретичні основи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Проведено аналіз середовища для функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Визначено стратегічні напрями управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

Теоретико-методичний каркас дослідження сформовано на поєднанні положень теорії управління підприємством, нової інституційної економіки та концепції децентралізованої енергетики. Інституційний підхід застосовано для пояснення впливу регуляторного середовища на структуру управлінських рішень і межі економічної поведінки суб'єктів господарювання. Положення системного менеджменту використано для обґрунтування інтеграції енергетичних активів у функціональну архітектуру підприємства та визначення їх ролі у забезпеченні стійкості виробничого процесу.

Здійснено теоретичне обґрунтування управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері як інтегрованої архітектури координації виробничих, енергетичних та інституційно-ринкових підсистем підприємства. Концепт управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері розглянуто у розрізі дослідження економіки енергетичного переходу, системної інтеграції розподіленої генерації та інституційної архітектури

енергетичних ринків. Обґрунтовано, що в умовах децентралізації електроенергетики, розвитку режимів активного споживача, комерційного обліку та балансування відновлювальна генерація трансформується з допоміжного елементу енергозабезпечення у структурний компонент економічної системи аграрного суб'єкта господарювання.

Дослідження еволюції поняття управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері здійснено крізь призму економічної, технологічно-системної та інституційної інтерпретацій. Сутність управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері запропоновано визначати як цілеспрямований, інституційно врегульований і даними керований процес координації виробничої, енергетичної та обліково-ринкової підсистем аграрного підприємства, спрямований на забезпечення енергетичної стійкості, економічної раціональності та системної сумісності генерації з мережевою інфраструктурою в межах визначених законом режимів. У цьому визначенні принциповими є три концептуальні акценти такі як: виробничий, енергетичний, інституційно-ринковий.

Специфіка аграрної сфери полягає в тому, що енергетичні потоки структурно поєднані з матеріальними потоками біомаси та органічних відходів, що зумовлює особливий характер управління. Якщо для сонячної та вітрової генерації ключовим викликом є мінливість первинного ресурсу та необхідність балансування, то біоенергетичні установки переводять управлінську проблему у площину координації ланцюга «сировина – переробка – енергія – побічний продукт». Таким чином, управління генерацією інтегрується з управлінням аграрним виробництвом і логістикою сировини, формуючи замкнену виробничо-енергетичну підсистему, що відповідає логіці циркулярної економіки в агропродовольчих системах.

Обґрунтовано принципи управління об'єктами відновлюваної генерації, що передбачають системну інтеграцію енергетичних установок у виробничі процеси підприємства, адаптивність управлінських рішень до змін природних і економічних умов, формування внутрішнього енергетичного потенціалу та інституційну

узгодженість управління з правилами функціонування енергетичного ринку. Запропоновано архітектурну модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, що забезпечує формалізацію взаємодії виробничої, енергетичної та інституційно-ринкової підсистем у межах цілісної моделі координації.

Доведено, що управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері має системний характер і повинно базуватися на врахуванні комплексних взаємозв'язків між природними ресурсами, виробничими процесами та інституційними умовами функціонування енергетичного ринку. Такий підхід дозволяє перейти від суто техніко-технологічної інтерпретації функціонування відновлюваної генерації до формування економічної теорії управління відновлюваними енергетичними системами в аграрному секторі.

Запропоновано авторську модель парадигми децентралізації, що ґрунтується на трьох взаємопов'язаних рівнях: інфраструктурному, інституційному та управлінсько-організаційному. Системна інтеграція цих рівнів створює передумови для побудови нової архітектури енергетичної системи — гнучкої, адаптивної, багаторівневої. Інтеграція відновлюваних джерел енергії у діяльність аграрних підприємств трансформує традиційну модель енергозабезпечення та формує нову систему економічних взаємозв'язків між енергетичними й виробничими процесами. На основі системного аналізу визначено ключові закономірності функціонування відновлюваної генерації. Досліджено інституційні засади управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері. Інституціоналізація управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері полягає у формуванні системи економічних та організаційних механізмів, що забезпечують узгодження виробництва енергії з виробничою діяльністю підприємства та інституційним середовищем енергетичного ринку.

Запропоновано концептуальну модель інституціоналізації управління відновлюваною генерацією, що ґрунтується на взаємодії виробничої, енергетичної

та інституційно-ринкової підсистем функціонування енергетичних систем. Взаємодія зазначених підсистем формує цілісну систему управління об'єктами відновлюваної генерації, у якій ефективність функціонування енергетичних активів визначається ступенем узгодженості виробничих, технічних та інституційних параметрів. Визначено багаторівневу інституційну архітектуру управління відповідними об'єктами, яка охоплює макро-, мезо- та мікроекономічні рівні регулювання.

Під терміном детермінанти функціонування системи управління відновлюваними джерелами енергії у роботі розуміються стійкі чинники, що визначають здатність суб'єкта господарювання в агросекторі ініціювати, фінансувати, експлуатувати, масштабувати та інтегрувати об'єкти відновлюваної генерації у господарську архітектуру підприємства. Досліджено технологічну конфігурацію відновлювальної енергетики агропідприємств України. У сфері відновлювальної енергетики підприємств вітчизняного агросектору поєднуються функціональні можливості біогазових установок, біометанових об'єктів генерації, когенераційне обладнання на біомасі, сонячні електростанції, системи накопичення енергії, резервні генератори, вітрова генерація.

Запропоновано методику оцінки потенціалу аграрного підприємства для ВДЕ-генерації, що ґрунтується на п'яти блоках оцінювання: ресурсний блок, техніко-інфраструктурний блок, економічний блок, інституційний блок, управлінсько-резильєнтний блок. Проведено порівняльну характеристику ВДЕ-рішень для аграрних підприємств. Запропонований інтегральний підхід дає змогу класифікувати аграрні підприємства за рівнем готовності до генерації електроенергії з відновлювальних джерел.

На основі застосування кореляційно-регресійного аналізу виявлено стратегічні та оперативні детермінанти розбудови систем відновлюваної енергетики в аграрній сфері в умовах війни. Емпірично доведено, що фундаментальним драйвером розбудови об'єктів генерації енергії з відновлюваних джерел є експортний потенціал підприємства, який нівелює

девальваційні ризики, тоді як базовий земельний банк визначає просторово-сировинні межі генерації. Математично верифіковано гіпотезу про те, що війна, пандемія, мобілізація персоналу виступають каталізаторами розвитку децентралізованих енергосистем. Встановлено, що інтеграція високоавтоматизованих об'єктів ВДЕ є ефективним інструментом подолання дефіциту інженерно-технічних кадрів, проте її реалізація потребує обов'язкової інституційної перебудови на основі масової перекваліфікації персоналу та гендерної реструктуризації робочої сили, що в сукупності забезпечує операційну життєздатність та енергетичну автономність підприємства.

Ідентифіковано важливість ролі розподіленої генерації енергії в Україні у процесі розвитку біоенергетики, що передбачає переробку агробіомаси на біопаливо. Як спосіб пришвидшення процесу переходу до децентралізованої моделі в агросфері розглядається посилення співпраці між енергетичними та аграрними підприємствами через створення агроенергетичних кластерів.

Запропоновано концептуальну модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, яка відображає взаємодію ресурсної, виробничої та інституційної підсистем функціонування аграрних енергетичних систем. Показано, що ефективність управління відновлюваною генерацією формується як результат координації ресурсних, виробничих та інституційних факторів функціонування аграрних енергетичних систем.

Сформовано концептуальну модель децентралізації енергетичної системи України, що включає інтеграцію у неї об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери, як цілісної парадигми, що об'єднує структурні, інституціональні, технологічні та управлінські компоненти. Ця модель є відповіддю на виклики, зумовлені гібридною воєнною агресією, й одночасно орієнтиром для довгострокової трансформації енергетичної архітектури України у бік стійкості, гнучкості та енергетичної суб'єктності регіонів. Модель базується на чотирьох взаємопов'язаних вимірах: інфраструктурному, інституційному,

управлінському і технологічному. Обґрунтовано переваги децентралізованої енергетичної парадигми над централізованою. Концептуальна модель децентралізації відображає не лише зміну архітектури системи, а й трансформацію принципів функціонування енергетичного сектору в цілому.

Побудовано методологічну схему розрахунку інтегрального показника ефективності адаптивного управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Запропоновано структурно-логічну схему підтримки прийняття рішень щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

В умовах високої турбулентності воєнно-економічного середовища, перманентного дефіциту кадрового потенціалу та жорстких фінансових лімітів, оціночне фіксування поточного стану системи є недостатнім для забезпечення її довгострокової життєздатності. Для вирішення цього завдання реалізовано сценарне моделювання на основі апарату нелінійної параметричної оптимізації з обмеженнями. Такий сценарний аналіз є двоетапний. Запропоновані правила ідентифікують чіткі межі прийняття рішень для аграрних компаній (на прикладі дослідженого досвіду ПрАТ «МХП», Kernel, Astarta та Vitagro). Імперативи інвестиційного балансування, кадрової компенсації та інваріантності ESG-стійкості озброюють менеджмент покроковими предикативними директивами, що мінімізують вплив людського фактора та забезпечують довгострокову енергоавтономність агробізнесу у критичних умовах.

Ключові слова: управління (система управління розподіленою генерацією енергії), аграрна сфера, вразливість країни, відновлювальні джерела енергії, відходи, зелений перехід (низьковуглецевий розвиток, низьковуглецева економіка, низьковуглецеві ризики), декарбонізація, енергетичний перехід, біоенергетика (біоенергетичний ринок), циркулярна економіка, споживання енергії (енергоефективність, споживання енергоресурсів, енергозбереження, енергозберігаючі проєкти), сталий розвиток, ESG-звітність, кліматичні збої.

ANNOTATION

Shmanko N. R. Management of Renewable Energy Power Generation Facilities in the Agricultural Sector. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in speciality 073 «Management». – West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

This dissertation establishes the theoretical and methodological foundations, and develops the scientific and practical principles, of managing facilities for generating electricity from renewable sources in the agricultural sector. The work examines the theoretical principles of managing such facilities. It also conducts an analysis of the operating environment for such facilities in the agricultural sector. Strategic directions for managing these facilities have been identified.

The study's theoretical and methodological framework is based on a combination of enterprise management theory principles, new institutional economics principles, and the concept of decentralised energy. An institutional approach is employed to explain how the regulatory environment impacts the structure of management decisions and the limits of economic behaviour of economic entities. The principles of systems management are employed to justify the integration of energy assets into the functional architecture of enterprises, determining their role in ensuring the sustainability of production processes.

A theoretical framework has been developed to manage facilities that generate electricity from renewable sources in the agricultural sector. This framework is an integrated approach to coordinating an enterprise's production, energy and institutional market systems. This concept is examined in the context of research into the economics of the energy transition, the systemic integration of distributed generation, and the institutional architecture of energy markets. In the context of the decentralisation of the electricity sector and the development of active consumer schemes, commercial metering and balancing, it is argued that renewable generation is evolving from a

supplementary element of energy supply into a structural component of the economic system of an agricultural enterprise.

The evolution of this concept has been examined through economic, technological, systemic and institutional interpretations. The essence of managing renewable energy generation facilities in the agricultural sector is proposed to be a purposeful, institutionally regulated, data-driven process that coordinates the production, energy, and accounting-market circuits of an agricultural enterprise. This process aims to ensure energy sustainability, economic rationality, and systemic compatibility with grid infrastructure within legally defined limits. Three conceptual focuses are identified as fundamental in this regard: production, energy and institutional market.

The agricultural sector is characterised by the fact that energy and material flows are structurally intertwined with the processing of biomass and organic waste, necessitating a specific management approach. While the key challenge for solar and wind power generation is the variability of the primary resource and the need for balancing, bioenergy plants present a different management challenge: the coordination of the 'raw material–processing–energy–by-product' chain. Consequently, generation management becomes integrated with agricultural production management and raw material logistics, forming a closed production-energy loop that aligns with the principles of the circular economy within agri-food systems.

The principles of managing renewable generation facilities are outlined, including the systematic integration of energy installations into production processes, adaptable management decisions in response to changes in natural and economic conditions, development of internal energy potential and institutional alignment with energy market regulations. A model is proposed for managing facilities that generate electricity from renewable sources in the agricultural sector, which formalises the interaction between production, energy, and institutional-market circuits within a comprehensive coordination model.

The management of renewable energy generation facilities in the agricultural sector is systemic in nature and must be based on an understanding of the complex interplay between natural resources, production processes, and the institutional framework that governs the energy market. This approach enables a transition from a purely technical and technological interpretation of renewable energy generation to the development of an economic theory for managing renewable energy systems in agriculture.

A model of the decentralisation paradigm has been proposed that is based on three interrelated levels: infrastructural, institutional and managerial-organisational. Systematically integrating these levels creates conditions that allow for the development of a new, flexible, adaptive, multi-level energy system architecture. Integrating renewable energy sources into agricultural enterprises' activities transforms the traditional energy supply model, forming a new system of economic interrelationships between energy and production processes. A systematic analysis has identified the key patterns of renewable generation operation. The institutional foundations for managing electricity generation facilities from renewable sources in the agricultural sector have been examined. Institutionalising the management of renewable energy generation facilities in the agricultural sector involves forming a system of economic and organisational mechanisms to ensure energy production is coordinated with enterprise production activities and the institutional environment of the energy market.

A conceptual model for the institutionalisation of renewable generation management is proposed. This is based on the interaction between the production, energy and institutional-market components of energy systems. This interaction forms a comprehensive system for managing renewable generation facilities, where the operational efficiency of energy assets depends on the alignment of production, technical, and institutional parameters. A multi-level institutional architecture for managing relevant facilities has been defined, covering the macro-, meso- and microeconomic levels of regulation.

In this study, the term 'determinants of the functioning of the renewable energy management system' refers to stable factors that influence an economic entity's ability to initiate, finance, operate, expand and integrate renewable generation facilities into its economic structure. The technological configuration of renewable energy in Ukrainian agricultural enterprises has been investigated. In the field of renewable energy for enterprises in the domestic agricultural sector, biogas plants, biomethane generation facilities, biomass cogeneration equipment, solar power stations, energy storage systems, backup generators, and wind power generation are combined.

A methodology has been proposed to assess the potential of agricultural enterprises to generate renewable energy. This methodology is based on five categories: resources; technical and infrastructure; economics; institutional; and management and resilience. A comparative analysis of renewable energy solutions for agricultural enterprises has also been carried out. The integrated approach enables agricultural enterprises to be classified according to their level of readiness for generating electricity from renewable energy sources.

This study uses correlation and regression analysis to identify the strategic and operational determinants of renewable energy system development in the agricultural sector under wartime conditions. Empirical evidence shows that the fundamental driver of renewable energy system (RES) development is an enterprise's export potential, which mitigates devaluation risks. Meanwhile, the underlying land bank determines the spatial and resource constraints on generation. The hypothesis that war, pandemics and staff mobilisation act as catalysts for the development of decentralised energy systems has been verified mathematically. The integration of highly automated renewable energy facilities has been shown to be an effective way of overcoming a shortage of engineering and technical personnel. However, its implementation requires mandatory institutional restructuring based on the mass retraining of personnel and the gender restructuring of the workforce. This ensures the operational viability and energy autonomy of the enterprise.

The importance of bioenergy development — the conversion of agricultural biomass into biofuel — in Ukraine's distributed energy generation process has been identified. Closer cooperation between energy and agricultural enterprises through the creation of agro-energy clusters is considered a means of accelerating the transition to a decentralised model in the agricultural sector.

A conceptual model for managing electricity generation facilities from renewable sources in the agricultural sector is proposed, reflecting the interaction of resource, production, and institutional aspects of agricultural energy systems. The effectiveness of renewable generation management is demonstrated to be shaped by the coordination of resource, production and institutional factors in the functioning of agricultural energy systems.

A conceptual model for the decentralisation of Ukraine's energy system is developed. This model incorporates the integration of renewable energy generation facilities from the agricultural sector as a holistic paradigm that unites structural, institutional, technological and managerial components. This model responds to the challenges posed by hybrid military aggression and serves as a guide for the long-term transformation of Ukraine's energy architecture towards sustainability, flexibility, and regional energy autonomy. The model is based on four interrelated dimensions: infrastructure, institutions, management and technology. The advantages of a decentralised energy paradigm over a centralised one are substantiated. The conceptual model of decentralisation reflects a transformation not only of the system's architecture, but also of the energy sector's operating principles.

A methodological framework has been developed for calculating a comprehensive performance indicator for the adaptive management of renewable energy generation facilities in the agricultural sector. A structural-logical framework has been proposed to support decision-making regarding the management of renewable energy generation facilities in the agricultural sector.

Given the high volatility of the military-economic environment, the persistent shortage of human resources, and the stringent financial constraints, merely assessing

the current state of the system is insufficient to ensure its long-term viability. To address this challenge, scenario modelling using a framework of non-linear parametric optimisation with constraints has been implemented. This scenario analysis is a two-stage process. The proposed rules provide agribusinesses with clear decision-making boundaries (as demonstrated by case studies of PJSC 'MHP', Kernel, Astarta and Vitagro). The investment balancing, workforce compensation and ESG sustainability imperatives equip management with step-by-step prescriptive guidelines that minimise the influence of the human factor and ensure the long-term energy self-sufficiency of agribusinesses under critical conditions.

Keywords: management (distributed energy generation management system), the agricultural sector, country`s vulnerability, renewable energy sources, waste, green transition (low-carbon development, low-carbon economy, low-carbon risks), decarbonisation, energy transition, bioenergy (bioenergy market), circular economy, energy consumption (energy efficiency, consumption of energy resources, energy conservation, energy-saving projects), sustainable development, ESG reporting, climate disruption.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях, включених до переліку фахових видань України:

1. Шманько Н. Закономірності функціонування та принципи управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34. № 4. С. 701–716. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.04.701> (0,8 д.а.).
2. Шманько Н. Інституціоналізація управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 4. С. 597–610. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.04.597> (0,6 д.а.).
3. Фреїшин М., Брич В., Шевчук С., Шманько Н. Парадигма децентралізації енергетичної системи України в умовах воєнних ризиків. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 2. С. 693–714. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.693> (1/0,4 д.а.; особистий внесок: визначено засади трансформації парадигми

децентралізації енергетичної системи України в умовах гібридної воєнної агресії; запропоновано авторську модель парадигми децентралізації; визначено відмінні особливості між централізованою та децентралізованою моделями, у тому числі, в умовах воєнних ризиків; обґрунтовано формалізацію інституціональної рамки децентралізованої енергетичної моделі; визначено ключові суб'єкти інституціональної системи децентралізованої енергетики; представлено концептуальну модель децентралізації енергетичної системи України).

4. Шманько Н. Р. Архітектура управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі: інституційно-економічна модель координації виробничих та енергетичних контурів. *Інноваційна економіка*. 2025. № 3. С. 280-291. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.3.33> (0,6 д.а.).

5. Шманько Н. Р. Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлювальних джерел в аграрній сфері: досвід ЄС. *Інноваційна економіка*. 2026. №1. С. 126-134. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2026.1.12> (0,6 д.а.).

Публікації апробаційного характеру:

6. Шманько Н. Р., Ткач М. Є. Економічна природа управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. *Сталий розвиток економіки на засадах ресурсоефективності: збірник матеріалів XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і молодих вчених (м. Запоріжжя, 18-19 грудня 2025 р.)*. За ред. А. В. Череп. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2025. С. 63-64. (0,2/0,1; особистий внесок: визначено економічну сутність управління об'єктами відновлюваної генерації).

7. Shmanko N. R. Electricity generation management at agricultural facilities. *Сучасні підходи до креативного управління економічними процесами: матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції*. (м. Київ, 16 квітня 2025 р.). К. : ДУ «КАІ», 2025. С. 296-298. (0,2 д.а.).

8. Шманько Н. Інституційно-технологічні засади управління відновлюваною генерацією в агропромисловому комплексі. *Синергія науки та бізнесу: виклики, трансформації, перспективи: матеріали XV Національної*

науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 29 травня 2025 р). Тернопіль: ФОП Осадца Ю.В., 2025. С. 80-82 (0,2 д.а.).

9. Шманько Н. Теоретичні аспекти управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. *Синергія науки та бізнесу: виклики, трансформації, перспективи*: матеріали XVI Національної науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 15 жовтня 2025 р). Тернопіль: ФОП Осадца Ю.В., 2025. С. 30-31 (0,2 д.а.).

10. Шманько Н. Методичні підходи до архітектури управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Київ, 24 березня 2026 р.). К. : Науково-методичний центр ВФПО, 2026. С.74-76 (0,2 д.а.).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ.....	29
1.1. Зміст управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.....	29
1.2. Закономірності управління об'єктами відновлювальної генерації в аграрній сфері в умовах переходу до децентралізованої енергосистеми.....	45
1.3. Інституціоналізація управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.....	58
Висновки до Розділу 1.....	70
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ.....	74
2.1. Детермінанти функціонування системи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в агросекторі України.....	74
2.2. Оцінка потенціалу аграрних підприємств для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії.....	96
2.3. Багатофакторний аналіз детермінант розвитку систем генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.....	107
Висновки до Розділу 2.....	121
РОЗДІЛ 3. СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ.....	124
3.1. Інтеграція об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери в децентралізовану енергетичну систему України в умовах воєнних ризиків.....	124

3.2. Інтегральна оцінка ефективності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.....	138
3.3. Сценарне моделювання та оптимізація управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.....	149
Висновки до розділу 3.....	162
ВИСНОВКИ.....	166
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	173
ДОДАТКИ.....	190

ВСТУП

Актуальність проблеми. Трансформація енергетичних систем у напрямі декарбонізації та підвищення енергетичної стійкості економіки є однією з ключових тенденцій сучасного розвитку світового господарства. У межах цієї трансформації особливого значення набуває розвиток відновлюваних джерел енергії, що поступово інтегруються у структуру виробничих систем різних секторів економіки. Аграрна сфера посідає особливе місце в цьому процесі, оскільки сільське господарство характеризується значним потенціалом використання локальних відновлюваних енергетичних ресурсів, зокрема сонячної енергії, біомаси та органічних відходів аграрного виробництва.

Водночас аграрний сектор належить до найбільш енергоємних галузей економіки, що обумовлює значну залежність аграрних підприємств від стабільності енергопостачання та коливань цін на енергетичні ресурси. У сучасних умовах підвищення вартості традиційних енергоносіїв, посилення енергетичних ризиків та необхідність забезпечення енергетичної безпеки виробництва стимулюють аграрні підприємства до пошуку альтернативних джерел енергії. У цьому контексті функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел розглядається не лише як інструмент диверсифікації енергетичних ресурсів, але і як важливий фактор підвищення економічної ефективності та стійкості аграрного виробництва.

Аспекти теоретичного переосмислення організаційно-економічного механізму функціонування енергетичних підприємств в умовах гео економічних змін та кліматичних збоїв, військових ризиків, зростання ролі енергоефективності, енергозберігаючих проєктів та енергетичного переходу у напрямі використання відновлюваних джерел і розвитку біоенергетики на засадах сталого розвитку та циркулярної економіки є у колі інтересів досліджень таких вчених як Борисяк О. [1-5], Брич В. [6-8], Гораль Л. [9-11], Джеджула В. [12-13], Єпіфанова І. [12-13], Зварич І. [14-16], Kamiński J. [17], Качан Ю. [21], Коваленко Є. [22], Колещук О. [18-20], Mucha-Kuś K. [17], Nerantzidis M. [26], Павлов П. [24-25], Полянська А.

[21-23], Прохорова В. [18-20], Šević A. [26], Sołtysik M. [17], Сотник І. [28], Tampakoudis I. [26], Tzeremes P. [26], Харчишина О. [28], Шрам О. [27], Ярошук О [29-31], та ін. Закономірності розвитку системи управління розподіленою генерацією енергії у світі та Україні представлені у працях Oludolaro Olanrewaju, Moses Jeremiah, Barasa Kabeyi [32], Tiku Fidelis Etanya, Pierre Tsafack, Divine Khan Ngwashi [33] та ін. Аспекти розбудови біоенергетичного ринку, ролі аграрних підприємств у постачанні біомаси для виробництва біопалива розглядають Гальчинська Ю. [34] та ін.

Аналіз сучасної літератури свідчить, що при значному прогресі у дослідженні економіки відновлюваної енергетики, питання інституціоналізації управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у структурі аграрних виробничих систем залишаються недостатньо розробленими. Попри значний обсяг досліджень у сфері відновлюваної енергетики, у сучасній літературі відсутня цілісна теоретична інтерпретація управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у структурі аграрних виробничих систем. Наявні підходи або зосереджуються на технологічній інтеграції генерації в енергетичні мережі, або аналізують інвестиційні аспекти розвитку ВДЕ. Натомість інституційні механізми координації енергетичних і виробничих процесів у межах аграрного підприємства залишаються недостатньо концептуалізованими. Саме ця наукова прогалина зумовлює необхідність подальшого дослідження інституційних механізмів управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері та формування концептуальної моделі їх функціонування в умовах трансформації енергетичних систем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота підготовлена у рамках виконання науково-дослідної роботи Західноукраїнського національного університету за темою «Концепція управління відновлювальною розподіленою генерацією для забезпечення еколого-енергетичної стійкості в умовах військових ризиків та післявоєнного відновлення

країни» (державний реєстраційний номер 012U001453). У межах дослідження автором напрацьовано базові умови трансформації енергосистеми.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є обґрунтування теоретико-методичних засад і розробка науково-практичних положень щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

Для досягнення поставленої мети визначено наступні **завдання:**

- дослідити еволюцію наукових підходів до трактування відновлюваної генерації та виявлення їх методичних обмежень щодо застосування в аграрній сфері;

- виявити закономірності функціонування об'єктів відновлюваної генерації в аграрній сфері з урахуванням взаємодії ресурсних, виробничих та інституційних факторів;

- визначити інституційну архітектуру управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел;

- з'ясувати детермінанти функціонування системи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в агросекторі України;

- оцінити потенціал аграрних підприємств для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії;

- провести багатфакторний аналіз детермінант розвитку систем генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері;

- сформулювати складові інтеграції об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери в децентралізовану енергетичну систему України в умовах воєнних ризиків;

- розробити методикку інтегральної оцінки ефективності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері;

- представити сценарне моделювання та оптимізація управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

Об'єкт дослідження – процеси управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел.

Предмет дослідження – сукупність теоретико-методичних і прикладних аспектів управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

Методи дослідження. Методологічну основу дослідження становлять положення інституційної економіки, системного підходу та теорії управління виробничими системами. Методичний інструментарій дослідження має концептуально-аналітичний характер. У процесі виконання дисертаційної роботи застосовано комплекс загальнонаукових, спеціальних і економіко-статистичних методів, що забезпечили досягнення поставленої мети та реалізацію окреслених завдань дослідження. Застосовано методи аналізу й синтезу для виокремлення ключових характеристик об'єктів відновлюваної генерації та формування їх узагальненої управлінської інтерпретації; логічного узагальнення – для формулювання авторського визначення сутності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері; системний аналіз для визначення ключових закономірностей функціонування відновлюваної генерації; системний підхід до аналізу економічних процесів функціонування відновлюваної енергетики в аграрному секторі; системного підходу для розгляду об'єктів відновлюваної генерації як складових елементів інтегрованих виробничо-енергетичних систем аграрних підприємств, у межах яких відбувається взаємодія природно-ресурсних, виробничих та інституційних факторів; порівняльного аналізу – для зіставлення економічних, технологічних та інституційних підходів до трактування відновлюваних джерел енергії; метод структурно-логічного аналізу використано для формування принципів управління об'єктами відновлюваної генерації та побудови концептуальної моделі їх інтеграції у структуру аграрних виробничих систем, для обґрунтування інституційної архітектури управління об'єктами відновлюваної генерації; структурно-функціонального аналізу – для розкриття місця генеруючих об'єктів у внутрішній

структурі аграрного підприємства та обґрунтування моделі координації виробничої, енергетичної й ринкової підсистем; нормативно-правового аналізу – для визначення інституційних меж управлінських рішень у контексті чинного законодавства та правил функціонування ринку електроенергії; економетричного аналізу та математичної статистики – для ідентифікації ключових детермінант макро- та мікросередовища, математичного доведення їхнього впливу на ефективність управління та розрахунку вагових коефіцієнтів значущості на основі коефіцієнта детермінації; багатовимірного комплексного оцінювання – для розробки методики інтегрального оцінювання ефективності управління об'єктами генерації з ВДЕ шляхом формування стратегічної та операційної підсистем управління; нелінійної параметричної оптимізації та сценарного моделювання – для розв'язання прогностичної задачі розподілу лімітованих корпоративних ресурсів, знаходження управлінських оптимумів в умовах жорстких бюджетних і макроекономічних обмежень та воєнного стану.

Інформаційна база дисертаційної роботи охоплює законодавчі нормативні та регулюючі документи, що за своїм змістом регламентують функціонування в Україні відновлюваних джерел енергії, процеси тарифоутворення на енергетичні ресурси в частині їх генерації, акумулювання та наступного розподілу, а також функціонування енергогенеруючої, енергорозподільчої, енергозберігаючої сфер загалом, нормативно-правові акти Європейського Союзу та країн його учасників, плани щодо реалізації заходів направлених на імплементацію Директив та рішення Ради Європи й Європейського Парламенту, офіційні дані Державної служби статистики України, аналітичні матеріали Міністерства енергетики України та Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП), а також наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених що стосуються зазначеної проблематики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у поглибленні теоретичних засад управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері шляхом обґрунтування економічних закономірностей їх функціонування,

принципів управління та концептуальної моделі інтеграції таких об'єктів у виробничі системи аграрних підприємств. Запропоновані положення розширюють теоретичні уявлення про інтеграцію відновлювальної генерації у систему функціонування аграрних підприємств в умовах трансформації енергетичних ринків.

Наукові результати, що характеризують новизну проведеного дослідження полягають у такому:

уперше:

- запропоновано інтегральну методику оцінювання потенціалу аграрного підприємства для відновлюваної генерації електроенергії, яка поєднує п'ять взаємопов'язаних блоків: ресурсний, техніко-інфраструктурний, економічний, інституційний та управлінсько-резильєнтний, що дає змогу перейти від оцінки окремих природних ресурсів до комплексного визначення спроможності підприємства реалізувати енергетичний проєкт;

удосконалено:

- теоретичний підхід до управління об'єктами відновлюваної генерації електроенергії в аграрному секторі, відповідно до якого такі об'єкти розглядаються не лише як технологічні установки або інвестиційні активи, а як складові виробничо-енергетичної системи аграрного підприємства, що впливають на структуру витрат, ресурсні потоки, енергетичну автономність і стійкість виробництва. Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел у аграрному секторі, на відміну від існуючих трактувань, розглядається як інституційно зумовлений процес координації виробничих, енергетичних, організаційно-економічних і регуляторних параметрів функціонування енергетичних активів;

- науково-методичне забезпечення оцінювання ефективності управління об'єктами відновлюваної енергетики в аграрній сфері шляхом розробки інтегрального показника. На відміну від існуючих експертних підходів, запропонована модель базується на математично обґрунтованих вагових

коефіцієнтах і застосуванні мультиплікативної згортки індексів стратегічного аналізу та операційних підсистем управління. Це дозволило кількісно формалізувати та виміряти ефект десинхронізації між інвестиційними намірами керівництва та кадрово-операційною спроможністю підприємства в умовах війни та мобілізації, а також сформулювати алгоритм процесу підтримки прийняття рішень на основі ідентифікації поточного стану управління та вибору обґрунтованих антикризових стратегій;

- методичний інструментарій сценарного управління об'єктами відновлюваної енергетики агрохолдингів в умовах макроекономічної турбулентності та дефіциту кадрів. На відміну від існуючих підходів, запропоновано модель нелінійної параметричної оптимізації з обмеженнями, яка дозволяє розраховувати точки інфраструктурно-кадрового компромісу та згенерувати управлінські правила, які формалізовано у вигляді матриці стратегічних імперативів для системи менеджменту;

- концептуальну модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, яка відображає взаємодію ресурсної, виробничої та інституційної підсистем функціонування аграрних енергетичних систем. На відміну від традиційних моделей енергозабезпечення, де результати діяльності енергетичних об'єктів визначаються переважно технічними параметрами генерації, у системі аграрного виробництва ефективність управління формується внаслідок узгодження ресурсного потенціалу, виробничих характеристик підприємства та інституційних умов функціонування енергетичного сектору;

набули подальшого розвитку:

- система економічних закономірностей функціонування об'єктів відновлюваної генерації в аграрній сфері, яка охоплює ресурсну детермінованість генерації, циклічну узгодженість енергетичних і біологічних процесів, локалізацію енергетичних потоків, інституційну залежність економічної

ефективності, формування ефекту енергетичної резильєнтності та інтеграційний вплив відновлюваної генерації на виробничу систему аграрного підприємства;

- наукове обґрунтування інституційної архітектури управління відновлюваною генерацією в аграрній сфері, яка охоплює макро-, мезо- та мікроекономічні рівні регулювання, де макрорівень формує правила енергетичного ринку, мезорівень забезпечує розвиток територіальних і кооперативних форм організації енергетичної діяльності, а мікрорівень пов'язаний з інтеграцією енергогенеруючих об'єктів у систему управління аграрного підприємства; концептуальна модель інституціоналізації управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері, яка, на відміну від існуючих підходів, враховує взаємозв'язок виробничих, енергетичних та інституційно-ринкових процесів функціонування енергетичних активів і дає змогу розглядати такі об'єкти не лише як технічні комплекси чи інвестиційні проекти, а як складові виробничо-енергетичної системи аграрного підприємства;

- аналітична оцінка та обґрунтування детермінант функціонування системи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в агросекторі України у площині інтегрованої управлінської підсистеми, яка формується під впливом інституційних, ресурсно-сировинних, технологічних, фінансово-інвестиційних, ESG-орієнтованих і безпекових чинників, що дозволило поглибити наукове розуміння механізму раціонального використання аграрних відходів і побічних продуктів виробництва як стратегічного енергетичного активу, який забезпечує енергоавтономність, операційну стійкість та підвищує конкурентоспроможність вітчизняних аграрних підприємств в умовах воєнного стану і євроінтеграційної трансформації енергетичного ринку України;

- застосування кореляційно-регресійного аналізу для виявлення стратегічних та оперативних детермінант розвитку систем генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері в умовах війни, що дозволило довести, що фундаментальним драйвером розбудови об'єктів відновлюваної генерації електроенергії є експортний потенціал підприємства,

який нівелює девальваційні ризики, тоді як базовий земельний банк визначає просторово-сировинні межі генерації.

Практичне значення одержаних результатів полягає в створенні прикладного інструментарію інтеграції системи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері в єдину систему регіонального управління. Можливим є використання запропонованих теоретичних положень при формуванні стратегій розвитку відновлюваної енергетики у аграрному секторі та розробленні механізмів управління енергетичними активами аграрних підприємств. Отримані результати можуть бути застосовані при розробленні програм розвитку децентралізованих енергетичних систем, створенні енергетичних кооперативів та реалізації інвестиційних проєктів у сфері аграрної біоенергетики. Результати розширюють теоретичні підходи до дослідження управління відновлюваною енергетикою в аграрному секторі та можуть бути використані для формування економічних механізмів підвищення енергетичної автономності та стійкості аграрних підприємств. Сприяють поглибленню теоретичних засад розвитку відновлюваної енергетики в аграрному секторі та можуть бути використані при формуванні механізмів управління енергетичними активами аграрних підприємств.

Основні положення і висновки дисертації доведено до рівня конкретних методичних розробок і практичних рекомендацій, реалізація яких сприятиме посиленню стійкості підприємств через створення чіткої системи протидії умовам невизначеності. Запропоновані рекомендації можуть застосовуватися підприємствами для побудови, оцінювання та вдосконалення управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, орієнтованих на посилення конкурентоспроможності в умовах воєнних викликів.

Окремі результати дослідження використовуються у діяльності таких установ та підприємств: Департаменту агропромислового розвитку Львівської обласної державної адміністрації (довідка № 01-37/16 від 27.05.2026 р.) для стратегічного розвитку аграрних підприємств регіону; ТзОВ «Агропродсервіс

інвест» (довідка №184 від 02.06.2026 р.); СП «Сенатор» (довідка №15 від 11.05.2026 р.), СМП «Маркет» (довідка №34 від 20.05.2026 р.), у навчальному процесі Західноукраїнського національного університету при читанні курсів: «Енергетичний менеджмент», «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії», «Економіка та організація енергетичного виробництва» (довідка № 126-31/1293 від 25.05.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаним науковим дослідженням. Сформовані й обґрунтовані у роботі наукові положення, розробки, висновки і рекомендації отримано здобувачем самостійно. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, використано ті ідеї та положення, які є результатом самостійного дослідження здобувача.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційної роботи було оприлюднено на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях, зокрема: XI Всеукраїнська науково-практична конференція студентів і молодих вчених «Сталий розвиток економіки на засадах ресурсоефективності» (м. Запоріжжя, 18-19 грудня 2025 р.); XVI Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні підходи до креативного управління економічними процесами» (м. Київ, 16 квітня 2025 р.), XV Національна науково-практична конференція «Синергія науки та бізнесу: виклики, трансформації, перспективи» (м. Тернопіль, 29 травня 2025 р.), XVI Національна науково-практична конференція «Синергія науки та бізнесу: виклики, трансформації, перспективи» (м. Тернопіль, 15 жовтня 2025 р.), IX Міжнародна науково-практична конференція «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти» (м. Київ, 24 березня 2026 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 10 наукових публікаціях (4,6 д. а.), які включають самостійно опубліковані роботи та співавторство, зокрема 5 статей – у наукових фахових виданнях України (3,6 д. а.); 5 – видань апробаційного характеру (1,0 д. а.).

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 204 сторінках друкованого тексту. Робота містить 23 таблиці (12 сторінок), 15 рисунків (9 сторінок) та 3 додатки (15 сторінок). Список використаних джерел налічує 145 найменувань (18 сторінках).

Декларація про використання ШІ. Під час підготовки роботи автор використовував Gemini 3 Pro та OpenAI GPT-5 для пошуку та первинного опрацювання літературних джерел, оформлення ілюстрації, а також виявлення та виправлення граматичних, орфографічних та стилістичних помилок. Після застосування цих інструментів автор провів ретельний перегляд і вніс необхідні зміни, беручи на себе повну відповідальність за остаточний зміст дисертаційної роботи.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ

1.1. Зміст управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Сучасний науковий дискурс щодо відновлювальної генерації формується на перетині економічних, технологічно-системних та інституційних підходів. Це включає дослідження економіки енергетичного переходу, низьковуглецевої економіки, системної інтеграції розподіленої генерації та інституційної архітектури енергетичних ринків. Проте їх інтеграція у межах агропромислового комплексу як специфічної виробничої системи залишається обмеженою, що створює теоретичну прогалину у трактуванні сутності управління такими об'єктами.

Економічна інтерпретація відновлюваної генерації зазнала суттєвої трансформації протягом останнього десятиліття. Якщо ранні дослідження фокусувалися на механізмах державної підтримки та компенсації екстерналій, то сучасні роботи [35-37] дедалі більше трактують відновлювальні джерела енергії як ринково конкурентні активи. Звіти International Renewable Energy Agency системно демонструють зниження приведеної вартості електроенергії для сонячної та вітрової генерації, що зміщує акцент із проблем субсидування до питань інтеграції у ринкову архітектуру та фінансової стійкості [38-39]. Звіти IRENA [40] вказують як на тренд здешевлення, так і на появу нових джерел варіативності витрат (фінансування, логістика, сировинні обмеження), що виводить на передній план управлінські задачі інтеграції, а не лише інвестиційного вибору технології. Це важливо для аграрного сектору, оскільки економіка відновлювальних джерел енергії (далі — ВДЕ) в аграрній сфері залежить не лише від приведеної вартості виробництва енергії протягом усього

життєвого циклу енергетичного об'єкта, а й від того, як генерація вбудовується у виробничий ритм підприємства та його транзакційні взаємодії з ринком енергії.

Аналогічна логіка простежується у дослідженні Шмідт О. (Schmidt O.), Гокс А. (Hawkes A.), Гамбгір А. (Gambhir A.), Стаффелл І. (Staffell I.) [41], де доведено, що технологічні криві навчання забезпечують довгострокове здешевлення відновлюваних джерел енергії. Водночас, об'єкт генерації постає як самостійний інвестиційний проєкт, відокремлений від внутрішньовиробничого контексту підприємства.

Технологічно-системний напрям досліджень концентрується на проблематиці системи управління розподіленою генерацією енергії, інтеграції розподіленої генерації в енергосистему. У дослідженні Лопеш Дж. А. П. (Lopes J. A. P.), Хатзіаргіріу Н. (Hatziaargyriou N.), Мутале Дж. (Mutale J.), Джапіч П. (Djaric P.), Дженкінс Н. (Jenkins N.) [42] систему управління розподіленою генерацією енергії розглядається як процес координації прогнозування, балансування та інформаційної взаємодії з мережею. Параг Й. (Parag Y.), Совакул Б. К. (Sovacool B. K.) [43] акцентують на трансформації ролі споживача у виробника (prosumer), що змінює архітектуру енергетичного управління. Проте навіть у межах цих концепцій управління аналізується переважно з позиції системного оператора або регулятора, тоді як внутрішньофірмовий рівень залишається другорядним. Аграрний сектор у таких дослідженнях розглядається радше як елемент енергетичної інфраструктури, а не як виробничо-енергетична система зі специфічною логікою функціонування. Водночас, для аграрної сфери ця оптика особливо продуктивна, бо агропідприємство часто не входить на енергоринок як "чистий виробник", натомість формує змішану позицію – виробництво для самоспоживання з можливістю реалізації надлишків, що перетворює управління генерацією на задачу узгодження виробничої та ринкової логіки.

Особливий сегмент літератури стосується біоенергетики, низьковуглецевого розвитку, низьковуглецевих ризиків та їх ролі у формуванні циркулярних моделей розвитку. Ель Білалі Х. (El Bilali H.) обґрунтовує інтеграцію біоенергетики як

чинник підвищення стійкості агропродовольчих систем [44]. Скарлат Н. (Scarlat N.), Даллеман Ж.-Ф. (Dallemand J.-F.), Монфорти-Ферраріо Ф. (Monforti-Ferrario F.), Ніта В. (Nita V.) оцінюють потенціал біомаси в Європі та її внесок у декарбонізацію сільських територій [45]. Матеріали звітів ІЕА [46] доводять економічну доцільність впровадження анаеробного зброджування у тваринницьких комплексах. Проте навіть у межах біоенергетичного напрямку управління здебільшого редукується до технологічної оптимізації або ресурсної ефективності, тоді як інтеграція генерації у виробничий цикл підприємства залишається поза системною концептуалізацією.

У європейському праві трансформація системи управління розподіленою генерацією енергії на засадах відновлюваних джерел оформлюється через правові конструкції енергетичних спільнот і локальної кооперації. Директива (ЄС) 2018/2001 (RED II) та Директива (ЄС) 2019/944 [47-48] кодифікують поняття спільноти відновлюваної енергетики (renewable energy communities, REC) і громадянські енергетичні спільноти (citizen energy communities, CEC) та, по суті, легітимують організаційні форми, у межах яких відновлювальні джерела енергії функціонують як інфраструктура місцевого розвитку. Узагальнюючі матеріали Європейської Комісії додатково підкреслюють розширення застосувань енергетичних спільнот у політиці після змін 2023 року, що сигналізує: інституційна еволюція рухається у бік ширшої “локалізації” управління енергетичними активами [48]. З погляду економічної теорії це означає, що ефективність ВДЕ дедалі більше залежить від правил координації та розподілу вигід/витрат у локальних системах, а отже управління вимагає інституційної інтерпретації.

Саме тут доречно залучити напрацювання нової інституційної економіки, де інституції розуміються як обмеження і правила взаємодії, що впливають на витрати угод, передбачуваність і стимули інвестування. Підхід Норт Д. С. (North D. C.) [49] дає теоретичний інструмент для пояснення того, чому одна і та сама технологія відновлюваних джерел енергії може продукувати різні економічні

результати за різних режимів правового захисту прав, стабільності правил ринку та виконання контрактів. У свою чергу, рамка Вільямсон О. Е. (Williamson O. E.) [50] дозволяє розглядати вибір організаційних форм (інтегрувати генерацію “всередину” підприємства чи виносити її у контрактні/кооперативні моделі) як вибір структури управління трансакціями під умовами невизначеності та специфічності активів. Для аграрного сектору це принципово, оскільки енергетичні активи часто є специфічними щодо місця (локальні енергетичні ресурси, приєднання до мережі), часу (сезонність), а також щодо взаємодії з виробничими процесами (тепло, сушка, переробка, тваринництво).

У працях Дель Ріо П. (Del Río P.) [51] та Захманн Г. (G. Zachmann), Майсснер Ф. (F. Meissner), Репін Є. (I. Riepin) [53] та інших [52] аналізується еволюція механізмів підтримки від фіксованих тарифів до аукціонних систем і ринкових премій. Після 2022 року в європейських дослідженнях посилюється акцент на децентралізації та енергетичній стійкості. Гольдтау А. (Goldthau A.), Совакул Б. К. (Sovacool B. K.) [54] розглядають локалізацію генерації як елемент підвищення енергетичної безпеки. Однак resilience-підхід здебільшого застосовується на макро- або мезорівні, тоді як мікрорівень підприємства – з його технологічною чутливістю та сезонною ритмікою – залишається недостатньо теоретизованим.

Аналіз українських публікацій [55-58] свідчить про зростання уваги до біоенергетичного потенціалу аграрного сектору та економічної ефективності біогазових комплексів, а також переходу до «зеленої» енергетики [60; 126; 129-132; 145]. Проте більшість робіт концентрується на оцінці ресурсної бази, технічній доцільності впровадження або інвестиційних параметрах. Категорія управління об'єктами відновлювальної генерації як інтегрованої функції, що поєднує виробничі, енергетичні та ринкові компоненти підприємства, залишається концептуально невизначеною.

Український контекст додає до цієї дискусії власний інституційний шар [61-67; 116-117; 134]. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» визначає

правові й економічні засади використання альтернативних джерел та рамки їх стимулювання. Закон України «Про ринок електричної енергії» задає базову архітектуру ринку й включає категоріальний апарат, важливий для внутрішньофірмового управління генерацією (зокрема через інституціоналізацію ролей споживача/виробника та процедур ринкової взаємодії). Нормативне “приземлення” цих положень на рівні практики активного споживання енергії деталізується, зокрема, постановою НКРЕКП № 2651 від 29.12.2023 р. щодо порядку продажу та обліку електроенергії, виробленої активними споживачами. Для аграрної сфери це означає, що управління ВДЕ не є суто приватною управлінською функцією: воно структуроване нормами обліку та розрахунків, отже має трансакційний вимір і тягне витрати відповідності.

У сучасній літературі [122-128; 133] дедалі більше уваги приділяється інтеграції різних типів відновлювальної генерації у структуру аграрних виробничих систем. Зокрема, дослідження агровольтаїки демонструють, що поєднання виробництва електроенергії з аграрною діяльністю дозволяє оптимізувати використання земельних ресурсів та формувати нові економічні моделі функціонування аграрних підприємств [58-59].

У межах аграрного сектору ця проблема набуває особливої актуальності, оскільки виробництво енергії на основі відновлюваних джерел безпосередньо взаємодіє з біологічними та технологічними циклами сільськогосподарського виробництва. Відтак ефективність функціонування відповідних об’єктів визначається не лише техніко-економічними характеристиками генерації, але й здатністю системи управління підприємства забезпечувати координацію між енергетичними, виробничими та ринковими процесами.

Сучасна література [115; 118-121] формує ґрунтовну основу для розуміння економічних, технологічних та інституційних аспектів функціонування відновлюваних джерел енергії, проте не пропонує цілісної теоретичної моделі управління об’єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Домінування техніко-економічних параметрів над управлінською

інтерпретацією та відсутністю інтеграції виробничого й енергетичного вимірів зумовлюють потребу у концептуалізації управління як процесу координації багаторівневих взаємодій у межах аграрного підприємства.

У цьому контексті постає наукова проблема – відсутність цілісного теоретичного підходу до визначення сутності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Наявні підходи, представлені вище, не пояснюють механізм узгодження виробничих циклів аграрного підприємства, режимів функціонування генеруючих установок та інституційно визначених правил ринку електроенергії. Залишається невизначеним управління як процес інтеграції багаторівневих взаємодій між технологічною керованістю генерації, економічною доцільністю її використання та нормативно-ринковими обмеженнями.

Це є базисом для теоретичного осмислення управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері як специфічної форми управління виробничо-енергетичною системою підприємства в умовах децентралізованого енергоринку та інституційної трансформації енергетичного сектору. На цьому шляху особливим є вироблення концептуальної рамки, що є складовою подальшого розвитку управлінської теорії у сфері аграрної енергетики та основою для створення прикладних механізмів підвищення енергетичної стійкості підприємств агропромислового комплексу.

Теоретичне осмислення управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері доцільно починати з концептуального розрізнення двох традиційних оптик, які історично формувалися автономно. Перша – інженерно-експлуатаційна – розглядає генеруючу установку як технічну систему, для якої визначальними є параметри надійності, дотримання режимів роботи та стандартів якості електроенергії, що узгоджується з техніко-системним підходом до інтеграції розподіленої генерації [43]. Друга – економіко-організаційна – трактує об'єкт генерації як капіталізований актив із власним життєвим циклом, структурою витрат, моделями монетизації та ризик-профілем,

що відповідає сучасним підходам до аналізу інвестицій у відновлювану енергетику [41].

У межах агропромислового комплексу ці оптики не лише співіснують, а перебувають у стані взаємної детермінації. Енергетичний актив функціонує всередині виробничої системи підприємства з його сезонною нерівномірністю навантаження, біологічною зумовленістю технологічних процесів та високою чутливістю до збоїв енергопостачання. Така інтегрованість зумовлює неможливість редукції управління до технічної експлуатації або до фінансового менеджменту інвестиційного проєкту, що узгоджується з ширшим системним трактуванням розподіленої генерації як елемента виробничої структури [44].

Суттєвою теоретичною передумовою є інституційна обумовленість функціонування відновлюваної генерації. В Україні предметне поле відновлюваних джерел енергії визначається нормами позитивного права, які фіксують категоріальний апарат та легітимні режими діяльності. Законодавче визначення альтернативних джерел енергії, механізмів підтримки, «зеленої» енергетики, зокрема «зеленого тарифу», а також режиму самовиробництва формує рамку економічної доцільності та допустимих управлінських рішень [61]. Показово, що законодавством передбачено можливість функціонування енергетичних кооперативів, що підкреслює інституційне закріплення логіки децентралізації та локалізації енергетичних процесів.

Другий блок теоретичних передумов пов'язаний із трансформацією ринкової архітектури електроенергетики, у якій ефективність об'єкта генерації електроенергії з відновлюваних джерел визначається не стільки обсягом виробленої електроенергії, скільки здатністю інтегруватися в систему з дотриманням вимог балансування, комерційного обліку та технічної керованості [53]. У чинному законодавстві України категорія «активного споживача» фіксує, що виробництво електроенергії для суб'єкта господарювання не становить окремої спеціалізації, а є елементом його енергетичного профілю [62]. Відтак управління генерацією набуває характеру регульованої взаємодії з ринком, де

дотримання правил комерційного обліку та балансування стає невід'ємною складовою економічного результату.

Отже, узагальнення економічних, технологічних та інституційних положень дозволяє стверджувати, що управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері слід розглядати як багаторівневий процес узгодження технічної керованості, ринково-облікової дисципліни та виробничих потреб підприємства в межах нормативно визначених режимів функціонування. З цієї позиції класифікація об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері набуває управлінського змісту: технологічна природа, ступінь керованості, масштаб та режим ринкової інтеграції визначають різні конфігурації координації виробничої, енергетичної та інституційної підсистем підприємства [39; 42].

Економічна природа управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері розкривається через дуальність самого об'єкта та низьковуглецеві ризики. З одного боку, це капіталомісткий технічний комплекс, що трансформує природний ресурс або біосировину в енергію і функціонує в межах довгострокового інвестиційного горизонту з характерною для енергетичних активів структурою фіксованих витрат і тривалим періодом окупності. З іншого боку, це інтегрована підсистема аграрного підприємства, яка безпосередньо впливає на витратну структуру та стійкість основного виробництва, а відтак входить до логіки формування конкурентних переваг, а не лише модернізації енергетичної інфраструктури. Такий підхід узгоджується з сучасною інтерпретацією відновлюваної генерації як економічно раціонального активу, що дедалі частіше демонструє нижчу приведену вартість електроенергії порівняно з новими проектами на викопному паливі.

Специфіка аграрної сфери полягає в тому, що енергетичні потоки структурно поєднані з матеріальними потоками біомаси та органічних відходів, що зумовлює особливий характер управління. Якщо для сонячної та вітрової генерації ключовим викликом є мінливість первинного ресурсу та необхідність балансування, то

біоенергетичні установки переводять управлінську проблему у площину координації ланцюга «сировина – переробка – енергія – побічний продукт». Таким чином, управління генерацією інтегрується з управлінням аграрним виробництвом і логістикою сировини, формуючи замкнену виробничо-енергетичну підсистему, що відповідає логіці циркулярної економіки в агропродовольчих системах [44]. У національному правовому полі така інтеграція легітимується через нормативне віднесення біомаси, газу з органічних відходів та біогазів до альтернативних джерел енергії [61], що створює інституційну передумову для енергетичної утилізації агропобічних продуктів.

Економічний зміст управління об'єктом генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, таким чином, не зводиться до вибору між самоспоживанням і продажем електроенергії. Він передбачає формування внутрішньої ієрархії цінності енергії для підприємства. По-перше, енергія виступає гарантом безперервності критичних технологічних процесів, що особливо важливо в умовах сезонної концентрації робіт, низьковуглецевого розвитку та біологічної чутливості виробництва. По-друге, вона є чинником стабілізації та оптимізації питомих витрат через зниження залежності від зовнішніх цінових коливань. По-третє, за наявності відповідного регуляторного режиму енергія може набувати статусу товару на організованому ринку. Така багатовимірність дозволяє трактувати об'єкт генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері як «резильєнтний актив», ефективність якого визначається не лише обсягом виробітку, а й здатністю зменшувати операційні втрати внаслідок перебоїв постачання та цінової волатильності, що відповідає сучасним підходам до децентралізованої енергетичної безпеки [54].

Інституційне середовище додатково формує економічну дисципліну управління через механізми балансування та комерційного обліку. Законодавче визначення балансуєчого ринку як інструменту забезпечення балансу в реальному часі та фінансового врегулювання небалансів означає, що економічна відповідальність за відхилення виробітку інтегрується безпосередньо в систему

ринкових стимулів низьковуглецевої економіки [62]. Відтак управління генерацією електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері передбачає не лише технічне планування режимів роботи, а й мінімізацію фінансових наслідків небалансів через координацію виробничих і енергетичних графіків. Водночас слід зауважити, що інституційна складова не є статичною: частина режимів зазнає трансформації під впливом бюджетних рішень, міжнародної підтримки або змін у європейському праві. Це означає, що управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері повинно враховувати не лише чинну нормативну конфігурацію, але й імовірність її перегляду, що формує додатковий вимір для стратегічного аналізу.

Окремої уваги потребує біометан як наступний етап біоенергетичної інтеграції агропромислового комплексу. На відміну від біогазової когенерації, зорієнтованої переважно на локальний енергобаланс підприємства, біометан інституційно оформлюється як товарний енергетичний продукт, придатний до транспортування газовою інфраструктурою та міжнародної торгівлі за умови функціонування системи гарантій походження. Створення реєстру біометану та механізму сертифікації його походження [63] означає формування нового виміру управління – поєднання виробничої стратегії підприємства з експортними можливостями та вимогами європейського енергетичного ринку. Таким чином, об'єкт відновлюваної генерації в АПК трансформується з інструмента внутрішньої енергетичної стабілізації у потенційний елемент зовнішньоекономічної діяльності, що додатково розширює економічний зміст управління.

На цьому тлі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері доцільно інтерпретувати як процес координації трьох взаємопов'язаних підсистем функціонування підприємства – виробничого, енергетичного та інституційно-фінансового. Виробничий підсистема формує ритміку попиту на енергію, що в аграрному секторі визначається сезонністю польових робіт, режимами зберігання та сушіння продукції, технологіями переробки та безперервністю процесів у тваринництві. Енергетична підсистема

задає параметри пропозиції – режими виробництва, накопичення та взаємодії з мережею. Інституційно-фінансова підсистема визначає допустимі режими діяльності, правила комерційного обліку та участі в ринку. Ліцензійні умови провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії встановлюють пороги ліцензування, водночас прямо передбачаючи, що виробництво електроенергії для власних потреб без мети продажу не підлягає ліцензуванню незалежно від встановленої потужності [64]. Таким чином, правова конструкція сама по собі формує для агропідприємства декілька траєкторій інтеграції у сферу генерації – від внутрішнього енергоменеджменту до повноцінної ринкової участі.

Принципи управління в межах теоретичного дослідження мають розглядатися не як декларативні настанови, а як похідні від нормативного середовища та технологічної специфіки генерації. Першим із них виступає принцип правової та регуляторної визначеності. У сфері відновлювальної енергетики економічний результат безпосередньо залежить від обраного режиму функціонування – самоспоживання, статусу активного споживача, участі у механізмах підтримки чи ринкових аукціонах – і від коректності дотримання кодексів системи передачі, розподілу та правил роздрібного ринку [65-67]. У цьому сенсі управління об'єктом генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері є управлінням відповідністю, де інституційна дисципліна виступає економічною змінною.

Другим фундаментальним принципом є вимірюваність як основа управлінських рішень. Для інверторної генерації дані стають виробничим ресурсом, оскільки забезпечують одночасно технічний моніторинг, коректний комерційний облік та можливість оперативного коригування режимів роботи. Міжнародна стандартизація фотовольтаїчних систем прямо пов'язує якість управління з архітектурою моніторингу: стандарт ІЕС 61724-1 визначає класи систем спостереження та методи оцінювання продуктивності, що фактично встановлює методичну основу для прийняття управлінських [68]. Таким чином,

управління ефективністю сонячними електростанціями у сучасному розумінні неможливе поза межами стандартизованої системи збору та аналізу даних.

Третім принципом виступає принцип системної інтеграції, відповідно до якого об'єкти відновлюваної генерації мають розглядатися не як ізольовані енергетичні активи, а як складові елементи виробничої системи підприємства. Такий підхід передбачає узгодження режимів роботи енергетичних установок із технологічними процесами аграрного виробництва, що дозволяє забезпечити ефективну взаємодію між енергетичними та виробничими потоками підприємства.

Для генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, підключеної до мереж із обмеженою пропускнуою спроможністю, управління виходить за межі внутрішньої оптимізації та трансформується у регулювання системної поведінки генеруючої установки. Європейський мережевий кодекс RfG встановлює вимоги до приєднання генеруючих об'єктів до мережі [69], а технічні стандарти IEC 61727 та IEC 62116 регламентують параметри взаємодії інверторів із мережею та процедури випробування захисту від ненавмисного острову [70-71]. У цьому контексті управління означає забезпечення передбачуваності реакції установки на зміни системних параметрів та мінімізацію ризиків небалансів.

Четвертим принципом є принцип адаптивності управління, який передбачає здатність системи управління реагувати на зміну природних, економічних та інституційних умов функціонування генерації. Оскільки виробництво енергії з відновлюваних джерел характеризується значною варіативністю, ефективне управління потребує використання інструментів прогнозування, моніторингу та оперативного коригування режимів роботи генеруючих установок.

Для аграрної сфери означає пріоритет прогнозно-диспетчерської логіки над статичним плануванням. Змінний характер сонячної та вітрової генерації, поєднаний із сезонною структурою попиту, вимагає побудови циклу «прогноз – план – виконання – корекція», де прогностична інформація безпосередньо інтегрується у рішення щодо накопичення енергії, обмеження виробітку або зміни

режимів споживання енергії. Науково-прикладні дослідження у сфері прогнозування сонячної генерації демонструють ефективність поєднання фізичних моделей, чисельного прогнозу погоди та алгоритмів машинного навчання для підвищення точності короткострокових прогнозів [72-73]. Отже, управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері дедалі більше спирається на аналітику даних як структурний елемент виробничого планування.

П'ятий принцип стосується процесної стабільності біоенергетичних об'єктів. На відміну від сонячної та вітрової генерації, де керованість обмежена природними факторами, біогазові та біометанові установки потребують підтримання стабільності біохімічного процесу. Контроль температурного режиму, рівня рН, складу субстрату та мікронутрієнтів визначає не лише вихід біогазу, а й енергетичну ефективність системи загалом, що підкреслюється у фахових аналітичних матеріалах з розвитку біоенергетичного ринку [74]. Таким чином, управління біоенергетичним об'єктом поєднує диспетчеризацію енергетичних потоків із технологічним контролем якості процесу, який продукує сам енергетичний ресурс.

Шостим принципом є принцип енергетичної автономності підприємства, що передбачає формування внутрішнього енергетичного потенціалу господарства, здатного забезпечити стабільність виробничих процесів навіть за умов нестабільності зовнішнього енергетичного середовища. У аграрному секторі реалізація цього принципу сприяє підвищенню енергетичної безпеки та економічної безпеки підприємств та зменшенню залежності від зовнішніх постачальників енергетичних ресурсів.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері є багатовимірним процесом координації виробничої логіки підприємства, технічної поведінки генеруючих установок та інституційно визначених правил ринку. Саме інтеграція

цих компонентів формує специфічний економічний зміст управління, який відрізняє агропромисловий сектор від інших сфер розподіленої генерації.

Концептуалізація сутності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері має ґрунтуватися на тезі про їх інтегровану природу, яка впливає одночасно з економічної логіки аграрного виробництва та з правової архітектури електроенергетики. Нормативне поле визначає категорії джерел для розвитку «зеленої» енергетики, режими підтримки та ринкові ролі – від механізмів «зеленого тарифу» і ринкової премії до статусу активного споживача та самовиробництва, – формуючи рамку допустимих управлінських дій. Водночас технологічна специфіка відновлювальної енергетики обумовлює необхідність керованості, стандартизованого моніторингу та відповідності мережевим вимогам, що інституціоналізує роль даних і комплаєнсу як невід'ємної частини управління.

Отже, сутність управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері доцільно визначити як цілеспрямований, інституційно врегульований і даними керований процес координації виробничої, енергетичної та обліково-ринкової підсистем аграрного підприємства, спрямований на забезпечення енергетичної стійкості, економічної раціональності та системної сумісності генерації з мережевою інфраструктурою в межах визначених законом режимів. У цьому визначенні принциповими є три концептуальні акценти такі як: виробничий, енергетичний, інституційно-ринковий.

Водночас системна сумісність із мережею не може розглядатися як суто технічна вимога. Вона має економічний вимір, оскільки впливає на допустимі режими генерації, участь у балансуванні та обсяг транзакційних витрат, пов'язаних із небалансами.

Відтак, у теоретичній площині «управління об'єктами об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері» слід розуміти як особливий випадок управління виробничо-енергетичними системами, де домінує

логіка узгодження режимів, відповідності та інформаційної прозорості, а не логіка максимізації виробітку як самоцілі. У цьому контексті економічна раціональність не зводиться до нарощування обсягів генерації, а визначається оптимізацією режимів функціонування об'єкта з урахуванням виробничого циклу підприємства, мережевих обмежень та правил ринку електричної енергії.

Саме тому наступним кроком теоретичного узагальнення виступає структурна репрезентація архітектури управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, що забезпечує формалізацію взаємодії виробничої, енергетичної та інституційно-ринкової підсистем у межах цілісної моделі координації. Така репрезентація дозволяє перейти від описового трактування управління до його системного моделювання як інтегрованого механізму узгодження режимів функціонування аграрного підприємства в умовах децентралізованої енергосистеми та нормативно визначених ринкових ролей.

Узагальнюючи викладені положення, управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері доцільно представити як систему триконтурної координації, у межах якої виробнича підсистема формує профіль попиту на енергію, енергетичний – забезпечує її генерацію та технічну керованість, а інституційно-ринковий – визначає допустимі режими участі у ринку, обліку та розрахунків. Взаємодія цих компонентів формує інтегровану архітектуру управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, структуровану в табл. 1.1.

Представлена архітектура управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері демонструє, що економічний ефект функціонування об'єкта генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері визначається не автономною продуктивністю установки, а ступенем узгодженості між трьома підсистемами (виробнича, енергетична, інституційно-ринкова).

У концептуальному вигляді управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері може бути представлено функціональною залежністю:

$$UVDE = f(P, E, I), \quad (1.1)$$

де

P – параметри виробничої підсистеми,

E – параметри енергетичної підсистеми,

I – параметри інституційно-ринкової підсистеми.

Таблиця 1.1

Архітектура управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Підсистема	Сфера координації	Управлінські рішення	Результат
Виробнича	Енергозабезпечення технологічних процесів	Планування навантаження, синхронізація з виробничими циклами	Безперервність операцій, мінімізація витрат
Енергетична	Генерація, накопичення, режим роботи	Моніторинг, прогнозування, диспетчеризація	Стабільність режимів, ефективність використання потужності
Інституційно-ринкова	Правовий статус, облік, продаж надлишків	Вибір режиму діяльності, управління небалансами	Регуляторна відповідність, фінансова результативність

Джерело: сформовано автором

Максимізація результативності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері досягається за умови структурної узгодженості зазначених підсистем. Порушення балансу хоча б одного з них трансформується у зниження економічної ефективності, втрату технологічної стабільності або підвищення регуляторних ризиків. Відтак управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері не може зводитися до оптимізації окремих показників виробітку чи фінансової віддачі; воно виступає механізмом динамічної рівноваги між

виробничими потребами підприємства, технічними режимами генерації та інституційними вимогами ринку електричної енергії.

Запропонована архітектура управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері не претендують на вичерпність опису всіх варіантів інтеграції відновлюваної генерації в аграрному секторі, однак вона дозволяє аналітично впорядкувати ключові управлінські вузли та показати їх взаємозалежність. Їхня евристична цінність полягає у перенесенні аналітичного фокусу з ізольованого розгляду окремих технологій на координацію режимів функціонування підприємства як цілісної виробничо-енергетичної системи.

Таким чином, управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері має системний характер і повинно базуватися на врахуванні комплексних взаємозв'язків між природними ресурсами, виробничими процесами та інституційними умовами функціонування енергетичного ринку. Такий підхід дозволяє перейти від суто техніко-технологічної інтерпретації функціонування відновлюваної генерації до формування економічної теорії управління відновлюваними енергетичними системами в аграрному секторі.

1.2. Закономірності управління об'єктами відновлювальної генерації в аграрній сфері в умовах переходу до децентралізованої енергосистеми

В умовах російської збройної агресії проти України проблема стійкості критичної інфраструктури набуває особливої гостроти, зокрема в енергетичному секторі, який став однією з основних цілей військових атак. Масовані удари по енергетичних об'єктах не лише знищили значну частину генераційних потужностей, а й поставили під сумнів життєздатність централізованої архітектури енергосистеми як домінантної парадигми енергетичного розвитку. У цих умовах на перший план виходить пошук нових концептуальних підходів до реконфігурації енергетики — таких, що поєднують технологічну гнучкість,

інституційну адаптивність та операційну резильєнтність. Енергетична система, зруйнована фізично та дестабілізована управлінськи, потребує не відтворення статус-кво, а формування нової парадигми розвитку, що враховує наявні ризики, обмеження і можливості. Саме тому проблема децентралізації енергетики розглядається не як довгострокова мета екологічної трансформації, а як безпековий пріоритет, невід’ємний елемент стратегії виживання держави у війні високої інтенсивності.

У міжнародному науковому дискурсі децентралізація енергетичних систем розглядається крізь призму концепцій поліцентричного управління, теорії критичної інфраструктурної стійкості, а також моделей соціально-економічних переходів. У мирний час драйверами таких трансформацій виступають, як правило, екологічна політика, інноваційна динаміка та зростання ролі просюмерів. Утім, український кейс є унікальним прикладом децентралізації, індукованої зовнішньою військовою агресією. Він дозволяє поставити нові теоретичні запитання: як змінюються траєкторії інфраструктурних трансформацій під тиском екзогенних шоків? Чи може війна стати каталізатором прискорених енергетичних інновацій? Яким є оптимальний дизайн енергосистеми в умовах постійної загрози руйнування?

Загалом «енергетична трансформація світової економіки, що відбувається під впливом декарбонізації, технологічного здешевлення відновлюваних джерел енергії та структурної перебудови електроенергетичних ринків, радикально змінює логіку функціонування агропромислового комплексу. Якщо раніше відновлювана генерація сприймалася переважно як інструмент екологічної політики або об’єкт регуляторної підтримки, то нині вона дедалі частіше інтегрується безпосередньо в операційну структуру підприємств. Для суб’єктів аграрної сфери це означає не просто диверсифікацію джерел енергії, а трансформацію моделі енергозабезпечення – від зовнішньої залежності до часткової або повної енергетичної автономізації, що безпосередньо впливає на структуру витрат, ризик-профіль та параметри економічної стійкості.

Специфіка агропромислового виробництва визначається поєднанням сезонної динаміки споживання енергоресурсів, біологічно зумовлених технологічних циклів і наявності значного потенціалу біомаси як енергетичного ресурсу. У такому середовищі об'єкти сонячної, вітрової чи біоенергетичної генерації

не можуть розглядатися як ізольовані енергетичні активи. Вони включаються у внутрішню виробничу систему підприємства, взаємодіючи з технологічними процесами зберігання, переробки, тваринництва або сушіння продукції. Це формує принципово інший тип управлінських завдань, що виходять за межі технічної експлуатації чи оцінки окупності інвестицій і пов'язані з координацією виробничих режимів, енергетичних параметрів та ринкових обмежень.

Попри зростання кількості досліджень у сфері відновлюваної енергетики, науковий дискурс залишається фрагментарним. Значна частина праць зосереджена на технологічній ефективності, інвестиційній привабливості або механізмах державної підтримки. Управління розподіленою генерацією здебільшого аналізується з позиції системного оператора чи регулятора ринку. Натомість внутрішньофірмовий рівень, особливо в умовах агропромислового комплексу, не отримав належної теоретичної концептуалізації. Об'єкт відновлюваної генерації в аграрній сфері і далі трактується або як технічний комплекс, або як інвестиційний проєкт, що зумовлює методологічну редукцію управління до окремих функціональних аспектів» [142].

Інституційно-економічне середовище управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері України становить структурований комплекс правових і регуляторних режимів, що визначають статус генерації, умови її ринкової участі та правила комерційного обліку. Закон України «Про альтернативні джерела енергії» формує базову економіку підтримки у розвитку «зеленої» енергетики, встановлюючи режими «зеленого» тарифу, аукціонної моделі, ринкової премії, гарантій походження та самовиробництва, тим самим задаючи параметри інвестиційної передбачуваності й вибору стратегії

монетизації активу. Натомість Закон України «Про ринок електричної енергії» інтегрує генерацію в організований ринок, визначаючи ролі виробника й активного споживача, принципи балансування та фінансового врегулювання небалансів.

Регуляторна конкретизація цих норм здійснюється актами НКРЕКП, які встановлюють ліцензійні умови, правила ринку та кодекс комерційного обліку. Важливо, що правова конструкція допускає функціонування генерації як у режимі самоспоживання без мети продажу, так і в режимі активного споживача з можливістю реалізації надлишків. Таким чином, інституційна архітектура пропонує аграрним підприємствам декілька траєкторій інтеграції – від внутрішнього енергоменеджменту до повноцінної ринкової участі з відповідальністю за небаланси.

Механізм балансуєчого ринку та кодекс комерційного обліку формують економічну дисципліну функціонування об'єкта генерації, в межах якої прогнозування виробітку та управління ризиком відхилень стають невід'ємною частиною операційного менеджменту. Отже, інституційна підсистема не є зовнішньою щодо управління – вона безпосередньо структурує управлінські рішення через вимоги до обліку, звітності та фінансової відповідальності.

Міжнародний вимір інституційного середовища посилюється після синхронізації енергосистеми України з ENTSO-E у 2022 році [75], що актуалізує гармонізацію технічних і ринкових правил та підвищує значення комплаєнсу з мережевими кодексами. У цьому контексті управління об'єктами ВДЕ в АПК набуває додаткового виміру системної сумісності та відповідності європейським стандартам керованості.

Окремий сегмент інституційного середовища формує регулювання біометану та гарантій його походження, яке в межах запропонованої архітектурної моделі розглядається як специфічний випадок біоенергетичного управління, інтегрованого у загальну систему координації виробничих та ринкових режимів підприємства. Запровадження законодавчих дефініцій гарантії та сертифіката походження біометану, а також функціонування державного реєстру як цифрової системи

обліку [63; 76] інституційно інтегрують аграрну біоенергетику в європейський ринок відновлюваного газу. Це розширює економічну функцію біоенергетичних об'єктів від внутрішнього енергозабезпечення до потенційної зовнішньої торгівлі.

З огляду на викладене, інституційний підсистема управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері охоплює правовий статус генерації, режим її обліку та механізм фінансового врегулювання участі у ринку. Саме в цій площині технічна установка трансформується в повноцінний економічний актив, інтегрований у виробничу та ринкову архітектуру підприємства.

Водночас, слід відзначити, про те, що у дослідженні трансформацій енергетичної системи України ключове значення має категорія «парадигма» як теоретико-методологічна рамка, що задає напрямок інституційних змін, організаційного дизайну та управлінської практики. У традиційній науковій та прикладній думці енергосистема ототожнювалася з централізованою архітектурою, що функціонує за принципом ієрархічної координації, концентрованого генерування та єдиного диспетчерського управління. Однак гібридні ризики, особливо воєнні загрози, висвітлили критичну вразливість країни та такого типу систем: недостатню адаптивність, нездатність до локалізованої відповіді та низький стратегічний аналіз залежності від обмеженого числа вузлів. У цьому контексті постає необхідність концептуального зсуву — переходу до парадигми децентралізації як основи нової енергетичної реальності.

Теоретичною опорою для формування нової парадигми є концепція стійкості (*resilience*), яка дедалі частіше трактується як ключовий критерій ефективності складних інфраструктурних систем. На відміну від традиційного фокусу на ефективності, парадигма *resilience* орієнтує на гнучкість, поліцентризм, розподілене управління ризиками та швидке відновлення після шоків. З цієї позиції децентралізація — це не лише технічна характеристика системи, а й її інституціональна якість.

Авторська модель парадигми децентралізації ґрунтується на трьох взаємопов'язаних рівнях: інфраструктурному, інституційному та управлінсько-організаційному.

1. Інфраструктурний рівень передбачає енергетичний перехід від централізованих генеруючих потужностей до розподіленої генерації — малих ГЕС, ВДЕ (вітрові, сонячні, біомаса), мікромереж та smart grid систем [77]. У разі пошкодження одного з елементів такі системи зберігають працездатність завдяки горизонтальним зв'язкам, локальній автономії та динамічній балансувальній здатності. Системна стійкість забезпечується через множинність точок генерації та інтеграцію накопичувачів енергії (battery energy storage systems, BESS).

2. Інституційний рівень фокусується на заміщенні монополістичної ієрархії поліцентричними структурами. Громади, кооперативи, бізнес-асоціації, муніципалітети виступають як активні актори енергетичної політики [38]. Залучення просюмерів (prosumer) — споживачів, які одночасно генерують і споживають енергію — формує нову динаміку енергетичного ринку та сприяє локальній енергетичній безпеці [39]. Система таким чином втрачає «єдиний центр прийняття рішень», натомість формуючи множинні інституційні ядра, здатні до автономного функціонування.

3. Управлінсько-організаційний рівень передбачає трансформацію принципів управління: від вертикального адміністрування до гнучких механізмів координації, саморегуляції та експериментальної адаптації. Це реалізується через цифрові платформи, реер-to-реер енерготрейдинг, енергетичні спільноти та пілотні регіональні проєкти. Замість командно-диспетчерської логіки в основу кладеться принцип «енергетичного суверенітету громад».

Системна інтеграція цих рівнів створює передумови для побудови нової архітектури енергетичної системи — гнучкої, адаптивної, багаторівневої. Парадигма децентралізації, таким чином, постає як відповідь на виклики воєнного часу, кліматичних збоїв та кліматичних ризиків та глобальної енергетичної нестабільності. Це не лише технічна альтернатива централізованим системам, а

фундаментальна зміна у способі розуміння, організації та управління енергетичними процесами.

У розрізі парадигми децентралізації енергетичних систем, інтеграція об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел у структуру аграрних підприємств сьогодні формує нову конфігурацію економічних відносин у системі енергозабезпечення. На відміну від централізованої моделі енергопостачання, де підприємство виступає виключно споживачем електроенергії, розвиток відновлюваної генерації сприяє трансформації ролі аграрних виробників у напрямі поєднання функцій виробника та споживача енергії. У результаті аграрні підприємства стають активними учасниками енергетичного ринку, що потребує формування нових підходів до організації управління енергетичними ресурсами на рівні підприємства.

Вирішальну роль у впровадженні відновлюваних джерел енергії в аграрному секторі відіграє здатність системи управління підприємства забезпечувати узгодженість між виробництвом енергії, технологічними процесами аграрного виробництва та інституційними умовами функціонування енергетичного ринку. У зв'язку з цим управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері набуває системного характеру і потребує врахування комплексних економічних взаємозв'язків, що виникають у процесі інтеграції енергетичних і виробничих процесів. Зазначені обставини зумовлюють необхідність теоретичного дослідження закономірностей функціонування об'єктів відновлюваної генерації в аграрній сфері.

Сучасна закономірність пов'язана з “подвійним використанням” ресурсів і земельних обмежень, що є важливим для аграрної сфери. Література з агровольтаїки (agrivoltaics) демонструє зміщення фокусу з технологічного компромісу “їжа або енергія” до економіки сумісного використання землі. Науковий огляд Пандей Г. (Pandey G.), Лайден С. (Lyden S.), Франклін Е. (Franklin E.), Міллар Б. (Millar B.), Гаррісон М. Т. (Harrison M. T.) в [78] підкреслює, що агровольтаїки формує одночасно ефекти виробництва електроенергії та зміну

параметрів агровиробництва (мікроклімат, водний режим, ризики стресу рослин), а прибутковість стає функцією конфігурації системи, капітальних витрат і режимів політики. Дослідники Чопдар Р. К. (Chopdar R. K.), Сенгар Н. (Sengar N.), Гірі Н. Ч. (Giri N. Ch.), Голлідей Д. (Halliday D.) [79] також трактують агровольтаїку як інструмент зниження конфлікту землекористування та як канал “внутрішньої” декарбонізації аграрного виробництва. У теоретичному сенсі ці роботи важливі тим, що показують: об’єкт ВДЕ в АПК – це не зовнішній енергетичний модуль, а елемент, що змінює продуктивну функцію аграрної системи через вплив на ресурси та ризики.

Важливе значення у “подвійним використанням” ресурсів має розвиток біоенергетики як специфічної для АПК траєкторії генерації, де енергетичні потоки прямо пов’язані з матеріальними потоками відходів і побічної продукції. Дослідження Бург В. (Burg V.), Боумен Г. (Bowman G.), Ерні М. (Erni M.), Лемм Р. (Lemm R.), Тіс О. (Thees O.) [80] трактує аграрні біогазові установки як “хаб” циркулярної економіки, де ефект формується в системі потоків маси, енергії й поживних речовин. Інші дослідження присвячені анаеробному зброджуванню агровідходів, додатково підкреслює поєднання функцій енергетичної безпеки та управління відходами. При цьому “циркулярна” перспектива біоенергетики отримує теоретичне підкріплення в оглядах, які прямо пов’язують біоенергетику з логікою замкнених циклів. У контексті закономірностей управління це дає окрему лінію: ефективність біоенергетики залежить від керованості сировинної бази, логістики та стабільності процесу, тобто від управління виробничими ланцюгами, а не лише від тарифів чи вартості обладнання.

Після 2022 року різко підсилюється ще один вимір – енергетична стійкість (resilience) локальних систем, що прямо резонує з потребами аграрного виробництва як “критичної” діяльності. Дослідження щодо аграрних мікромереж і багатовекторних енергетичних хабів показують, що економіка локальної генерації включає вартість відмов і перерв, а отже критерій ефективності зміщується від “мінімальної собівартості кВт·год” до “мінімізації сукупних втрат” з урахуванням

надійності та ризику [81-82]. Для України цей контекст підсилюється інституційним розвитком біометанового сегмента: реєстр біометану як інформаційна система та механізм гарантій походження формує новий рівень обліку, прав на продукт і його ринкової мобільності, що розширює межі управління від “локальної енергетики” до “енергетичного товару” з інституційними вимогами.

Функціонування об’єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері відбувається у специфічному економічному середовищі, яке формується на перетині енергетичних, виробничих та інституційних процесів. На відміну від централізованої енергетики, де генерація організована відповідно до режимів функціонування енергосистеми, у межах аграрного виробництва вона інтегрується безпосередньо в технологічні процеси підприємства. За таких умов ефективність використання відновлюваних джерел енергії визначається не лише технічними характеристиками обладнання або рівнем тарифів на електроенергію, але й характером взаємодії між енергетичними потоками, виробничими циклами та економічними умовами функціонування аграрних підприємств.

У цьому контексті, об’єкти генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері доцільно розглядати як складові елементи інтегрованої виробничо-енергетичної системи підприємства. Така система змінює структуру витрат, трансформує конфігурацію ресурсних потоків і впливає на рівень енергетичної автономності господарства. Економічна доцільність використання відновлюваних джерел енергії у сільському господарстві значною мірою зумовлена наявністю локальних енергетичних ресурсів, серед яких особливе значення мають сонячна радіація, біомаса та органічні відходи аграрного виробництва. Водночас сама наявність ресурсної бази не гарантує економічної ефективності генерації, оскільки ключове значення має здатність управлінської системи узгоджувати параметри виробництва енергії з потребами підприємства та умовами функціонування енергетичного ринку.

Загалом управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері підпорядковується певним закономірностям, які визначають характер взаємодії між енергетичними ресурсами, технологічними процесами та економічними стимулами. Виявлення таких закономірностей має принципове значення для формування ефективної системи управління, оскільки вони відображають стійкі причинно-наслідкові зв'язки, що виникають у процесі інтеграції генерації в аграрне виробництво.

Першою фундаментальною закономірністю виступає ресурсна детермінованість функціонування відновлюваної генерації електроенергії. На відміну від традиційної енергетики, де виробництво електроенергії визначається технологічними параметрами електростанції, у випадку відновлюваних джерел енергії обсяги генерації значною мірою залежать від природних факторів, які не можуть бути повністю контрольовані оператором. Це зумовлює необхідність врахування варіативності ресурсного потенціалу та адаптації режимів виробництва енергії до природних умов. У аграрному секторі ця закономірність має особливе значення, оскільки сезонність сільськогосподарського виробництва частково корелює із сезонністю відновлюваних ресурсів. У результаті ефективного управління передбачає синхронізацію енергетичних і виробничих циклів підприємства.

Другою закономірністю є циклічна узгодженість енергетичних і біологічних процесів. Аграрне виробництво функціонує відповідно до біологічно детермінованих циклів, пов'язаних із ростом рослин, утриманням тварин або переробкою органічної сировини. Водночас виробництво енергії з відновлюваних джерел також характеризується циклічністю, зумовленою змінами природних умов. У результаті між цими процесами формується складна система взаємозалежностей, у межах якої управління генерацією повинно враховувати не лише енергетичні, але й агротехнологічні параметри виробництва. Наприклад, використання біогазових установок у тваринництві або агровольтаїчних систем у

рослинництві створює ситуацію, коли енергетичні потоки безпосередньо пов'язані з матеріальними потоками аграрного виробництва.

Третьою закономірністю є локалізація енергетичних потоків. Відновлювана генерація, інтегрована у структуру аграрних підприємств, зазвичай орієнтована на задоволення локального попиту на енергію, що зменшує залежність від централізованих систем енергопостачання. Водночас локальний характер споживання енергоресурсів не виключає участі підприємства у ринку електроенергії через реалізацію надлишкової генерації. Унаслідок цього енергетичні потоки дедалі більше концентруються в межах локальних виробничих систем, створюючи передумови для розвитку децентралізованих моделей енергозабезпечення. Така локалізація змінює структуру витрат підприємства, оскільки частина витрат на придбання енергії трансформується з операційних у інвестиційні. За цих умов управління повинно забезпечувати баланс між потребами власного енергоспоживання та можливостями реалізації надлишкової генерації на ринку.

Четверта закономірність пов'язана з інституційною залежністю економічної ефективності відновлюваної генерації електроенергії. Результативність функціонування таких об'єктів визначається не лише техніко-економічними параметрами технологій, але й інституційним середовищем, яке формує правила доступу до ринку електроенергії, механізми підтримки та умови взаємодії з енергетичною інфраструктурою. Регуляторні режими підтримки та правила функціонування ринку електроенергії можуть істотно впливати на економічне стимулювання інвестицій у відновлювану генерацію. У зв'язку з цим управління такими об'єктами повинно враховувати не лише виробничі параметри, але й регуляторні умови функціонування енергетичного ринку.

П'ята закономірність полягає у формуванні ефекту енергетичної резильєнтності аграрних підприємств. Використання локальних джерел енергії зменшує залежність виробництва від коливань цін на енергоресурси та можливих перебоїв у централізованому енергопостачанні. У результаті об'єкти

відновлюваної генерації виконують не лише функцію виробництва електроенергії, але й функцію стабілізації виробничої системи підприємства. З економічної точки зору це означає, що оцінка ефективності таких об'єктів повинна враховувати не тільки прямі фінансові показники, але й зниження ризиків виробничих втрат.

Шостою закономірністю виступає інтеграційний ефект відновлюваної генерації у виробничій системі аграрного підприємства. На відміну від традиційної моделі енергозабезпечення, де енергія виступає зовнішнім ресурсом виробництва, використання відновлюваних джерел енергії створює умови для внутрішньої інтеграції енергетичних і виробничих процесів. У таких умовах енергетична інфраструктура підприємства поступово трансформується у складову частину виробничої системи, що бере участь у формуванні економічних результатів діяльності господарства. Ефект інтеграції проявляється у зниженні трансакційних витрат енергозабезпечення, підвищенні гнучкості використання ресурсів та формуванні додаткових можливостей оптимізації виробничих процесів. У результаті відновлювана генерація починає виконувати не лише функцію забезпечення енергією, але й функцію підвищення ефективності організації виробництва.

Сукупність зазначених закономірностей формує економічну логіку функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері та визначає об'єктивні умови формування принципів управління такими енергетичними системами.

Для узагальнення виявлених закономірностей функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері та їх управлінських наслідків доцільно представити їх економічну інтерпретацію у структурованому вигляді (табл. 1.2).

Узагальнення отриманих результатів дає підстави стверджувати, що управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері формується під впливом комплексу взаємопов'язаних економічних закономірностей. Їх виникнення зумовлене специфічним поєднанням природно-

ресурсних факторів, технологічних характеристик генерації та інституційних умов функціонування енергетичного ринку.

У теоретичному вимірі виявлені закономірності формують системну основу управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, оскільки визначають об'єктивні обмеження та можливості функціонування енергетичних активів у структурі аграрного виробництва. Їхня дія проявляється через стійкі причинно-наслідкові зв'язки між ресурсною базою, параметрами генерації та економічними результатами діяльності підприємства.

Таблиця 1.2

Економічна інтерпретація закономірностей функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Закономірність	Економічний зміст	Управлінські наслідки
Ресурсна детермінованість генерації	Обсяги виробництва енергії залежать від природних факторів та ресурсного потенціалу	Необхідність адаптивного управління режимами генерації та врахування варіативності ресурсів
Циклічна узгодженість енергетичних і біологічних процесів	Виробництво енергії пов'язане з сезонністю аграрного виробництва	Синхронізація енергетичних та виробничих циклів підприємства
Локалізація енергетичних потоків	Генерація орієнтована на задоволення локальних енергетичних потреб підприємства	Формування децентралізованих моделей енергозабезпечення
Інституційна залежність ефективності генерації	Економічні результати визначаються умовами регуляторного середовища та ринку електроенергії	Урахування регуляторних вимог і механізмів підтримки відновлювальних джерел енергії
Енергетична резильєнтність аграрного виробництва	Використання відновлювальних джерел енергії зменшує ризики енергетичних перебоїв і коливань цін	Підвищення енергетичної автономності підприємства
Інтеграційний ефект генерації	Генерація інтегрується у виробничу систему та впливає на структуру витрат і ресурсні потоки	Оптимізація взаємодії енергетичних і виробничих процесів

Джерело: узагальнено автором на основі результатів дослідження [121; 122; 133; 138]

Закономірності функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері утворюють ієрархічну систему взаємозалежностей. Базовий рівень становить ресурсна детермінованість генерації, яка визначає залежність обсягів виробництва енергії від природних факторів. Наступний рівень формують виробничо-технологічні закономірності, що відображають взаємодію енергетичних і біологічних процесів у межах аграрного виробництва. Вищий рівень цієї системи представлений інституційними закономірностями, які визначають економічні стимули та правила функціонування об'єктів генерації на енергетичному ринку.

1.3. Інституціоналізація управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Енергетична система, що базується на децентралізації, представляє собою нову парадигму, яка відрізняється від традиційної централізованої моделі структурою та принципами функціонування. Централізована модель історично спиралася на обмежену кількість великих електростанцій і розгалужені магістральні мережі передачі. Натомість децентралізована модель передбачає наявність численних локальних джерел енергії різного масштабу (від домогосподарств до промислових мікростанцій), об'єднаних у гнучку мережу. Це перетворення зумовлене появою нових технологій (розвиток відновлюваних джерел, систем збереження енергії, “smart grid”) та потребою підвищити стійкість енергосистеми в умовах зростаючих ризиків [83].

Однією з ключових концепцій нової парадигми є системна стійкість (resilience) – здатність енергосистеми протистояти зовнішнім шокам та швидко відновлюватися після них. Децентралізація підсилює стійкість завдяки розосередженню генеруючих потужностей: у разі аварії чи атаки виходить з ладу лише локальний сегмент, тоді як решта мережі продовжує функціонувати.

Наукові дослідження підтверджують, що енергетичний перехід від кількох великих энергооб'єктів до сотень менших підвищує живучість системи: велика кількість розподілених вузлів ускладнює можливість критичного ураження енергомережі, адже відсутній єдиний “центр”, від якого все залежить [84]. Таким чином, децентралізація зменшує вразливість країни та її енергетичної інфраструктури і створює множинні резервні шляхи постачання електроенергії.

Важливим принципом нової моделі виступає поліцентризм – наявність багатьох центрів вироблення та ухвалення рішень замість єдиного центру. У контексті енергетики поліцентризм означає, що різні суб'єкти (домогосподарства, громади, підприємства, муніципалітети) можуть автономно генерувати та споживати енергію, координуючись через ринкові і технічні механізми. Теорія поліцентричного управління (розроблена, зокрема, Остром Е.) стверджує, що множинність центрів сприяє експериментуванню, адаптивності та навчанні системи на різних рівнях [85]. В енергосекторі це проявляється у підвищенні здатності системи адаптуватися до змін – локальні осередки можуть швидко впроваджувати інновації (наприклад, нові способи зберігання енергії чи керування попитом), не чекаючи централізованих рішень, що підвищує гнучкість усієї мережі.

Децентралізація тісно пов'язана з феноменом просюмеризму (prosumerism). Просюмери – це активні споживачі, які одночасно виступають виробниками енергії [86]. Наприклад, домогосподарство з сонячними панелями на даху споживає частину виробленої електрики, а надлишок віддає в мережу. Якщо в централізованій моделі споживач був пасивним “кінцевим” елементом, то в децентралізованій парадигмі він стає повноцінним учасником ринку електроенергії. Зростання частки розподілених генерацій із відновлюваних джерел зробило можливим появу мільйонів просюмерів. Просюмери сприяють децентралізації тим, що локально генерують енергію, знижують навантаження на мережу, впроваджують енергоефективні практики та енергозберігаючі проєкти. Це, своєю чергою, підвищує адаптивність системи – вона стає здатною реагувати

на зміни попиту і пропозиції в режимі реального часу, оскільки активні споживачі гнучко змінюють свою генерацію або споживання.

Ще один концепт – системна стабільність – у децентралізованій моделі досягається іншим шляхом, ніж у централізованій. У традиційній системі стабільність параметрів (частоти, напруги) забезпечувалася кількома великими станціями та централізованим диспетчерським управлінням. У розподіленій архітектурі для підтримання балансу залучаються смарт-технології: системи управління мікромережами, акумулятори (battery energy storage systems, BESS) для згладжування піків навантаження, та інвертори з функціями автоматичного підтримання частоти. Таким чином, замість жорсткої централізованої координації застосовується принцип саморегуляції багатьох дрібніших компонентів, об'єднаних у єдину “розумну” мережу. Це потребує складніших алгоритмів керування, проте робить систему стійкішою до локальних збоїв: відмова одного вузла майже не впливає на роботу інших, що підвищує загальну надійність.

Узагальнюючи [87-90], децентралізована енергетична парадигма спирається на мережу малих взаємопов'язаних виробників-споживачів, яка має вищу стійкість і гнучкість порівняно з ієрархічною системою кількох великих монополярних станцій. Вона характеризується просюмерською участю, поліцентричним управлінням та адаптивністю до змін, що закладає основу для нової якості енергетичної безпеки, економічної безпеки та ефективності. Таким чином, формування нової парадигми децентралізації енергетики є теоретичним підґрунтям для подальшого аналізу емпіричних трансформацій енергетичної системи України в умовах воєнних ризиків.

Трансформація сучасних енергетичних систем, що відбувається під впливом глобального енергетичного переходу, поступово змінює характер взаємодії між виробничими секторами економіки та енергетичною інфраструктурою. Зростання ролі відновлюваних джерел енергії, розвиток технологій децентралізованої генерації та формування нових моделей організації енергетичних ринків призводять до перегляду традиційних підходів до виробництва та скорочення

споживання енергії. У цих умовах окремі галузі економіки набувають потенціалу не лише споживачів, але й виробників енергетичних ресурсів, що змінює структуру економічних взаємодій у системі енергозабезпечення.

Особливе місце у цьому процесі посідає аграрний сектор, який характеризується значним ресурсним потенціалом для розвитку відновлюваної енергетики. Наявність біомаси, органічних відходів аграрного виробництва, значних земельних площ та сприятливих природно-кліматичних умов створює передумови для використання різних типів відновлюваних джерел енергії, зокрема біоенергетики, сонячної та вітрової енергетики. У результаті об'єкти генерації енергії з відновлюваних джерел дедалі активніше інтегруються у структуру аграрного виробництва і поступово перетворюються на важливий елемент економічної діяльності підприємств.

Разом із тим поширення відновлювальної генерації електроенергії в аграрному секторі супроводжується появою нових управлінських викликів. Функціонування відповідних об'єктів пов'язане не лише з техніко-технологічними параметрами виробництва енергії, але й з необхідністю координації енергетичних потоків, виробничих процесів та ринкових механізмів функціонування електроенергетичної системи. У таких умовах управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері набуває комплексного інституційно-економічного характеру, оскільки ефективність їх функціонування залежить від узгодженості виробничих режимів аграрного підприємства, технологічних характеристик генерації та інституційного середовища енергетичного ринку.

Формування наукового дискурсу щодо розвитку відновлюваної енергетики відбувається на перетині кількох дослідницьких традицій, серед яких особливе місце займають економіка енергетичного переходу, теорія розподіленої генерації та інституційний аналіз енергетичних ринків. У межах кожного з цих напрямів накопичено значний масив теоретичних та емпіричних досліджень, проте їх інтеграція у контексті аграрного сектору залишається недостатньо розробленою.

Сучасний розвиток відновлювальної енергетики у аграрному секторі супроводжується формуванням нових економічних і організаційних моделей взаємодії між виробничими системами сільського господарства та енергетичною інфраструктурою. У таких умовах об'єкти генерації енергії з відновлюваних джерел дедалі частіше інтегруються у структуру аграрних підприємств і набувають ознак економічних активів, функціонування яких залежить не лише від технічних характеристик генеруючих установок, але й від інституційного середовища енергетичного ринку. Це зумовлює необхідність теоретичного обґрунтування механізмів управління відповідними об'єктами та визначення їх місця у системі виробничо-економічних відносин аграрного сектору.

Теоретичне осмислення управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері потребує розгляду цього процесу у ширшому інституційно-економічному контексті функціонування сучасних енергетичних систем. У традиційній моделі енергозабезпечення аграрні підприємства виступають виключно споживачами енергетичних ресурсів, а виробництво електроенергії здійснюється централізованими енергогенеруючими компаніями. Проте розвиток технологій відновлюваної енергетики, зниження вартості генеруючих установок та трансформація ринкової архітектури електроенергетики сприяють формуванню нової моделі енергетичної взаємодії, у межах якої підприємства аграрного сектору дедалі частіше поєднують функції виробника та споживача енергії.

У цьому контексті об'єкти генерації електроенергії з відновлюваних джерел інтегруються у структуру аграрного підприємства не як ізольовані технічні комплекси, а як елементи виробничо-енергетичної системи, функціонування яких залежить від узгодження кількох взаємопов'язаних процесів. З одного боку, генерація енергії має відповідати технологічним параметрам функціонування енергетичної системи, зокрема вимогам стабільності мережі, режимам балансування та правилам комерційного обліку електроенергії. З іншого боку, виробництво енергії повинно бути економічно доцільним з позицій господарської

діяльності підприємства та узгоджуватися з технологічними циклами аграрного виробництва.

Таке поєднання виробничих та енергетичних процесів формує специфічну конфігурацію управління, у якій об'єкти генерації виступають не лише інфраструктурними елементами енергетичного забезпечення, але й економічними активами підприємства. Відповідно управління такими об'єктами слід розглядати як інституційно впорядкований процес координації технологічних, економічних та регуляторних параметрів функціонування енергетичної системи підприємства.

З позицій інституційної економіки цей процес можна інтерпретувати як формування системи правил, норм та організаційних механізмів, які визначають структуру взаємодії між економічними агентами у сфері виробництва та використання енергії. Інституціоналізація управління відновлюваною генерацією означає закріплення певних моделей економічної поведінки, які забезпечують передбачуваність функціонування енергетичних активів та знижують транзакційні витрати взаємодії з енергетичним ринком.

У межах аграрного сектору цей процес має особливу специфіку, оскільки функціонування відновлюваної генерації тісно пов'язане з природно-ресурсною базою сільського господарства. Наявність біомаси, органічних відходів, значних земельних площ та високої інсоляції формує передумови для розвитку різних типів відновлюваної генерації, зокрема біоенергетики, сонячної та вітрової енергетики. Водночас ефективність їх використання залежить від здатності системи управління підприємства інтегрувати енергетичні процеси у структуру виробничих циклів.

Таким чином, інституціоналізація управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері полягає у формуванні системи економічних та організаційних механізмів, що забезпечують узгодження виробництва енергії з виробничою діяльністю підприємства та інституційним середовищем енергетичного ринку.

Ефективність інтеграції відновлюваної генерації електроенергії у виробничі системи аграрних підприємств визначається ресурсною детермінованістю енергетичних потоків, циклічною узгодженістю енергетичних і біологічних процесів та інституційною залежністю економічних результатів. Узагальнення результатів проведеного теоретичного аналізу у п. 1.1 та 1.2 дає підстави сформулювати концептуальну модель інституціоналізації управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері. У межах запропонованої моделі функціонування відновлюваної генерації визначається взаємодією трьох взаємопов'язаних підсистем: виробничої, енергетичної та інституційно-ринкової (рис. 1.2).

Виробнича підсистема охоплює технологічні процеси аграрного підприємства, у межах яких формується попит на енергетичні ресурси. Особливість цієї підсистеми полягає у значній нерівномірності енергоспоживання, що зумовлена сезонністю аграрного виробництва, біологічною детермінованістю технологічних циклів та залежністю від природних умов. Саме тому управління енергетичними потоками у аграрному секторі повинно враховувати часову структуру енергоспоживання та забезпечувати адаптивність до змін виробничих режимів.

Енергетична підсистема охоплює безпосередньо процес виробництва енергії на основі відновлюваних джерел та включає технічні параметри функціонування генеруючих установок. До його ключових характеристик належать тип використовуваного енергетичного ресурсу, потужність генеруючої установки, рівень керованості генерації та можливості інтеграції з енергетичною мережею. Важливою особливістю відновлюваної генерації є варіативність виробництва енергії, що зумовлює необхідність використання систем прогнозування та балансування енергетичних потоків.

Інституційно-ринкова підсистема визначає правила функціонування енергетичного ринку, які формують економічні стимули для розвитку відновлюваної генерації. До його елементів належать регуляторні механізми

підтримки відновлюваної енергетики, правила приєднання генеруючих установок до електричних мереж, системи комерційного обліку електроенергії та механізми ринкового ціноутворення.



Рис. 1.1. Концептуальна модель інституціоналізації управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері

Джерело: розроблено автором

Взаємодія зазначених підсистем формує цілісну систему управління об'єктами відновлюваної генерації, у якій ефективність функціонування енергетичних активів визначається ступенем узгодженості виробничих, технічних та інституційних параметрів. У межах запропонованого підходу інституціоналізація розглядається як процес поступового формування стабільної системи економічних правил, організаційних структур та управлінських практик, які забезпечують інтеграцію енергогенеруючих об'єктів у виробничо-економічну систему аграрного підприємства.

Запропонована модель відображає взаємодію трьох підсистем – виробничої, енергетичної та інституційно-ринкової, які визначають умови інтеграції відновлюваної генерації у виробничо-економічну систему аграрного підприємства. Її структура демонструє механізм узгодження технологічних параметрів генерації, виробничих циклів аграрного виробництва та інституційних правил функціонування енергетичного ринку.

В основі цієї моделі лежить припущення, що відновлювана генерація в аграрному секторі не функціонує як автономний енергетичний сегмент, а формується в результаті взаємодії кількох системних компонентів. До таких компонентів належать ресурсний потенціал відновлюваних джерел енергії, технологічна інфраструктура виробництва енергії, виробнича структура аграрного підприємства та інституційне середовище енергетичного ринку.

Ресурсний компонент визначає природно-економічні передумови розвитку відновлюваної генерації. У аграрній сфері цей компонент представлений насамперед біоенергетичними ресурсами, сонячною радіацією та іншими природними джерелами енергії, доступність яких безпосередньо пов'язана з особливостями територіальної організації сільського господарства.

Технологічний компонент включає енергогенеруючі установки, системи накопичення енергії та інфраструктуру приєднання до електричних мереж. Саме цей елемент визначає технічні параметри функціонування відновлюваної

генерації, зокрема потужність, стабільність виробництва енергії та рівень керованості генерації.

Виробничий компонент відображає структуру аграрного підприємства та характер його виробничих процесів. Енергетичні потреби аграрного виробництва мають нерівномірний характер і значною мірою залежать від сезонних коливань, що зумовлює необхідність адаптивного управління енергетичними потоками.

Інституційний компонент охоплює систему регуляторних правил, економічних стимулів та організаційних форм, які визначають умови функціонування відновлюваної генерації. Саме інституційне середовище формує рамки економічної доцільності інвестицій у відповідні енергетичні проекти та визначає моделі взаємодії між аграрними підприємствами та енергетичним ринком.

У межах запропонованої моделі інституціоналізація управління відновлюваною генерацією відбувається через поступове узгодження зазначених компонентів. На початковому етапі формуються технологічні та економічні передумови використання відновлюваних джерел енергії. Надалі відбувається інтеграція енергогенеруючих об'єктів у структуру виробничих процесів підприємства. Завершальним етапом стає формування стабільної системи управління, у межах якої виробництво енергії перетворюється на органічний елемент економічної діяльності аграрного підприємства.

Інтеграція об'єктів відновлюваної генерації у структуру аграрних підприємств має комплексний економічний ефект, який проявляється у кількох взаємопов'язаних напрямках. Передусім розвиток власної генерації енергії дозволяє знизити залежність підприємств від коливань цін на традиційні енергоресурси та підвищити стабільність енергопостачання виробничих процесів.

Важливим економічним наслідком є також диверсифікація джерел доходу аграрних підприємств. У разі виробництва електроенергії понад обсяг власного споживання підприємство може реалізовувати надлишкову електроенергію на

ринку, що формує додаткові фінансові надходження та підвищує інвестиційну привабливість відповідних проєктів.

Крім того, використання біоенергетичних технологій сприяє підвищенню ресурсної ефективності аграрного виробництва, оскільки органічні відходи тваринництва та рослинництва можуть використовуватися як сировина для виробництва енергії. Це дозволяє одночасно вирішувати завдання енергетичного забезпечення та управління відходами виробництва.

У більш широкому економічному контексті розвиток відновлюваної генерації у аграрному секторі сприяє формуванню нових моделей економічного розвитку сільських територій. Локалізація енергетичних потоків та розвиток децентралізованих енергетичних систем створюють передумови для підвищення енергетичної автономності громад та стимулювання інвестиційної активності у сільській місцевості.

Функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел у аграрному секторі відбувається в межах складної системи економічних взаємодій, яка формується під впливом технологічних, ресурсних та регуляторних факторів. У таких умовах ефективність управління відповідними об'єктами визначається не лише технічними характеристиками енергогенеруючих установок або економічними параметрами інвестиційних проєктів, а й інституційною структурою, що регламентує взаємодію між виробниками енергії, споживачами та суб'єктами енергетичного ринку.

У традиційній централізованій моделі енергопостачання інституційна архітектура управління є відносно простою, оскільки виробництво, передача та розподіл електроенергії здійснюються вертикально інтегрованими структурами. Проте розвиток децентралізованої генерації призводить до формування нової конфігурації інституційних взаємодій, у межах якої виробництво енергії дедалі частіше локалізується на рівні окремих підприємств або територіальних громад.

У цьому контексті аграрні підприємства поступово трансформуються з пасивних споживачів енергетичних ресурсів у активних учасників енергетичного

ринку. Наявність значного потенціалу відновлюваних ресурсів – зокрема сонячної енергії, біомаси та органічних відходів аграрного виробництва – створює передумови для формування локальних систем генерації енергії. Відтак управління такими об'єктами потребує узгодження інтересів кількох груп економічних агентів: аграрних підприємств, операторів енергетичних мереж, державних регуляторів та інвесторів.

З урахуванням зазначених обставин інституційну архітектуру управління відновлюваною генерацією в аграрній сфері доцільно розглядати як багаторівневу систему, що включає макро-, мезо- та мікроекономічні рівні регулювання.

На макрорівні формуються базові правила функціонування енергетичного ринку, які визначають загальні умови розвитку відновлюваної енергетики. До ключових інституцій цього рівня належать державні органи регулювання енергетичного сектору, законодавчі механізми підтримки відновлюваних джерел енергії, а також системи тарифного та ринкового регулювання. Саме на цьому рівні закладаються економічні стимули для інвестицій у відновлювану генерацію та визначаються правила взаємодії між виробниками електроенергії та операторами енергетичної інфраструктури.

Мезорівень інституційної архітектури представлений регіональними та територіальними формами організації енергетичних систем. У межах цього рівня відбувається координація між локальними виробниками енергії, енергетичними мережами та інституціями розвитку територій. Особливе значення тут мають енергетичні кооперативи, регіональні енергетичні кластери та інші форми колективної організації енергетичної діяльності, які сприяють концентрації інвестиційних ресурсів і підвищенню ефективності використання відновлюваних джерел енергії.

На мікрорівні інституційна структура управління формується безпосередньо в межах аграрного підприємства. Саме тут відбувається інтеграція енергетичних процесів у систему виробничого менеджменту. Управлінські рішення щодо функціонування об'єктів відновлюваної генерації пов'язані з

оптимізацією енергетичних потоків, узгодженням режимів генерації з виробничими циклами та забезпеченням економічної ефективності використання енергетичних ресурсів.

Таким чином, концептуальна модель інституціоналізації управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері являє собою систему взаємодії різнорівневих інститутів, які визначають правила організації енергетичних процесів та формують умови функціонування енергетичних активів у структурі аграрних підприємств. На відміну від традиційних підходів, які розглядають такі об'єкти переважно як технічні комплекси або інвестиційні проекти, запропонований підхід інтерпретує їх як елементи виробничо-енергетичної системи підприємства. Такий підхід дозволяє поєднати технологічний, економічний та інституційний виміри функціонування відновлюваної генерації та розглядати управління відповідними об'єктами як процес координації різнорівневих економічних взаємодій. У результаті інституціоналізації управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері виступає важливим механізмом формування нової моделі енергетичного забезпечення сільського господарства, яка поєднує виробництво енергії, управління ресурсними потоками та участь у функціонуванні енергетичного ринку.

Висновки до Розділу 1

У результаті проведення дослідження теоретичних основ управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері сформульовано такі висновки:

1. Сутність управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері визначається як цілеспрямований, інституційно врегульований і даними керований процес координації виробничої, енергетичної

та обліково-ринкової підсистем аграрного підприємства, спрямований на забезпечення енергетичної стійкості, економічної раціональності та системної сумісності генерації з мережевою інфраструктурою в межах визначених законом режимів. У цьому визначенні принциповими є три концептуальні акценти такі як: виробничий, енергетичний, інституційно-ринковий.

2. Специфіка аграрної сфери полягає в тому, що енергетичні потоки структурно поєднані з матеріальними потоками біомаси та органічних відходів, що зумовлює особливий характер управління. Якщо для сонячної та вітрової генерації ключовим викликом є мінливість первинного ресурсу та необхідність балансування, то біоенергетичні установки переводять управлінську проблему у площину координації ланцюга «сировина – переробка – енергія – побічний продукт». Таким чином, управління генерацією інтегрується з управлінням аграрним виробництвом і логістикою сировини, формуючи замкнену виробничо-енергетичну систему, що відповідає логіці циркулярної економіки в агропродовольчих системах.

3. Серед ключових принципів управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері є: принцип правової та регуляторної визначеності, принцип вимірюваності, принцип системної інтеграції, принцип адаптивності управління, принцип процесної стабільності біоенергетичних об'єктів, принцип енергетичної автономності підприємства. Принципи управління мають розглядатися не як декларативні настанови, а як похідні від нормативного середовища та технологічної специфіки генерації.

4. Архітектура управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері передбачає формування системи триконтурної координації, у межах якої виробнича підсистема визначає профіль попиту на енергію, енергетична – забезпечує її генерацію та технічну керованість, а інституційно-ринкова – визначає допустимі режими участі у ринку, обліку та розрахунків. Взаємодія цих підсистем є плацдармом для інтегрованої архітектури

управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері,

5. У розрізі парадигми децентралізації *енергетичних систем*, інтеграція об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел у структуру аграрних підприємств сьогодні формує нову конфігурацію економічних відносин у системі енергозабезпечення. На відміну від централізованої моделі енергопостачання, де підприємство виступає виключно споживачем електроенергії, розвиток відновлюваної генерації сприяє трансформації ролі аграрних виробників у напрямі поєднання функцій виробника та споживача енергії. У результаті аграрні підприємства стають активними учасниками енергетичного ринку, що потребує формування нових підходів до організації управління енергетичними ресурсами на рівні підприємства.

6. Вирішальну роль у впровадженні відновлюваних джерел енергії в аграрному секторі відіграє здатність системи управління підприємства забезпечувати узгодженість між виробництвом енергії, технологічними процесами аграрного виробництва та інституційними умовами функціонування енергетичного ринку. У зв'язку з цим управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері набуває системного характеру і потребує врахування комплексних економічних взаємозв'язків, що виникають у процесі інтеграції енергетичних і виробничих процесів.

7. На основі системного аналізу визначено ключові закономірності функціонування відновлюваної генерації, серед яких ресурсна детермінованість функціонування відновлюваної генерації електроенергії; циклічна узгодженість енергетичних і біологічних процесів; локалізація енергетичних потоків; інституційна залежність економічної ефективності відновлюваної генерації електроенергії; формування ефекту енергетичної резильєнтності аграрних підприємств; інтеграційний ефект відновлюваної генерації у виробничій системі аграрного підприємства.

8. Функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері відбувається у специфічному економічному середовищі, яке формується на перетині енергетичних, виробничих та інституційних процесів. На відміну від централізованої енергетики, де генерація організована відповідно до режимів функціонування енергосистеми, у межах аграрного виробництва вона інтегрується безпосередньо в технологічні процеси підприємства. За таких умов ефективність використання відновлюваних джерел енергії визначається не лише технічними характеристиками обладнання або рівнем тарифів на електроенергію, але й характером взаємодії між енергетичними потоками, виробничими циклами та економічними умовами функціонування аграрних підприємств.

9. Інституціоналізація управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері полягає у формуванні системи економічних та організаційних механізмів, що забезпечують узгодження виробництва енергії з виробничою діяльністю підприємства та інституційним середовищем енергетичного ринку. Ефективність інтеграції відновлюваної генерації електроенергії у виробничі системи аграрних підприємств визначається ресурсною детермінованістю енергетичних потоків, циклічною узгодженістю енергетичних і біологічних процесів та інституційною залежністю економічних результатів. Це стало плацдармом для формування концептуальної моделі інституціоналізації управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері. У межах запропонованої моделі функціонування відновлюваної генерації визначається взаємодією трьох взаємопов'язаних підсистем: виробничої, енергетичної та інституційно-ринкової. Взаємодія зазначених підсистем формує цілісну систему управління об'єктами відновлюваної генерації, у якій ефективність функціонування енергетичних активів визначається ступенем узгодженості виробничих, технічних та інституційних параметрів.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [135-137; 139; 141-143].

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ

2.1. Детермінанти функціонування системи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в агросекторі України

На сьогодні аграрний сектор України входить у фазу енергетичної трансформації, в рамках якої виробництво продовольства, управління біоресурсами, логістична стійкість та власна енергонезалежність поступово об'єднуються у складну управлінську систему. Відтак, проблема відновлювальної енергогенерації не може розглядатися лише як певний додатковий елемент у виробничому процесі, адже набуває стратегічної значимості для цілісності системи менеджменту агропідприємства. Відновлювальна енергетика на сьогодні особливо впливає на собівартість, безперервність виробничих процесів, доступність до світових ринків, відповідність вимогам сталого розвитку та енергетичну безпеку агросектору загалом.

Саме тому, логіка даного дослідження потребує визначення детермінант функціонування системи управління відновлюваними джерелами енергії, під якими розуміємо стійкі чинники, що визначають здатність суб'єкта господарювання в агросекторі ініціювати, фінансувати, експлуатувати, масштабувати та інтегрувати об'єкти відновлюваної генерації у господарську архітектуру підприємства.

Методологічно детермінанти ми поділяємо на екзогенні та ендогенні. Так, до екзогенних або зовнішніх належать регулювання, ціни на енергоносії, умови доступу до мереж, попит на біометан та безпекові ризики. Водночас, до ендогенних або внутрішніх детермінант слід віднести ресурсні потоки, виробничі структури, рівень інтеграції відновлюваних джерел у енергосистему

підприємства, цифровізація процесів контролю, компетентність персоналу, стан капіталу суб'єкта господарювання, стратегічний аналіз та корпоративні стратегічні підходи до сталого розвитку.

Перш за все, інституційні детермінанти є базовими передумовами для трансформації агросировини у керований енергетичний актив, адже без нормативного забезпечення, встановлених правил доступу до джерел, системи гарантій походження, сертифікації сталості та взаємоузгодженості з міжнародними положеннями у сфері відновлюваної енергетики навіть доволі ефективний проєкт не може повною мірою реалізувати свій економічний потенціал.

Для сучасних агропідприємств інституційні детермінанти трансформуються у конкретні управлінські завдання, адже виникає необхідність оцінки придатності субстратів, стабільності їх постачання, можливостей підключення до газових мереж, сертифікації, аудиту викидів, контролю походження та наявності потенційних споживачів. Без цих елементів управлінського процесу біометанова установка залишається лише технологічним проєктом, а не повноцінним ринковим активом.

Попередньо можемо відзначити, що держава у своїй політиці «зеленої» енергетики та зеленого переходу фактично переводить агровідходи з категорії екологічного навантаження у категорію стратегічного енергетичного ресурсу, що в управлінській концепції означає появу нового типу активу. Водночас доволі висока частка сировини біологічного походження створює необхідність поєднання енергопланування та аграрного планування, оскільки вилучення решток рослинництва та тваринництва, що водночас, елементом органічного добрива, не повинно порушити рівень родючості ґрунтів та кормову базу для тварин.

З огляду на це, постає проблема у досконалій оцінці ресурсно-сировинної детермінанти з вирішенням ключового завдання, а саме, чи зможе аграрне підприємство забезпечити енергогенеруючий об'єкт стабільним потоком

органічної сировини впродовж року. На відміну від сонячної або вітрової генерації де ресурс визначається природними умовами, біоенергетика залежатиме від структури виробництва, сезонності, технологічної переробки та логістики субстратів.

Дослідники зазначають, що «виробництво біогазу як відновлюваного джерела енергії та дигестату як органічного добрива є вкрай важливим для забезпечення циркулярності економіки сільського господарства» [80]. Для українського агросектору такий принцип «циркулярності» є вкрай важливим оскільки виникає необхідність управлінській системі поєднати енергетику, управління відходами, родючість ґрунтів та кліматичні збої.

Ресурсна детермінанта зберігає за собою не лише кількісну складову, тобто необхідні тони сировини, але і якісну складову. Для біогазу важливими є певний рівень вологості, вміст органічної речовини, співвідношення вуглецю та азоту, регулярність постачання, здатність до зберігання та наявність домішок. Так, для лущиння соняшнику критичними є обсяги переробки насіння, вихід лущиння, його калорійність, а також способи використання. У той час, як для жому значимим є сезонність цукроваріння, вологість та технологічна можливість стабільного зброджування.

Вітчизняні агрохолдинги демонструють переваги великої ресурсної бази. Так, агрохолдинг МНР при наявності доволі великих обсягів посліду птиці, органічних залишок, лущиння соняшнику та інших субстратів у 2024 році мала 18 МВт біогазових потужностей, 13,6 МВт сонячної генерації та 6 МВт годин систем накопичення, а це означає енергетичний перехід від одиничних об'єктів до портфельної енергетичної архітектури [91] (табл. 2.1).

Ресурсний потенціал компанії Kernel демонструє інший тип управлінської архітектури, що значно пов'язаний із переробкою олійних культур, адже компанія використовує лущиння соняшнику як біомасу для когенераційних установок. У 2025 році агрохолдинг володіє шістьма когенераційними установками загальною потужністю 84,4 МВт, що забезпечило заміщення електроенергії обсягом 380 ГВт

год. Проте основним обмеженням залишається зниження урожайності соняшнику та зменшення фактичного виходу лушпиння як сировини для відновлюваних джерел енергії [93, с. 17].

Таблиця 2.1

Ресурсно-сировинна база для відновлюваної енергетики українських агропідприємств

Підприємство	Основний ресурс для відновлюваної енергетики	Дані звітності підприємств	Управлінський акцент
МНР	Послід птиці, органічні залишки, агробіомаса, потенційна сировина для біометану	18 МВт біогазових потужностей у 2024 році, планові біогазові й біометанові проекти Канів і Вінниця, сонячна енергетика 13,4 МВт	Ресурсна база інтегрована у птахівництво та переробку
Kernel	Лушпиння соняшнику та інша агробіомаса	шість когенераційних об'єктів потужністю 84,4 MW та 380 ГВт год. акумуляції у 2025 році, пошук альтернативної біомаси через нестачу лушпиння	Висока залежність генерації від урожаю соняшнику та переробки олійних
Astarta	Жом цукрових буряків, біогаз, біомаса, побічні продукти цукрового виробництва	145 тис. т жому у 2023 році та 114 тис. т у 2024 році використано для біогазу	Циркулярна модель, що поєднує цукровий сегмент і переробку сої
Vitagro	Гній, курячий послід, залишки кукурудзяного силосу, харчові відходи	Загальний обсяг використання сировини 95 тис. тон в рік	Стабільність сировинної бази, гнучкість сировинної бази, альтернативність джерел

Джерело: сформовано за [91-101; 104-105]

Агрохолдинг Astarta вибудовує ресурсну управлінську архітектуру на основі цукрового виробництва. Так, у 2023 році 145 тис. т або 9% пресованого жому було використано для виробництва біогазу, а у 2024 році відповідний показник становив 114 тис. т або 7%.

Біогаз для агрохолдингу відіграє важливу роль у переробці сої, де у 2023 році 75% газоспоживання забезпечувалися внутрішнім біогазом, а у 2024 році біогаз замінив 71% потреб [97-98].

Визначальним елементом ресурсної детермінанти для агрохолдингу Vitagro є наявність власної органічної сировинної бази, оскільки для біометанової генерації критично важливо не лише факт наявності відходів, а й їх регулярність, контрольованість і логістична доступність. У агрохолдингу така база формується через поєднання свинарства, молочного тваринництва, птахівництва, рослинництва та переробки продукції. На сьогодні сировинна база включає 40 тис. т. свинячого гною, 16 тис. т гною великої рогатої худоби, до 15 тис. т. курячого посліду, від 1,8 до 10 тис. т. сепарованого свинячого гною, від 5 до 10 тис. т харчових відходів та до 3 тис. т. кукурудзяного силосу [101]. Відтак, така сировинна база засвідчує інтегрованість відновлюваних джерел енергетики у загальну виробничу структуру підприємства і фактично засвідчує їх роль як утилізатора у виробничих ланцюжках агрохолдингу.

На етапі безпосереднього виробництва енергії важливо відзначити технологічну детермінанту, що чітко характеризує архітектуру моделі генерації енергії і напрямки її інтеграції у виробничий процес та міру управління енергобалансом агрохолдингу.

У сфері відновлювальної енергетики підприємств вітчизняного агросектору поєднуються функціональні можливості біогазових установок, біометанових об'єктів генерації, когенераційне обладнання на біомасі, сонячні електростанції, системи накопичення енергії, резервні генератори. Доволі перспективним, на наш погляд, є також вітрова генерація.

Зарубіжні дослідження у сфері екологічної енергетики відображають значну стратегічну перевагу для систем енергоменеджменту що функціонує на принципах агровольтаїки як окремого технологічного напрямку де виробництво електроенергії поєднується із ефективним використанням земельних ресурсів. Як зазначають дослідники: «агровольтаїчні системи поєднують сонячну енергію та сільськогосподарську діяльність на одному полі» [102], і що важливо, «агровольтаїчні системи не лише генерують енергію, а й дають змогу підтримувати або навіть збільшувати врожаї під фотоелектричними установками»

[103]. Такий підхід здатен розширити стратегічні межі енергетичного менеджменту агропідприємства через врахування таких елементів сонячної генерації як мікроклімат, вологозбереження, затінення і, як результат, соціальне сприйняття проєкту.

На сьогодні, найбільш диверсифікованою є структура енергогенерації компанії МНР. У 2024 році відновлювальні джерела включали біогаз, сонячну генерацію, накопичення енергії, біометан, зріджений біометан (Bio-LNG), а на 2025 ще й вітрову енергетику. Така структура енергосистеми агрохолдингу дає перевагу для менеджменту через можливості у поєднанні відносно стабільної генерації біогазу, денного профілю сонячної енергії, резервування за допомогою акумуляторних батарей та виходу на газовий ринок через біометан.

В свою чергу, агрохолдинг Kernel володіє менш диверсифікованою, але більш потужною структурою системи відновлюваної енергетики, зосередженою навколо когенерації біомаси. Значною перевагою тут є доволі висока інтеграція з переробкою олійних культур та можливостями працювати під час екстремних відключень. Проте, серед недоліків можна виділити високий рівень залежності від сировинного профілю, оскільки при зниженні врожайності соняшнику зменшується сировина для когенерації, а саме лущиння. Тому пошук альтернативної біомаси на сьогодні стає стратегічним пріоритетом для підприємства.

Агрохолдинг Astarta перетворює біогаз з ресурсу заміщення природного газу на основу для власної електрогенерації. У 2024-2025 роках введено додатково 2 МВт когенерації з метою зміщення стратегічних пріоритетів від теплової енергетики до електроенергетики, що вкрай важливо з огляду на забезпеченні ефективності процесу переробки сільськогосподарської продукції, де біогаз заміщує значну частину газопостачання (табл. 2.2).

В свою чергу, компанія Vitagro здійснила енергетичний перехід від простої генерації електричної та теплової енергії з біогазу до виробництва біометану європейської якості. Менеджментом агропідприємства окреслено стратегічну

мету виходу на ринки ЄС щодо експорту біометану. Підприємство має потужності на вхідний потік біогазу обсягами 750 Нм³/год. із вмістом метану у 55% з використанням спеціальної трьохступеневої мембранну систему Evonik Seruran Green, що дозволяє забезпечити вихідну потужність у 412,5 м³ біометану на годину, а це близько 3 млн м³ біометану на рік.

Таблиця 2.2

Технологічна конфігурація відновлювальної енергетики
агropідприємств України

Підприємство	Технології відновлювальної енергетики	Кількісні параметри	Переваги	Обмеження
МНР	Біогаз, сонячна енергія, батареї, біометан, зріджений біометан, вітрова енергетика	18 МВт біогазу, 13,6 МВт сонячної енергії, 6 МВт год. батареї, понад 10 ГВт год. сонячної енергії для власних потреб	Технологічна диверсифікація	Складність координації кількох технологій
Kernel	Теплоелектростанції на лушпинні соняшнику та іншій біомасі	6 ТЕЦ, 84,4 МВт, 380 ГВт	Висока інтеграція з переробкою	Залежність від урожаю соняшнику
Astarta	Біогаз, біомаса, запланована когенерація	Більше 70% газоспоживання у переробці сої забезпечено біогазом	Циркулярність цукрового й соєвого виробничих сегментів	сезонність жому та потреба у масштабуванні електрогенерації
Vitagro	Біогаз, сонячна енергія, батареї, біометан, зріджений біометан	4 СЕС, 15,6 МВт, 3 млн м ³ біометану на рік, 35 000 м ³ біоетанолу на рік 3 млн м ³ біометану на рік	2 300 МВт·год заміщення електроенергії на рік Експортноорієнтоване виробництво біометану	Складність координації кількох технологій, необхідність додаткових фінансових ресурсів

Джерело: сформовано за [91-100]

Слід зазначити, що організаційна структура управлінської системи компанії у сфері біоенергетики передбачає поєднання електрокогенераційного та біометанового сегментів генерації. А це стало передумовою того, що у 2025 році

Vitagro отримала пільговий кредит у 16 млн. грн. від Фонду декорбонізації України для встановлення когенераційного модуля на біогазі. Проєкт передбачає щорічне зміщення 2300 МВт електроенергії з мережі та значне скорочення викидів CO₂ на 974 т. Згенерована енергія використовуватиметься для технологічних потреб, а саме, для підтримки температури у ферментаторах [104].

Масштабні проєкти відновлюваної енергетики у агропромисловому комплексі України в часі війни потребують пошуку додаткових фінансових ресурсів, а тому важливо акцентувати увагу на фінансових та інвестиційних чинниках, що є безпосередньою передумовою та драйвером розвитку відновлюваної енергетики. Ці чинники визначають чи в змозі агропідприємство перейти від декларативної енергетичної трансформації до реальної реалізації проєкту, його експлуатації та модернізації енергетичних активів. Біогазові комплекси, біометанові заводи, когенераційні установки, сонячні станції на сьогодні є капіталовмісними проєктами, що потребують не лише початкових інвестицій, а й довгострокового технічного сервісу, страхування, моніторингу та підтримки відповідності ESG-вимогам.

Для великих українських агрохолдингів важливим джерелом надходження коштів залишається доступ до міжнародного фінансування. Так, для агропідприємств фінансова спроможність підтверджується рівнем показника EBITDA, капітальних інвестицій і доступом до фінансування з міжнародних джерел (рис.2.1). Показник EBITDA агрохолдингів МНР, Kernel та Astarta за 2020-2025 роки сформовано за даними фінансової звітності (Додатки А-Б).

Перше міжнародне фінансування компанія МНР отримала ще у 2017 році від ЄБРР для реалізації проєкту з виробництва біогазу.

За останні роки 2024-2025 рр. відношення показника заборгованості підприємства до рівня показника EBITDA зберігається на рівні коефіцієнту 2,30, що з точки зору інвестиційної спроможності є прийнятним, однак ставить додаткові вимоги перед менеджментом підприємства щодо боргової політики

(табл. 2.3).

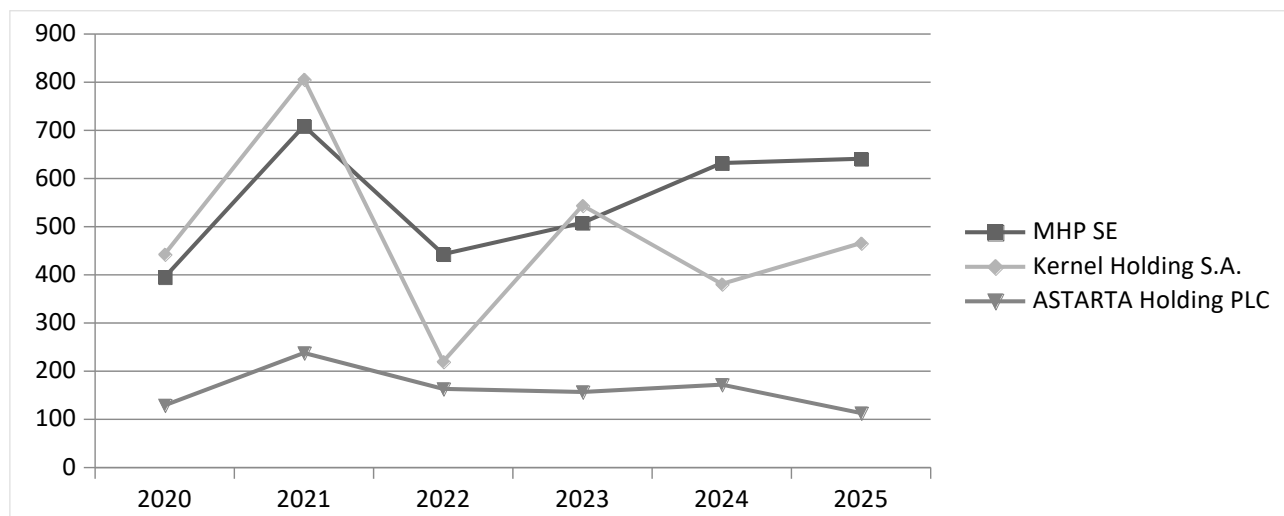


Рис. 2.1. Показник ЕВІТДА агрохолдингів МНР, Kernel та Astarta за 2020-2025 роки, млн.дол.США

Джерело: сформовано за даними фінансової звітності підприємств

Таблиця 2.3

Фінансові передумови управління ВДЕ-об'єктами у 2024-2025 роках

Підприємство	Виручка	ЕВІТДА	Борг	Борг/ЕВІТДА
МНР	1635 млн дол. США	236 млн дол. США	1243 млн дол. США	2,30
Kernel	4115 млн дол. США	466 млн дол. США	143 млн дол. США	0,32
Astarta	472 млн євро	100 млн євро	226 млн євро	2,26

Джерело: сформовано за даними фінансової звітності підприємств

Для агрохолдингу «Kernel» фінансові передумови для розвитку відновлювальної енергетики є доволі сприятливими, адже компанія збільшила виручку з 3581 млн.дол США у 2024 році до 4115 млн. дол США у 2025 році, а показник ЕВІТДА зріс з 381 млн. дол США до 466 млн.дол США на тлі зменшення рівня заборгованості з 281 млн.дол США до 143 млн.дол. США. Відповідно відношення боргу до ЕВІТДА на 2025 рік склало 0,32.

Згідно фінансової звітності Astarta у 2024 році виручка компанії становила 612 млн. євро, в той час як показник ЕВІТДА 159 млн євро. У 2025 році ці показники знизилися більше як на 20% і становили відповідно 472 млн. євро та

100 млн. євро. Така динаміка не скасовує потенціал відновлювальної енергетики підприємства, однак значно підвищує вимоги до відбору проєктів та ставить у пріоритет швидку окупність проєктів та робить тіснішим взаємозв'язок інвестицій із виробничою ефективністю.

Особливістю фінансової детермінанти компанії Vitagro має подвійний прояв, адже з одного боку Vitagro Group є великим агрохолдингом з виручкою у понад 230 млн.дол США, що створює значний потенціал для реалізації капіталомістких проєктів у відновлювальній енергетиці, однак з іншого боку енергетичний напрям діяльності компанії перебуває на стадії активного інвестування, що може супроводжуватися тимчасовою збитковістю (рис. 2.2).

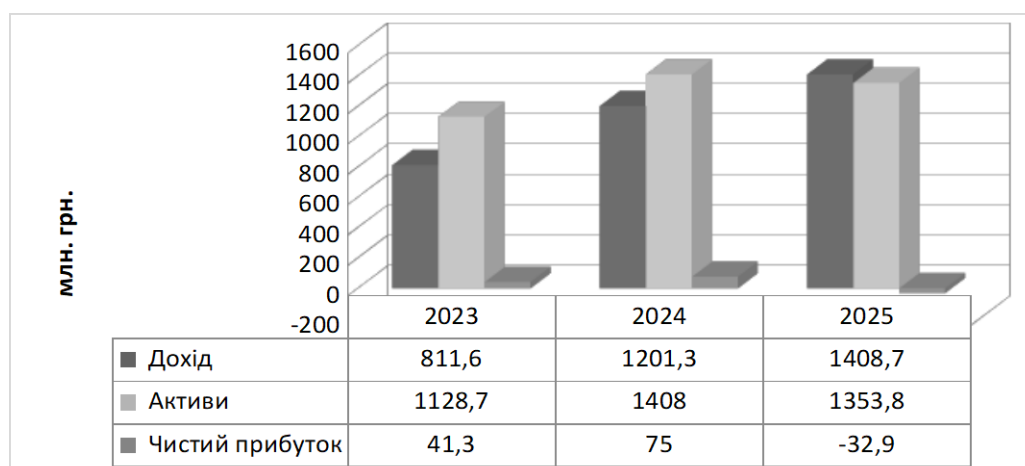


Рис. 2.2. Фінансові передумови управління ВДЕ-об'єктами у 2023-2025 роках компанії Vitagro

Джерело: сформовано за даними фінансової звітності

Звітність ТОВ «ВІТАГРО ЕНЕРДЖІ» виручка у 2025 році становила 319,4 млн. грн., однак чистий прибуток був від'ємним і становив -59,5 млн. грн., в той час як активи компанії перебували на рівні 933,5 млн.грн [99]. На нашу думку, наявність збитку компанії не варто трактувати лише як негативний сигнал, оскільки для проєктів у сфері біоенергетики характерною є висока початкова капіталомісткість, потреба у сертифікації, етап підключення до газорозподільних мереж, укладення контрактів, доведення технологічної стабільності та можливості виходу на експортний рівень. Актуалізує такий попередній висновок і те, що компанія позиціонує біометан не лише як внутрішній інструмент

енергетичної автономії, а як експортний товар, оскільки у лютому 2025 року Vitagro повідомила про перший експорт українського біометану до ЄС та Німеччини. Така тестова поставка становила 68 тис. м³, а вироблений біометан був отриманий зі 100% відходів тваринництва. Відтак, ключовим завданням для системи енергоменеджменту підприємства тут стає забезпечення переходу від інвестиційного етапу до стабільної операційної рентабельності через довгострокові контракти, оптимізацію балансу ресурсів та повне використання енергогенеруючих потужностей.

Отже, оцінка фінансового чинника розвитку відновлюваної енергетики в агросекторі не повинна зводитися лише до абсолютного розміру прибутку, натомість передбачає оцінку структури грошового потоку, доходів і витрат, доступності фінансування, експортних можливостей та доступу як до внутрішніх так і до зовнішніх ринків.

Вихід компаній на зовнішні ринки ставить важливу умову дотримання ESG-стандартів у своїй діяльності, що перетворює генерацію відновлювальної енергії з внутрішнього управлінського рішення на елемент зовнішньої легітимності. Якщо відбувається експорт енергії до ЄС, то цей процес передбачає тісну співпрацю з міжнародними організаціями, що веде до необхідності підтвердити вуглецевий ефект, прозорість енергоспоживання, дотримання стандартів і керованість кліматичними збоями у діяльності компанії.

Перехід до ESG-стандартів для компанії МНР пов'язаний із поступовим заміщенням невідновлюваних джерел енергії відновлюваними (табл. 2.4).

Менеджмент компанії акцентує увагу на збільшенні використання відновлюваних джерел енергії через інтенсифікацію експлуатації біогазових установок та скорочення використання дизельного пального завдяки накопичувачам енергії. З точки зору екологічних параметрів для компанії МНР особливого значення набуває наявність власних виробничих потужностей на базі агропромислових відходів, що окреслює прагматичні кроки в досягненні ESG-стратегічних цілей та відповідає логіці циркулярної економіки. Завдяки цьому

агрокомпанія досягла вагомих результатів (табл. 2.5).

Таблиця 2.4

Енергоспоживання компанії МНР

Рік	Невідновлювані джерела, ТДж	Відновлювані джерела, ТДж	Загальне енергоспоживання, ТДж	Частка ВДЕ, %
2020	6960	1950	8910	22
2021	7916	1691	9607	18
2022	7433	1707	9140	19
2023	7746	2081	9827	21
2024	7807	2274	10081	23

Джерело: сформовано за [91-101; 104-105]

Таблиця 2.5

Виробництво і продаж енергії компанії МНР

Показник енергогенерації МНР Ukraine	2022	2023	2024
Біогаз вироблено, кВт·год	294944656	311971097	309578978
Електроенергія вироблена, кВт·год	120927309	115352217	125716068
Тепло вироблене, кВт·год	123829564	123862185	84448981
Продаж енергії, ТДж	398	382	458

Джерело: сформовано за [91-92; 105]

У звітності компанії МНР Ukraine прослідковується методологічний розрив у 2025 році, оскільки структуру відновлюваних та невідновлюваних джерел енергії, а також, їх питому вагу у загальній компоненті енергоспоживання розраховано за методологією ESRS E5, тобто згідно європейських стандартів звітності про сталий розвиток, що базується на методиці подвійної суттєвості. Відтак, у структурі 2025 року відновлювані джерела становили 289456 МВт або 10% загального енергоспоживання (табл. 2.6).

Складовими відновлюваних джерел енергії у 2025 році були паливні джерела включно із біомасою та біогазом, придбана відновлювана енергія та самогенераційна відновлювальна енергія (табл. 2.7).

Таблиця 2.6

Енергоспоживання компанії МНР у 2025 році за методикою ESRS

Підрозділ / сегмент	Викопна енергія, МВт	Ядерна енергія, МВт	Невідновлювана енергія разом, МВт	Відновлювана енергія, МВт	Загальне енергоспоживання, МВт	Частка ВДЕ, %
МНР Ukraine	2651263	44198	2695461	289456	2984917	10
Perutnina Ptuj Group	261106	6792	267898	29558	297455	10
UVESA Group	98850	0	98850	2133	101083	2
МНР Group загалом	3011219	50990	3062209	321147	3383455	9,5

Джерело: сформовано за [91-92; 105]

Таблиця 2.7

Структура відновлюваних джерел енергії у 2025 році

Показник	2023	2024	2025	2025/2024
Паливне споживання з ВДЕ, включаючи біомасу, біогаз та інші біогенні джерела, МВт	14000	10275	109342	у 10,6 рази
Придбана електроенергія, тепло, пара або охолодження з ВДЕ, МВт	160971	35848	167170	у 4,7 рази
Самогенерована відновлювана енергія, МВт	1356	8495	12944	+52,4%
Усього відновлювана енергія, МВт	176327	54418	289456	у 5,3 рази
Частка ВДЕ у загальному енергоспоживанні, %	7%	2%	10%	+8 в.п.

Джерело: сформовано за [91-92; 105]

Перехід на стандарти ESG та ESG-звітність вимагає від компанії сертифікації за міжнародними параметрами. Так, у 2022 році чотири господарські об'єкти компанії отримали сертифікацію ISO 50001, а у 2023 році ще три об'єкти отримали відповідні сертифікати. До таких об'єктів належали племінні комплекси, м'ясопереробний завод та птахокомплекси. Власне ISO 50001 є міжнародним стандартом системи енергетичного менеджменту, а тому його

впровадження засвідчує формалізацію процедур моніторингу, контролю, планування та підвищення енергоефективності [106].

У 2024 році компанія МНП повідомила про сертифікацію об'єктів за ISO 14001. Так, найбільший біогазовий завод у Ладжині отримав сертифікат ISO 45001:2018 у сфері охорони здоров'я та безпеки праці, що означає, забезпечення соціальної компоненти у ESG-параметрах функціонування відновлювальної енергетики агрохолдингу.

Серед усіх великих агропідприємств Kernel Holding S.A. сформував одну із найпотужніших моделей інтеграції відновлювальної енергетики у виробничий, кліматичний та ESG стандартизований елемент корпоративного управління. На відміну від інших компаній у яких відновлювальна енергетика є переважно допоміжним елементом енергоефективності, компанія Kernel вибудувала повноцінну біоенергетичну модель на основі переробки побічного продукту олійно-жирової переробки. Така модель має три особливі ознаки, зокрема:

1. Поєднує екологічну складову через заміщення викопного палива біомасою та значне скорочення залежності від зовнішнього енергопостачання.

2. Має соціальне значення, оскільки в умовах війни та дефіциту електроенергії підвищує енергостійкість виробництва.

3. Демонструє управлінську стійкість через застосування стандартів таких як GRI, TCFD, ESRS, GHG Protocol, ISCC EU, ISCC PLUS, ISO 14001, ISO 45001 та сертифікацію незалежних аудиторів.

Екологічний компонент ESG-параметрів агрохолдингу базується на циркулярному використанні лушпиння соняшнику, як основа біомаси, що спалюється для отримання пари або переробляється у пелети та реалізується. Чотири заводи компанії обладнанні когенераційними установками, які спалюють лушпиння та генерують електроенергію для національної мережі (табл. 2.8).

Так, у 2020-2022 роках частка відновлювального палива коливається в межах близьких до половини загального енергоспоживання. Однак, уже після 2023 року відбувся якісний перелом і частка лушпиння соняшнику зросла з 63,8%

у 2023 році до 75,5% у 2025 році, що засвідчило поступовий перехід від моделі часткового використання біомаси до моделі домінування біоенергетики в енергетичному балансі Kernel.

Таблиця 2.8

Динаміка енергоспоживання та частки біомаси в енергобалансі Kernel у
2020–2025 роках

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Невідновлюване паливо, ТДж	2574,7	3165,0	2915,1	2381,2	1895,0	1593,6
Відновлюване паливо, лушпиння соняшнику, ТДж	3627,5	3557,6	3551,5	5189,2	7028,0	7113,2
Куплена електроенергія, ТДж	902,5	894,3	736,4	581,1	628,4	471,8
Електроенергія, продана до мережі, ТДж	65,5	160,5	322,5	631,7	1094,3	826,2
Загальне енергоспоживання, ТДж	7039,2	7459,5	6881,4	8138,2	9456,0	9418,6
Частка лушпиння соняшнику в загальному енергоспоживанні, %	51,5	47,7	51,6	63,8	74,3	75,5

Джерело: сформовано за [91-92; 105]

Слід також акцентувати увагу на зменшенні невідновлювального палива у 2023-2025 роках, а саме зниження показника використання з 2381,2 ТДж у 2023 році до 1593,6 ТДж у 2025 році.

З точки зору, міжнародної стандартизації то у 2020-2024 роках компанія Kernel звітувала за стандартами GRI 302 Energy та GRI 305 Emissions. Разом з тим, у сфері викидів компанія дотримується параметрів GHG Protocol та використовує Corporate Accounting and Reporting Standard, Agricultural Guidance та LULUCF Guidance for GHG Project Accounting додавши при цьому показник N₂O-викидів, що пов'язані із застосуванням добрив та біогенних викидів від змін органічного вуглецю в ґрунтах.

У звітності компанії Kernel на засадах ESG-звітності розкриваються дані про Score 1, Score 2 та Score 3 (табл. 2.9), що свідчить про відкритість компанії до реалізації цілей сталого розвитку.

Таблиця 2.9

Ключові кліматичні параметри Kernel у 2023–2025 роках

Показник, тис. т CO ₂	2023	2024	2025
Scope 1	271,7	237,2	220,0
Scope 2, location-based	92,5	123,5	89,7
Scope 2, market-based	132,1	152,8	102,9
Scope 3	2141,5	2508,3	1631,6
Біогенні викиди від спалювання лушпиння	509,8	690,5	698,9

Джерело: сформовано за [91-92; 105]

Безпековий вимір у відновлювальній енергетиці Kernel особливо проявився після 2022 року коли російські атаки на енергетичну інфраструктуру України сформували підходи до розуміння того, що біоенергетика повинна розглядатися як інструмент операційної стійкості підприємства. Система енергоменеджменту після «блекаутів» розпочала активну трансформацію зі зміщенням акценту на когенерацію, що дозволило жити переробні потужності та досягати енергетичної самодостатності під час відключень електроенергії.

Протягом останніх п'яти років агрохолдинг Astarta продемонстрував поступовий зелений перехід від енергоефективності як виробничої необхідності до ESG-орієнтованого управління відновлювальною енергетикою та підготовки ESG-звітності. На відміну від компанії Kernel у якій ядром відновлювальної енергетики є лушпиння соняшнику та когенерація, а також, компанії МНР, що опирається на біогазові установки, компанія Astarta формує змішану модель поєднуючи біогаз із бурякового жому, біомасу у вигляді рослинних пелетів і деревини, когенерацію, енергоефективність цукрового виробництва, часткову сонячну генерацію та кліматичної політики та кліматичне управління за міжнародними стандартами.

Починаючи із 2020 року частка відновлюваних джерел енергії у структурі енергоспоживання компанії зростає (рис. 2.3). Аналіз звітності демонструє, що найбільший стрибок використання відновлюваних джерел відбувся у 2022 році

(до 10%) як наслідок воєнного енергетичного шоку, дефіциту традиційних енергоносіїв і потреба швидкого заміщення природного газу біогазом та біомасою.

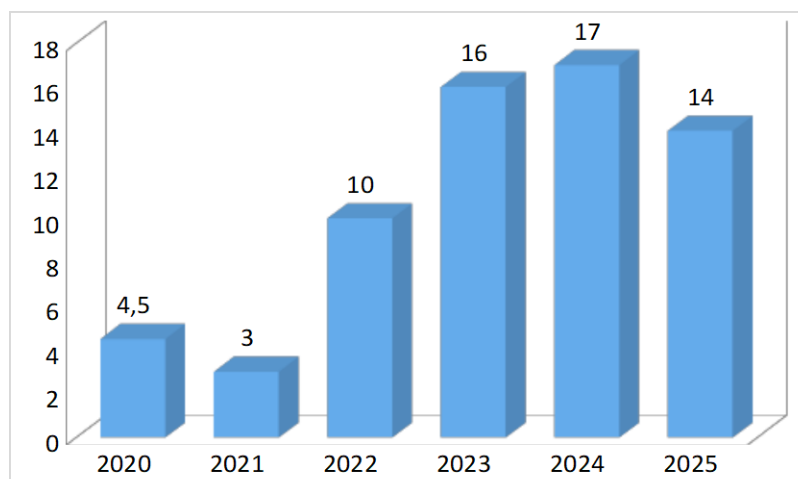


Рис. 2.3. Частка відновлюваних джерел енергії у структурі енергозабезпечення компанії Astarta, %

Джерело: сформовано за [91-92; 105]

Протягом останніх років частка відновлюваних джерел зросла до рівня більше 10%, зокрема у 2023-2024 роках компанія змогла підняти рівень використання віднослюваних джерел до 16% та 17% відповідно. Однак у 2025 році ця частка у енергобалансі Astarta скоротилася на 14%, а частка викопних джерел відповідно зросла до рівня 86%, що пояснюється менеджментом компанії як нестабільністю енергетичного ринку та обмеженою доступністю рослинної сировини.

Ключовим біоенергетичним активом Astarta є використання залишків цукрового виробництва. У 2023 році компанія розвинула цей підхід у межах стратегії декарбонізації. В наслідок цього було модернізовано котли Наркевицького цукрового заводу з метою заміщення вугілля пелетами біомаси, що обумовило зменшення споживання вугілля на 33% та, відповідно, скорочення викидів Score 1 на 32%.

У 2024 рік циркулярний аспект виробництва Astarta став ще очевиднішим завдяки тому, що компанія після переробки цукрових буряків отримує побічні

продукти (пресований та гранульований жом, мелясу), яку активно використовує у тваринництві або виробництві біогазу. Так, у 2024 році 7% пресованого бурякового жому було використано для виробництва біогазу, який постачався на цукровий завод у полтавській області та на завод з переробки сої.

Активну діяльність на засадах ESG компанія Astarta розпочала у 2022 році уклавши тристоронню угоду з ЄБРР та ЕУ для розробки комплексної системи кліматичного корпоративного управління та кліматичної політики, що передбачила розширення розрахунку викидів Score 1–3, сформувала можливості сценарного аналізу для температури 1,5–4 °С, ідентифікувала фізичні та перехідні кліматичні ризики та окреслила чинні і перспективні ініціативи у сфері декарбонізації виробництва [97-98].

Починаючи з 2023 року, менеджмент компанії системно застосовує GHG Protocol та IPCC Guidelines для інвентаризації парникових газів. А у 2024 році було ухвалено Policy on Climate Change, Greenhouse Gases and Energy Efficiency та продовжено формування звітності щодо кліматичної адаптації та кліматичних збоїв, що дозволило підтвердити рейтинг CDP на рівні С.

Відтак, можемо констатувати, що на сьогодні компанія Astarta може бути оцінена як компанія з високим рівнем ESG-інституціоналізації енергоменеджменту, але із середнім рівнем фактичної відновлюваної енергетики у загальному енергобалансі.

В свою чергу, діяльність компанії Vitagro має певну методологічну особливість щодо публічності параметрів ESG-звітності. Так, на відміну від МНП, Kernel або Astarta, компанія Vitagro не публікує повноцінний консолідований річний ESG-звіт із розгорнутими даними щодо GRI, ESRS, TCFD, Score 1–3, а тому, дотримання ESG-стандартів компанії у відновлювальній енергетиці доцільно оцінювати не як завершену систему публічного репортингу, а як практико-орієнтовану модель ESG-трансформації, у якій ключовими доказами є наявність реальних активів відновлюваної енергетики, сертифікація біометану, циркулярна переробка органічних відходів, експорт відновлюваного газу до ЄС і

задекларована орієнтація на сталий розвиток [101].

Екологічний компонент ESG у VITAGRO найбільш чітко проявляється через біометановий проєкт, зокрема, біометановий завод VITAGRO у Хмельницькій області був реалізований у грудні 2023 р. Його технологічна логіка полягає в переході від виробництва електроенергії та тепла з біогазу до виробництва біометану європейської якості з можливістю експорту до ЄС. Вхідний потік біогазу становить 750 Нм³/год із вмістом метану 55%, а також, використовується триступенева мембранна система Evonik Sepuran Green, а виробнича потужність становить 412,5 м³ біометану на годину, або близько 3 млн м³ на рік.

Уже у 2024 р. компанія отримала ISCC-сертифікат і почала закачування біометану до газового сховища. У 2025 р. Vitagro розпочала експорт біометану до ЄС. Саме ISCC-сертифікація є головним формальним маркером ESG у біометановій моделі Vitagro, яка свідчить, що компанія не лише виробляє біометан, а й прагне вбудувати його у європейську систему визнання сталого відновлюваного газу. Для аграрної компанії це має подвійний ефект. По-перше, біометан перетворюється на експортний продукт, який може визнаватися в системі декарбонізації ЄС, і по-друге, аграрні відходи набувають не лише утилізаційного, а й ринкового та кліматичного значення.

У тісному логічному взаємозв'язку із ESG-параметрами перебуває цифрова детермінанта, що є маркером того наскільки підприємство здатне перетворити розрізнені дані про сировину, генерацію, скорочення споживання енергії, тарифоутворення, викиди та операційні ризики на управлінські рішення. В агросекторі це має особливе значення, оскільки енергетичний баланс залежить від погоди, урожайності, вологості зерна, сезонності переробки, стану тваринництва та логістики.

Для біогазових і біометанових проєктів цифрова компонента повинна включати моніторинг надходження субстратів, їх фізико-хімічних параметрів, температури ферментації, виходу біогазу, метанового вмісту, виробництва

електроенергії та тепла, обсягів дигестату та GHG-ефекту. Без таких даних неможливо довести ефективність проекту або виконати вимоги сертифікації.

В свою чергу, для сонячної генерації та агровольтаїки цифрова компонента має включати прогноз сонячної радіації, профіль навантаження, накопичення, вплив тіні на культуру, вологість ґрунту, температуру, просторову придатність ділянки та доступність мережі. А для гібридних систем ключовою стає оптимізація диспетчингу. Вона передбачає вибір, коли використовувати біогаз, коли накопичувати сонячну електроенергію, коли продавати електроенергію в мережу, коли купувати її за нижчою ціною, а коли переводити навантаження на резервні або власні джерела. У сільському господарстві такий диспетчинг має враховувати критичність процесів, наприклад інкубацію, охолодження, вентиляцію, доїння, сушіння, переробку та зберігання.

Цифрова детермінанта також забезпечує доказову базу для управління ризиками. Якщо аграрна компанія має дані про погодинне споживання, прогноз виробництва, стан акумуляторів, обсяг сировини та критичні навантаження, то доволі ефективним буде побудова сценарію роботи під час атак на енергомережу. За відсутності таких даних рішення залишаються реактивними і не дозволяють оптимізувати витрати.

На сьогодні вітчизняні агрохолдинги уже володіють певним цифровим інструментарієм, що дозволяє оптимізувати управлінські процеси. У цифровізації вітчизняних агрохолдингів можна виділити чотири моделі. Так, МНР зосереджується на моделі корпоративної цифрової трансформації у якій ядром є SAP S/4HANA, SAP Ariba, ERP-інтеграція, агропортал і ГІС, тобто цифрові рішення, які насамперед означають стандартизацію управління з вертикальною інтеграцією, прозорістю обліку, планування, контролю та цифровою взаємодією.

Kernel сформував модель аграрної цифрової екосистеми в основі якої є DigitalAgriBusiness / Kernel Digital, Open Agribusiness, CRM IBuyMore, RTK-сервіси, eТТН і AI-аналітика, що дозволяють сформувати управлінські рішення не лише для власного агровиробництва, а і для робіт з постачальниками,

логістикою та сервісною підтримкою партнерів.

Astarta має найбільшу цілісну власну галузеву ІТ-систему у формі AgriChain, перевага якої полягає в модульній архітектурі, яка покриває майже весь управлінський цикл агробізнесу.

В свою чергу, Vitagro демонструє модель точного землеробства на основі зовнішніх спеціалізованих платформ ключовими програмами є GeoPard Agriculture, John Deere Operations Center, ІС, супутниковий моніторинг, GPS і дрони, що спрямована на підвищення ефективності використання землі, добрив, насіння, техніки та агрофімічних параметрів.

Важливо відзначити, що економіка воєнного часу істотно змінила пріоритети відновлювальної енергетики в Україні. Якщо до 2022 року відновлювальна енергетика, включаючи теплоенергетику, переважно розглядалася з акцентом на декарбонізацію, зелений перехід, енергоефективність, енергозберігаючі проєкти та репутацію, то після повномасштабної війни, особливо атак на енергетичну інфраструктуру, вона стала інструментом виживання виробничих систем. Відтак, виникає доволі нехарактерна для відновлювальної теплоенергетики безпекова детермінанта, що головним критерієм визначає здатність агропідприємства підтримувати виробництво за умов пошкодження мереж, дефіциту електроенергії, перебоїв у логістиці та зростання операційних витрат.

Так, для МНР безпекова детермінанта проявила себе у забезпеченні об'єктів генераторами, запасами дизелю, розвитком біогазу та акумуляційними установками. Ця модель не є у повній мірі відновлюваною, оскільки резервні дизельні генератори підвищують витрати та вкрай негативно впливають на викиди в атмосферу. Водночас, ця модель відображає реалії кризового менеджменту де короткострокова безперервність має поєднуватися з довгостроковим переходом до відновлюваних джерел та можливості накопичення.

Для агрохолдингу Kernel безпекова детермінанта пов'язана не тільки з

енергетикою, а й із логістикою, адже компанія залежить від експорту через порти, елеваторів, залізничних активів і переробних заводів. Водночас когенерація на лушпинні значно знижують ризик зупинки переробки під час відключень. Однак, окремо у звітності акцентується увага на вразливість логістичних активів та відсутність страхового покриття для воєнних ризиків, що підсилює значення внутрішньої енергетичної стійкості.

Енергетична стійкість Astarta в умовах війни проявляється через наявність резервного живлення ферм і елеваторів, використання біогазу та модернізацію енергоспоживання, що стає частиною автономного енергопостачання.

Критерій безпеки обумовив формування багатокомпонентної системи енергостійкості компанії Vitagro, елементами якої стали сонячні електростанції, біометан, біоетанол, органічні добрива та біогазова когенерація. Така модель з точки зору безпеки має доволі значну, однак не повну енергетичну самодостатність, а її перевага зводиться до використання власної аграрної сировини, децентралізованої генерації, можливостей заміщення природнього газу, підтримки технологічної безперервності та виході на європейський ринок біометану. Однак, існує і критерій вразливості інфраструктури, відсутності публічного енергобалансу та залежності від регуляторного визнання українського біометану в ЄС.

З огляду на вищезазначене, управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в агросекторі є комплексною управлінською системою на яку мають доволі значний вплив ресурсно-сировинні, технологічні, фінансові, інституційні, ESG та цифрові детермінанти, а в українських реаліях проявляє себе ще й чинник безпекових ризиків

Аналіз кожного з цих детермінуючих факторів впливу довів, що агропідприємство може бути ефективним суб'єктом в сфері відновлювальної енергетики лише тоді, коли енергетична підсистема інтегрована у виробничу модель, фінансове планування, ризик-менеджмент та корпоративне управління.

2.2. Оцінка потенціалу аграрних підприємств для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії

Управлінська результативність відновлюваних джерел енергії має оцінюватися не лише обсягом виробленої енергії, але й коефіцієнтом енергетичної автономності, ступенем заміщення традиційних джерел енергії, рівнем використання побічних продуктів, стабільністю генерації у критичних виробничих періодах, економія витрат, скорочення вуглецевих викидів, обсяг реалізації енергії та інтеграція сталого розвитку.

Слід зазначити, що особливістю агросектору є те, що він одночасно є великим споживачем енергії і, водночас, джерелом сировини для виробництва енергії (солома, стебла рослин, лушпиння соняшника, гній, пташиний послід тощо). За умов належних інноваційних управлінських підходів ця сировина перетворюється на біометан, теплову енергію, електроенергію або органічне добриво. А це обумовлює те, що енергетичний менеджмент у сільському господарстві має розглядатися як цілісна та комплексна система із власними елементами. «Відновлювані енергетичні ресурси у формі сонячної, вітрової, енергії з біомаси та геотермальної енергії у значних обсягах доступні в аграрному секторі» [87] і саме тому не обмежуються одним технологічним рішенням, а потребують портфельних управлінських підходів.

В управлінській науці ресурсна теорія дає змогу пояснити чому однакові технології дають різні результати в різних управлінських структурах. Вирішальним чинником стає не лише обладнання, а й доступ до органічної сировини, інженерних компетентностей, фінансування, ринків збуту енергії та довіри інвесторів.

В свою чергу концепція динамічних здібностей пояснює здатність компанії перебудувати свою енергетичну систему під впливом змін зовнішнього середовища. Для українського агросектору такими змінами стали повномасштабна війна, руйнування енергетичної інфраструктури, зростання ролі

системи управління розподіленою генерацією енергії, обмеження доступу до традиційних енергоносіїв, посилення регулювання кліматичних збоїв, попередження кліматичних ризиків та необхідність інтеграції до європейських ринків енергії. Тут конкурентні переваги формуються завдяки не лише реагуванню на кризу, а на створення нової енергетичної архітектури.

Енергетичний менеджмент великого аграрного підприємства (агрохолдингу) повинен поєднувати три рівні генерування управлінських рішень. Перший рівень охоплює стратегічний аналіз визначення цільової енергетичної моделі, другий передбачає акумулювання інвестиційного портфелю, а третій збалансовує виробництво і споживання, технічне забезпечення і контроль за рівнем ефективності використання, а також скорочення споживання енергії. На нашу думку, лише у сукупності ці рівні формують належний синергетичний ефект функціонування системи енергоменеджменту агропідприємства.

Дослідження підтверджують, що сільське господарство на сьогодні має специфічний енергетичний профіль, оскільки «гібридні системи пропонують перспективні рішення шляхом поєднання комплементарних джерел енергії» [78], що особливо важливо для вітчизняних агрохолдингів, оскільки біогазова установка, сонячна електростанція і система накопичення виконують різні функції у графіку навантаження та по-різному впливають на стабільність процесу виробництва.

Сучасна трансформація енергетичних систем змінює економічну роль підприємств, які традиційно розглядалися переважно як кінцеві споживачі електроенергії. Поширення відновлюваних джерел енергії, здешевлення сонячних фотоелектричних технологій, розвиток біоенергетики, систем накопичення електроенергії та цифрового обліку створюють передумови для формування системи управління розподіленою генерацією енергії. У такій моделі підприємство може не тільки купувати електроенергію на ринку, а й виробляти її для власного споживання, продавати надлишки, підвищувати автономність

критичних процесів і знижувати вплив енергетичних ризиків на собівартість продукції.

Для аграрного сектору ця зміна має особливе значення. Аграрні підприємства поєднують у межах однієї виробничої системи земельні ресурси, біологічні активи, сезонні енергетичні навантаження, органічні відходи, залишки рослинництва, тваринницькі комплекси, складську та переробну інфраструктуру. Це формує багатокомпонентний потенціал для виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Сонячні електростанції можуть розміщуватися на дахах виробничих приміщень, елеваторів, ферм і логістичних об'єктів; біогазові установки можуть використовувати відходи тваринництва та рослинництва; тверда біомаса може бути основою для когенерації; малі вітрові установки можуть доповнювати локальні енергетичні баланси у відповідних природних умовах.

«Програма розвитку виробництва біометану на період до 2035» формує стратегічний інституційний горизонт для українських аграрних компаній. Програма вказує, що в ЄС стратегічною ціллю є досягнення 35 млрд. м³ виробництва біометану до 2030 року, а перспективні інвестиційні потреби для розширення виробництва біогазу та перетворення його на біометан становлять 37 млрд. євро [89]. Для України це означає появу зовнішнього сегменту енергоринку, однак важливим інституційним елементом тут залишається дотримання стандартів та процедури сертифікації за нормативними положеннями ЄС (табл. 2.10).

Стратегічна програма безпосередньо пов'язує розвиток біометану з аграрною сировиною, адже вказано, що сировиною для біогазу та біометану є відходи та залишки продукції рослинництва та тваринництва, тобто наявність 23,4 млн.га посівних площ, 2,083 млн. голів великої рогатої худоби, 4,839 млн. голів свиней, 0,92 млн голів дрібної рогатої худоби та 209,307 млн. одиниць свійської птиці акцентують увагу на масштаб потенціалу, який може бути активованим через ефективну систему управління біоенергетичними потоками. В

програмі зазначено, що використання такого ресурсного потенціалу здатне забезпечити виробництво близько 2,1 млрд. куб. м. біометану на рік, що відображає значний фактичний розрив між потужностями які є на сьогодні та потенційним рівню, адже на 2023-2025 роки в Україні введено в експлуатацію усього п'ять біометанових заводів сумарною потужністю 52 млн.куб.м на рік, що становить незначну частину сегменту потенційного ринку.

Таблиця 2.10

Ключові кількісні параметри Програми розвитку виробництва біометану до 2035 року

Показник	Кількісне значення	Управлінське значення для агросектору
Біометанові заводи, введені в експлуатацію у 2023-2025 роках	5 заводів	Формування початкової виробничої бази ринку
Сумарна потужність введених заводів	52 млн куб. м на рік	Наявний стартовий рівень індустрії
Посівні площі сільськогосподарських культур	23,4 млн га	Джерело соломи, стеблової маси та інших рослинних залишків
Поголів'я великої рогатої худоби	2,083 млн голів	Сировина для біометану та дигестату
Поголів'я свиней	4,839 млн голів	Стабільний потік гною для анаеробного зброджування
Поголів'я дрібної рогатої худоби	0,92 млн голів	Додатковий субстратний потенціал
Свійська птиця	209,307 млн одиниць	Потенційна база для біогазових установок у птахівництві
Оціночний річний потенціал біометану	близько 2,1 млрд куб. м	Орієнтир для масштабування ринку
Цільовий рівень до 2030 року	понад 1 млрд куб. м на рік	Середньостроковий ринковий орієнтир
Довгостроковий орієнтир протягом десяти років	5 млрд куб. м	Масштаб стратегічного розвитку галузі
Пропускна здатність ГТС на виході	178,5 млрд куб. м на рік	Можливість експорту до країн ЄС

Джерело: побудовано за [89]

Водночас наявність ресурсу ще не означає готовності підприємства до ефективної генерації електроенергії. Потенціал ВДЕ в аграрному підприємстві має не лише природно-ресурсний, а й економічний, інфраструктурний,

організаційний та інституційний зміст. Наприклад, підприємство може мати значні площі дахів для сонячних панелей, але не мати достатнього денного профілю споживання або доступної потужності приєднання до мережі. Інше підприємство може мати великий обсяг органічних відходів, але не мати стабільної логістики субстрату, компетенцій з експлуатації біогазової установки чи доступу до довгострокового фінансування. Саме тому оцінка потенціалу має виходити за межі простого розрахунку теоретичної кількості енергії та охоплювати спроможність підприємства перетворити ресурс на економічно доцільний, керований і стійкий енергетичний актив.

Потенціал аграрного підприємства для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії розглядається як інтегральна здатність підприємства залучати власні природні, виробничі, інфраструктурні, фінансові та управлінські ресурси для створення й експлуатації об'єктів відновлюваної електрогенерації з метою покриття власного споживання, продажу надлишків, підвищення енергетичної стійкості та формування додаткових економічних ефектів.

Запропонована методика ґрунтується на п'яти блоках оцінювання:

1. Ресурсний блок відображає наявність фізичних джерел енергії: сонячної інсоляції, доступних площ дахів або земельних ділянок, обсягів біомаси, органічних відходів, гною, побічної продукції рослинництва, локального вітрового ресурсу.

2. Техніко-інфраструктурний блок характеризує можливість практичного підключення та експлуатації генеруючих установок: стан електромереж підприємства, дозволена потужність, відстань до точки приєднання, наявність трансформаторних підстанцій, можливість встановлення систем накопичення, стабільність логістики біомаси.

3. Економічний блок визначає фінансову доцільність проєкту: структуру власного енергоспоживання, ціну купованої електроенергії, потенційний рівень

самоспоживання, інвестиційні витрати, операційні витрати, очікуваний строк окупності, доступ до кредитних або грантових інструментів.

4. Інституційний блок охоплює регуляторні умови, можливість набуття статусу активного споживача, умови продажу надлишків, дозвільні процедури, право користування землею або будівлями, екологічні вимоги до використання відходів.

5. Управлінсько-резильєнтний блок відображає здатність підприємства керувати енергетичним активом: наявність компетентного персоналу, систем енергомоніторингу, технічного обслуговування, плану резервного живлення, готовність інтегрувати генерацію у виробничі графіки.

Інтегральний індекс потенціалу може бути поданий у вигляді:

$$I_REP = wR * R + wT * T + wE * E + wI * I + wM * M, \quad (2.1)$$

де I_REP – інтегральний індекс потенціалу ВДЕ-генерації аграрного підприємства; R – ресурсний блок; T – техніко-інфраструктурний блок; E – економічний блок; I – інституційний блок; M – управлінсько-резильєнтний блок; wR, wT, wE, wI, wM – вагові коефіцієнти відповідних блоків.

Для базової оцінки доцільно використовувати рівні ваги по 0,20 для кожного блоку. Якщо підприємство оцінює конкретний тип генерації, ваги можуть коригуватися. Наприклад, для біогазового проєкту вища вага надається ресурсному та управлінському блокам, оскільки стабільність субстрату й експлуатаційна дисципліна мають критичне значення. Для дахової сонячної електростанції вищу вагу можуть мати техніко-інфраструктурний та економічний блоки, оскільки результат залежить від приєднання, профілю самоспоживання і тарифоутворення.

Комплексна оцінка потенціалу аграрних підприємств (табл. 2.11) має починатися з розмежування теоретичного, технічно досяжного, економічно доцільного та управлінськи реалізованого потенціалу. Теоретичний потенціал показує максимальний енергетичний ресурс, який існує в природному або виробничому середовищі підприємства. Технічно досяжний потенціал враховує

обмеження обладнання, площ, приєднання, логістики й технологічних процесів. Економічно доцільний потенціал відображає частину технічного потенціалу, яка забезпечує прийнятний фінансовий результат. Управлінськи реалізований потенціал є найвужчим, але найбільш прикладним поняттям, оскільки він враховує здатність підприємства організувати експлуатацію, облік, ремонт, договірні відносини та інтеграцію генерації у виробництво.

Таблиця 2.11

Індикатори оцінки потенціалу аграрного підприємства для ВДЕ-генерації

Блок оцінки	Основні індикатори	Практичне значення
Ресурсний	площа дахів і ділянок; обсяг біомаси; кількість органічних відходів; поголів'я тварин; сонячна інсоляція; вітровий ресурс	визначає фізичну базу можливого виробництва електроенергії
Техніко-інфраструктурний	доступна потужність приєднання; стан внутрішніх мереж; наявність підстанцій; можливість накопичення; логістика субстрату	показує, чи може ресурс бути технологічно перетворений на стабільну генерацію
Економічний	річне споживання електроенергії; добовий профіль навантаження; частка самоспоживання; CAPEX; OPEX; строк окупності	дає змогу порівняти альтернативи та визначити інвестиційну доцільність
Інституційний	правовий статус активного споживача; дозвільні процедури; право користування об'єктами; екологічні вимоги	визначає регуляторну реалізованість проєкту
Управлінсько-резильєнтний	енергомоніторинг; персонал; технічне обслуговування; критичні навантаження; резервне живлення	характеризує здатність підприємства отримати не лише економію, а й стійкість

Джерело: сформовано автором на основі узагальнення наукових підходів до оцінювання розподіленої генерації, prosumer-моделей, біоенергетики та регуляторних умов функціонування активних споживачів [2; 7; 10; 11; 12; 16; 107-114].

Для сонячної генерації (табл. 2.12) ключовими є площі дахів, орієнтація та технічний стан покрівель, наявність вільних земельних ділянок, обмеження щодо використання сільськогосподарських земель, профіль денного споживання та можливість встановлення накопичувачів. Найбільший прикладний потенціал

мають підприємства з елеваторами, складами, холодильниками, тваринницькими приміщеннями, переробними потужностями та стабільним денним навантаженням. У таких випадках сонячна електростанція може забезпечувати високу частку самоспоживання, що підвищує економічну ефективність проекту.

Таблиця 2.12

Порівняльна характеристика ВДЕ-рішень для аграрних підприємств

Тип генерації	Найбільш придатні підприємства	Ключова перевага	Основне обмеження
Дахова сонячна електростанція	елеватори, ферми, склади, переробні об'єкти	швидке розгортання та висока частка самоспоживання	залежність від денного профілю споживання і стану покрівель
Наземна сонячна електростанція	підприємства з непродуктивними або технологічними ділянками	масштабованість потужності	конкуренція за землю та потреба у присаднанні
Біогазова когенерація	тваринницькі комплекси, птахофабрики, підприємства з органічними відходами	керована генерація і утилізація відходів	висока складність експлуатації та потреба у сталому субстраті
Електроенергія з твердої біомаси	підприємства з доступом до рослинних решток або енергокультур	використання місцевого палива	логістика, сезонність і агроекологічні обмеження
Мала вітрова генерація	господарства у зонах зі сталим вітровим ресурсом	доповнення сонячної генерації	потреба у тривалому вимірюванні та складніша дозвільна підготовка
Гібридна система з накопиченням	енергоємні підприємства з критичними навантаженнями	енергетична стійкість і гнучкість	вищі початкові інвестиції та складніше управління

Джерело: сформовано автором на основі систематизації характеристик ВДЕ-технологій, ресурсного потенціалу біоенергетики України та підходів до інтеграції розподіленої генерації в електроенергетичні системи [1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 12; 14; 15; 107-114].

Для біогазової генерації визначальними є сталість і концентрація органічної сировини. Найбільш сприятливими є підприємства з тваринницькими

комплексами, птахофабриками, цукровими заводами, спиртовим або харчовим виробництвом, де органічні відходи формуються регулярно і можуть бути технологічно зібрані. Біогазова установка має перевагу перед сонячною генерацією в аспекті керованості виробництва електроенергії, оскільки може працювати за більш стабільним графіком. Водночас вона потребує складнішого управління, контролю якості субстрату, біологічного процесу, утилізації дигестату та постійного технічного обслуговування.

Для генерації на твердій біомасі важливими є доступні обсяги соломи, лушпиння, відходів деревообробки, енергетичних культур та можливість їх заготівлі без погіршення родючості ґрунтів. Не вся агробіомаса, що фізично утворюється на полі, може бути вилучена для енергетичних потреб. Частина рослинних решток має залишатися для підтримання органічної речовини ґрунту, захисту від ерозії та забезпечення агрономічної стійкості. Тому оцінка потенціалу біомаси повинна враховувати не тільки енергетичну цінність, а й агроекологічні обмеження.

Вітрова генерація для аграрних підприємств має більш локальний характер. Вона може бути доцільною у регіонах зі стабільним вітровим ресурсом, відкритими просторами та відповідними умовами приєднання. Її перевагою є можливе доповнення сонячної генерації у сезонному та добовому профілі, однак поріг технічного обґрунтування тут вищий: потрібні вимірювання вітру, аналіз турбулентності, висоти щогли, санітарних обмежень і впливу на землекористування.

Гібридні системи, що поєднують сонячну генерацію, біогаз, накопичувачі та кероване споживання, мають найбільший стратегічний потенціал у скороченні споживання енергії. Їхня перевага полягає не тільки у збільшенні річного виробітку, а й у зменшенні ризику нестабільності одного джерела. Наприклад, сонячна генерація ефективна у денні години, тоді як біогазова когенерація може покривати вечірні або нічні навантаження, а накопичувач – підтримувати критичне обладнання під час короткострокових відключень.

Запропонований інтегральний підхід дає змогу класифікувати аграрні підприємства за рівнем готовності до генерації електроенергії з ВДЕ. До першої групи належать підприємства з високим потенціалом: вони мають значний ресурс, стабільне власне споживання, доступну інфраструктуру, фінансову спроможність і управлінські компетенції. Для них доцільним є перехід до проектування конкретного інвестиційного рішення. До другої групи належать підприємства із середнім потенціалом: ресурс наявний, але існують обмеження у фінансуванні, приєднанні, самоспоживанні або управлінні. Для них першочерговими є енергоаудит, оптимізація графіка навантаження, уточнення технічних умов і пошук партнерських моделей. До третьої групи належать підприємства з низьким потенціалом, де ресурс або інфраструктура не дозволяють швидко реалізувати проєкт. Для них доцільними можуть бути кооперативні або кластерні моделі, коли генерація створюється не на рівні одного господарства, а на рівні групи підприємств або громади.

Важливим результатом оцінювання є не лише підсумковий бал, а й профіль сильних і слабких сторін підприємства (табл. 2.13). Наприклад, високий ресурсний бал за біомасою за низького управлінського балу свідчить про потребу в партнерстві з оператором біоенергетичного проєкту. Високий економічний бал за сонячною генерацією за низького технічного балу може означати, що вузьким місцем є стан мереж або покрівель. Низький інституційний бал вказує на потребу врегулювання прав користування землею, будівлями чи відходами.

Особливу увагу доцільно приділити показнику самоспоживання. Для аграрного підприємства економічний ефект ВДЕ часто формується не через максимальний продаж електроенергії, а через заміщення купованої електроенергії у власних процесах. Чим вища частка виробленої електроенергії, яка використовується на місці, тим менше підприємство залежить від цінних коливань і технічних обмежень відпуску в мережу. Тому енергоаудит має включати аналіз погодинного споживання, сезонних піків, критичних

навантажень і можливостей перенесення частини операцій на години високої генерації.

Таблиця 2.13

Інтерпретація інтегрального індексу потенціалу

Значення I_REP	Рівень потенціалу	Управлінська інтерпретація
0,75-1,00	високий	підприємство готове до техніко-економічного обґрунтування та вибору фінансової моделі
0,50-0,74	середній	потрібне уточнення обмежень, енергоаудит і підготовка інфраструктури
0,25-0,49	низький	доцільні малі пілотні рішення або участь у спільних проєктах
0,00-0,24	мінімальний	реалізація ВДЕ-проєкту є передчасною без зміни ресурсної або інфраструктурної бази

Джерело: розроблено автором як методичну шкалу інтерпретації інтегрального індексу потенціалу ВДЕ-генерації аграрного підприємства

Оцінка потенціалу повинна також враховувати ризики. Для сонячних проєктів ризиками є пошкодження обладнання, недостатня міцність дахів, зміни правил компенсації надлишків, обмеження мережі та помилки у прогнозі самоспоживання. Для біогазу – нестабільність сировини, технологічні збої, недооцінка витрат на обслуговування, екологічні вимоги та складність управління дигестатом. Для біомаси – конкуренція за сировину, сезонність заготівлі, транспортні витрати й ризик виснаження ґрунтів за надмірного вилучення решток. Для вітрової генерації – неточність оцінки вітрового ресурсу, дозвільні обмеження та складність сервісу.

Практична цінність запропонованого підходу полягає у можливості використовувати його як попередній інструмент стратегічного аналізу щодо відбору ВДЕ-рішень. На першому етапі підприємство проводить скринінг ресурсів і споживання. На другому – визначає пріоритетний тип генерації. На

третьому – виконує техніко-економічне обґрунтування для обраного варіанта. На четвертому – формує фінансову, договірну та експлуатаційну модель. Така послідовність знижує ризик інвестування в технологічно привабливий, але економічно або управлінськи слабкий проєкт.

Для українських аграрних підприємств найперспективнішими у короткостроковому періоді є дахові сонячні електростанції для самоспоживання, поєднані за потреби з накопичувачами для критичних навантажень. У середньостроковій перспективі більший потенціал мають біогазові та гібридні проєкти, особливо в підприємствах із розвиненим тваринництвом, переробкою та стабільними потоками органічних відходів. У довгостроковій перспективі розвиток може відбуватися через агроенергетичні кластери, де кілька підприємств спільно формують ресурсну базу, інфраструктуру, сервісну компетенцію та доступ до фінансування.

Потенціал аграрних підприємств для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії є складною економічною категорією, що поєднує природно-ресурсні, виробничі, інфраструктурні, фінансові, інституційні та управлінські характеристики. Його не можна зводити лише до площі земель, кількості сонячної радіації чи обсягу біомаси. Реальна спроможність підприємства створити ефективний ВДЕ-об'єкт визначається тим, наскільки ресурс може бути інтегрований у виробничий цикл, енергетичну інфраструктуру та систему управління підприємством.

2.3. Багатофакторний аналіз детермінант розвитку систем генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Якісна ідентифікація детермінант функціонування відновлюваної енергетики, здійснена у підрозділі 2.1 дозволила сформулювати концептуальний базис щодо багатокомпонентності системи енергостійкості агросектору.

Руйнування централізованої енергетичної інфраструктури України та розрив логістичних ланцюгів змістили фокус корпоративного управління: інтеграція об'єктів відновлюваної енергетики еволюціонувала з інструменту декарбонізації у механізм забезпечення операційної життєздатності та енергетичної автономності бізнесу. Сформоване теоретичне підґрунтя засвідчило, що ресурсно-сировинні, кадрово-компетентнісні, фінансові, інституційні, ESG та специфічні безпекові чинники в умовах воєнного стану виступають ключовими детермінуючими векторами впливу на систему менеджменту.

Водночас, у межах сучасної парадигми доказового менеджменту, лише дескриптивного опису зазначених детермінант недостатньо для побудови ефективних управлінських моделей. Потребує наукового вирішення завдання кількісного вимірювання сили, напряму та статистичної значущості впливу кожного з ідентифікованих чинників на результуючі показники впровадження і функціонування об'єктів ВДЕ в аграрній сфері. Це зумовлює необхідність переходу від теоретико-емпіричного виокремлення детермінант до їх строгої математичної верифікації за допомогою інструментарію економетричного моделювання. З огляду на це, виникає науково-практична необхідність застосування інструментарію факторного аналізу, зокрема на основі кореляційно-регресійного підходу. Такий підхід дозволяє математично диференціювати та виміряти силу впливу зовнішніх чинників, зокрема, фінансові збитки, війна, мобілізація та внутрішніх зусиль менеджменту таких, як модернізація інфраструктури, адаптація персоналу, експортне хеджування, на процес розбудови автономних систем генерації енергії.

З огляду на це, метою даного підрозділу є застосування інструментарію багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу для математичної формалізації та оцінки впливу зовнішніх чинників, таких як фінансові збитки, війна, мобілізація та внутрішніх зусиль менеджменту, таких як модернізація, адаптація персоналу, експортне нівелювання ризиків на процеси розбудови децентралізованих систем генерації.

Емпіричним базисом дослідження слугує масив статистичних даних лідера українського аграрного ринку – ПрАТ «МХП» за період 2012–2024 рр. ПрАТ «МХП» є міжнародним холдингом, який складає свою консолідовану річну звітність за міжнародними стандартами у доларах США. Оскільки вибірка охоплює тривалий період, 13 років, з 2012 по 2024 рр., використання національної валюти призвело б до великої статистичної похибки. За цей час курс змінився з 8 грн/\$ до 40 грн/\$. Використання долара США як твердої еквівалентної валюти повністю нівелює курсові спотворення, дозволяючи математичним моделям працювати з реальними, об'єктивними обсягами капіталу.

У процесі дослідження було виявлено еволюцію стандартів корпоративної нефінансової звітності: фундаментальні макроекономічні та виробничі показники наявні за всі 13 років, тоді як розширена ESG-аналітика, зокрема, викиди CO_2 , гендерна структура, плинність та навчання кадрів, почала розкриватися компанією лише з 2020–2021 років. Для подолання цього обмеження у дисертації застосовано багаторівневий або сегментований підхід до аналізу даних. Глобальна факторна модель (2012–2024 рр.) передбачає побудову множинної регресії на повному 13-річному ряді фундаментальних показників для виявлення стратегічних драйверів розвитку ВДЕ. Локальна кризова факторна модель (2020–2024 рр.) базується на побудові кореляційних моделей на усічених панельних даних для дослідження коротких оперативних реакцій системи, таких як управління персоналом та ресурсами, на виклики періоду пандемії та повномасштабної війни.

В основу глобальної факторної моделі покладено гіпотезу про те, що зовнішні виклики такі, як війна, що класично виступають дестимуляторами розвитку, у випадку аграрної енергетики є каталізаторами нарощування інвестицій у децентралізовану генерацію заради виживання підприємства.

Визначимо головним індикатором успішності системи енергетичного менеджменту щодо фізичної децентралізації та досягнення автономності підприємства як вихідну змінну (табл. 2.14; табл. 2.15; рис. 2.4):

Таблиця 2.14

Вхідні дані для факторного аналізу

Рік	Y_1 , МВт	X_1 , млн. \$.	X_2 , %	X_3 , млн. \$.	X_4 , осіб	X_5 , тис. га
2012	0	258	34	2.6	27 800	280
2013	0	264	38	1.3	30 000	287
2014	5.0	129	42	53.4	30 700	360
2015	5.0	170	44	52.2	30 900	370
2016	5.0	112	56	10.7	31 000	355
2017	5.0	123	57	11.7	27 589	370
2018	5.0	232	59	14.4	28 575	370
2019	17.0	113	58	14.3	31 427	370
2020	17.0	79	53	5.2	26 766	360
2021	17.0	143	53	13.5	27 366	360
2022	17.0	160	61	101.1	28 298	360
2023	20.9	212	60	35.0	28 788	360
2024	29.3	290	60	54.0	30 889	350

Джерело: сформовано на основі проведених досліджень

Таблиця 2.15

Вхідні дані для факторного аналізу за період 2020–2024 рр

Рік	Y_1 , МВт	Y_2 , ТДж	X_6 , %	X_7 , осіб	X_8 , %	X_9 , млн м ³	X_{10} , тонн
2020	17.0	1 690	0.0	9783.0	39.0	14.5	237776.0
2021	17.0	1 691	0.0	6817.0	39.0	14.5	237776.0
2022	17.0	1 707	6.0	3851.0	39.0	14.5	220985.0
2023	20.9	2 081	8.0	3154.0	40.0	15.1	237776.0
2024	29.3	2 274	11.0	33919.0	41.0	16.5	223024.0

Джерело: сформовано на основі проведених досліджень

Y_1 – сумарна потужність об'єктів ВДЕ, що включають біогазові установки та сонячні електростанції, МВт.

Також визначимо вхідні факторні змінні X :

– зовнішні фактори-стимулятори, які відображають внутрішній потенціал:

X_1 – капітальні інвестиції, млн. \$, що відображає фінансову здатність системи управління до масштабної модернізації та впровадження високотехнологічних проєктів генерації відновлюваної енергії;

X_2 – частка експорту у виручці, %, що слугує індикатором мінімізації ризиків. Вихід на зовнішні ринки формує валютний буфер, критично необхідний для імпорту інноваційного енергетичного обладнання в умовах девальвації національної валюти;

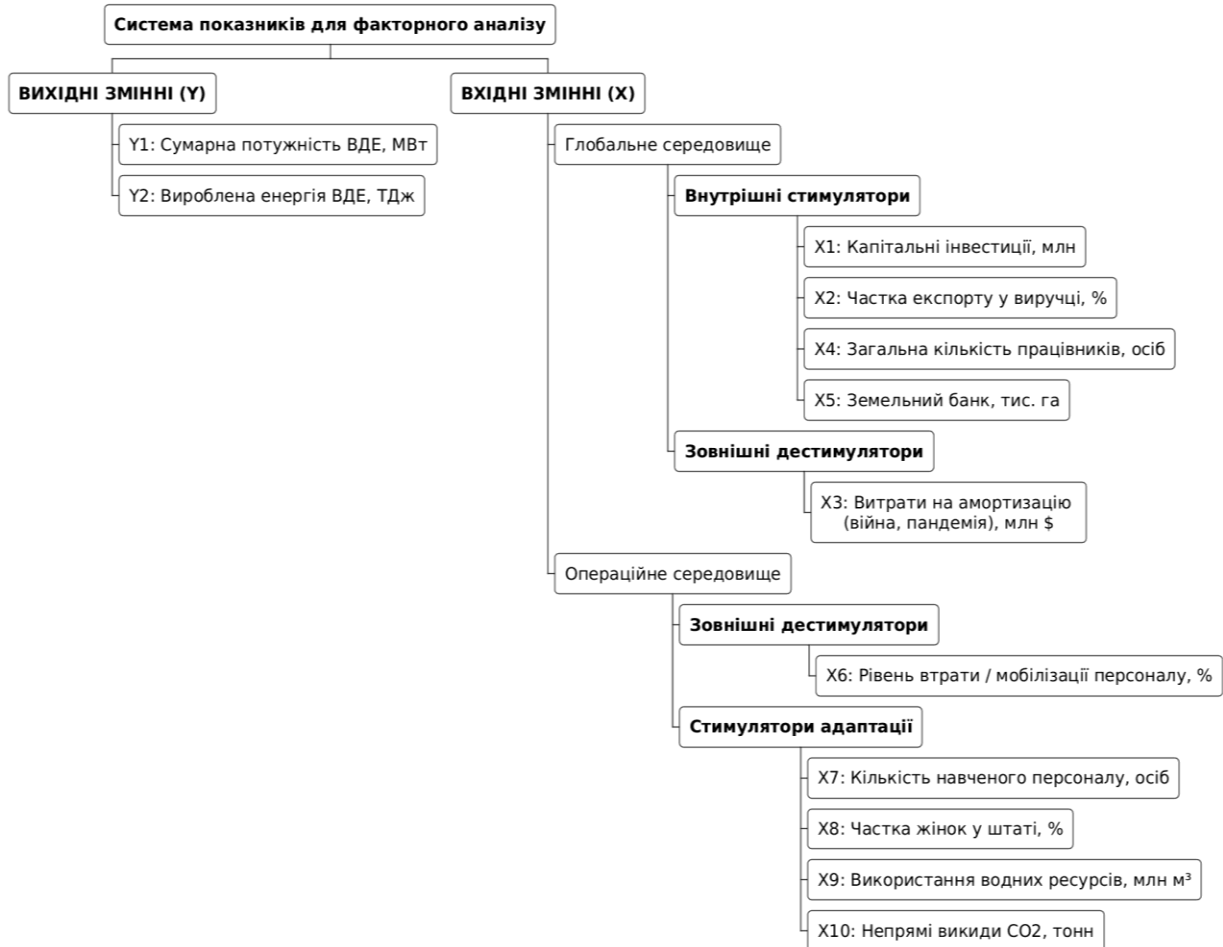


Рис. 2.4. Система показників для факторного аналізу

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

X_3 – загальна кількість працівників, осіб, відображає масштаб людського капіталу підприємства та його спроможність обслуговувати зростаючі обсяги виробництва та нову інфраструктуру;

X_4 – земельний банк, тис. га, відображає базовий ресурсний індикатор масштабу управління в агросекторі. Площа земель безпосередньо детермінує обсяги відходів, що виступає сировиною для біогазових комплексів та просторові можливості для розміщення сонячних електростанцій;

– зовнішні фактори-дестимулятори:

X_5 – витрати на амортизацію, млн. \$. Агрегований показник збитків, списання активів та додаткових витрат, спричинених війною, втратою територій та пандемією. У моделі перевіряється гіпотеза про те, що зростання цього

дестимулятора прямопропорційно корелює з активізацією будівництва об'єктів ВДЕ, вихідною змінною Y .

Для поглиблення аналізу в межах локальної факторної моделі (2020–2024 рр.) додатково залучено фактори екстреної мобілізації персоналу, що характеризує виклики ринку праці, а також метрики адаптивного менеджменту: кількість навченого персоналу, частка жінок у штаті та використання водних ресурсів. Це дозволить довести, що інтеграція ВДЕ вимагає не лише капіталу X_1 , а й повної інституційної перебудови системи управління людськими та природними ресурсами.

З метою забезпечення репрезентативності аналізу на усічених панельних даних сформовано спеціалізований набір індикаторів, що відображають оперативну реакцію підприємства на нефінансові виклики:

– вихідні змінні енергетичної ефективності Y :

Y_1 – сумарна потужність об'єктів генерації ВДЕ, МВт, залишається базовим індикатором масштабу інфраструктурної децентралізації;

Y_2 – обсяг фактично виробленої відновлюваної енергії, ТДж, який відображає інтенсивність експлуатації збудованих об'єктів генерації як прямої відповіді на перебої з централізованим енергопостачанням.

Вхідні факторні змінні операційного середовища, X :

– зовнішні дестимулятори:

X_6 – рівень втрати / мобілізації персоналу, %, відображає кількісний вимір шоку на ринку праці, що детермінує дефіцит інженерно-технічних компетенцій та змушує систему прискорювати автоматизацію.

– зовнішні стимулятори, які характеризуються метриками адаптивного HR та еко-менеджменту:

X_7 – кількість навченого персоналу, осіб, що виступає індикатором інституційної швидкості системи управління щодо масової перекваліфікації кадрів, необхідної для безпечної експлуатації новітніх систем ВДЕ та балансування;

X_8 – частка жінок у штаті, %, що виступає показником гендерної реструктуризації робочої сили як компенсаторного управлінського механізму у відповідь на дію фактора мобілізація);

X_9 – використання водних ресурсів, млн. м³, що є операційним індикатором, який відображає зростання навантаження на локальне природне середовище через технологічні вимоги інтенсифікації виробництва біогазу;

X_{10} – непрямі викиди CO₂, тонн, що є специфічною метрикою, яка дозволяє перевірити ефект фактичного заміщення купленої (мережевої) електроенергії власною «зеленою» генерацією.

На основі обґрунтованої системи змінних (див. рис. 1), на наступному етапі дослідження проведено факторний аналіз за допомогою побудови матриць парних кореляцій та рівнянь регресії.

Аналіз матриці парних кореляцій (рис. 2.4) показників за 2012–2024 роки дозволив виявити стратегічні закономірності розбудови об'єктів відновлюваної енергетики в системі корпоративного управління агрохолдингу під впливом зовнішніх макроекономічних факторів.

Оцінка зв'язку між результативною змінною Y_1 , сумарною потужністю ВДЕ, та факторними індикаторами дозволила ранжувати їх за силою впливу та виявити наступні закономірності (рис. 2.5; рис. 2.6):

– математично доведено, що фундаментальним драйвером енергетичної децентралізації компанії є її експортний потенціал X_2 . Кореляція на рівні 0.68, сильний прямий зв'язок, пояснюється тим, що розбудова високотехнологічних об'єктів (сонячних станцій, систем BESS та біогазових когенераційних установок) потребує значних валютних інвестицій в імпорфтне обладнання. Зростання частки експорту у виручці формує необхідний фінансовий буфер, який дозволяє менеджменту нівелювати девальваційні ризики та безперебійно фінансувати енергетичну модернізацію;

– помірний прямий вплив ресурсної бази, земельний банк, X_5 , має зв'язок на рівні 0.43, підтверджує фізичну та сировинну залежність масштабів генерації від розмірів агровиробництва. Розширення земельного банку пропорційно збільшує обсяги сільськогосподарських відходів, сировини для біогазових комплексів, та забезпечує просторові можливості для розміщення нових інфраструктурних об'єктів, наземних СЕС;

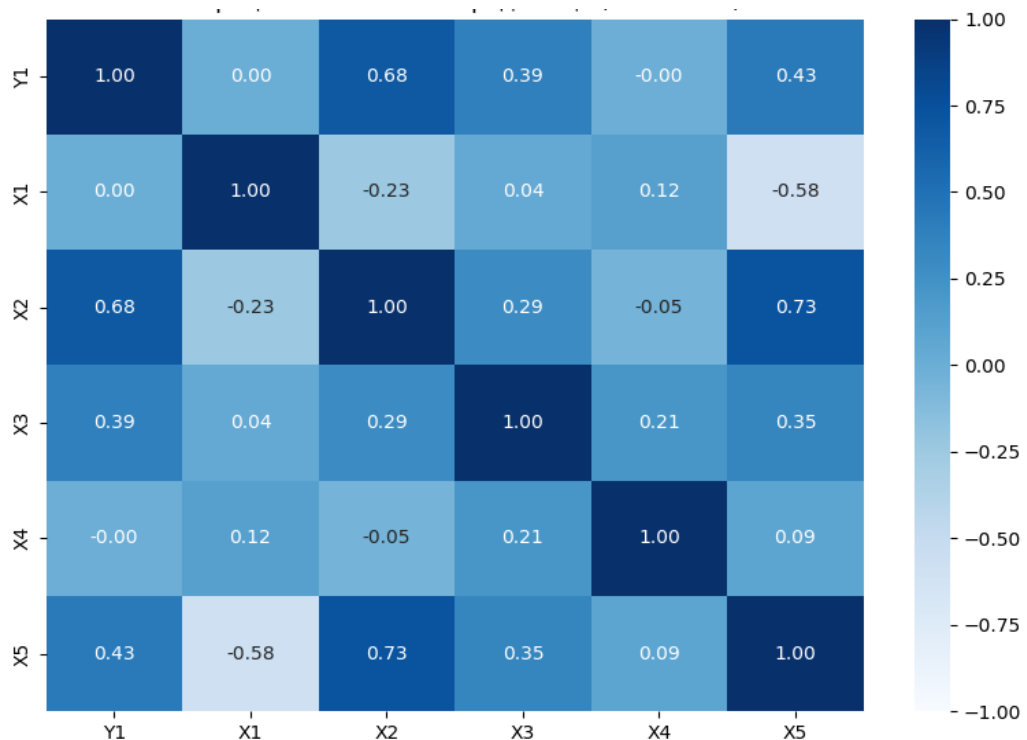


Рис. 2.5 Зведена кореляційна матриця для періоду 2012–2024 рр.

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

– витрати на амортизацію, X_3 , мають коефіцієнт кореляції 0.39, помірний прямий зв'язок, що є ключовим науковим підтвердженням висунутої гіпотези. Відповідно до класичної економічної теорії, зовнішні впливи такі, як збитки від війни, пандемії, мали б виступати жорсткими дестимуляторами та мати від'ємну кореляцію з розвитком інфраструктури. Проте вітчизняні реалії доводять протилежне: зростання фінансових втрат від війни прямо стимулює компанію нарощувати автономні потужності. Це свідчить про те, що інвестиції у ВДЕ

здійснюються не за залишковим принципом, а як екстрена управлінська реакція, спрямована на забезпечення операційного виживання під час блекаутів;

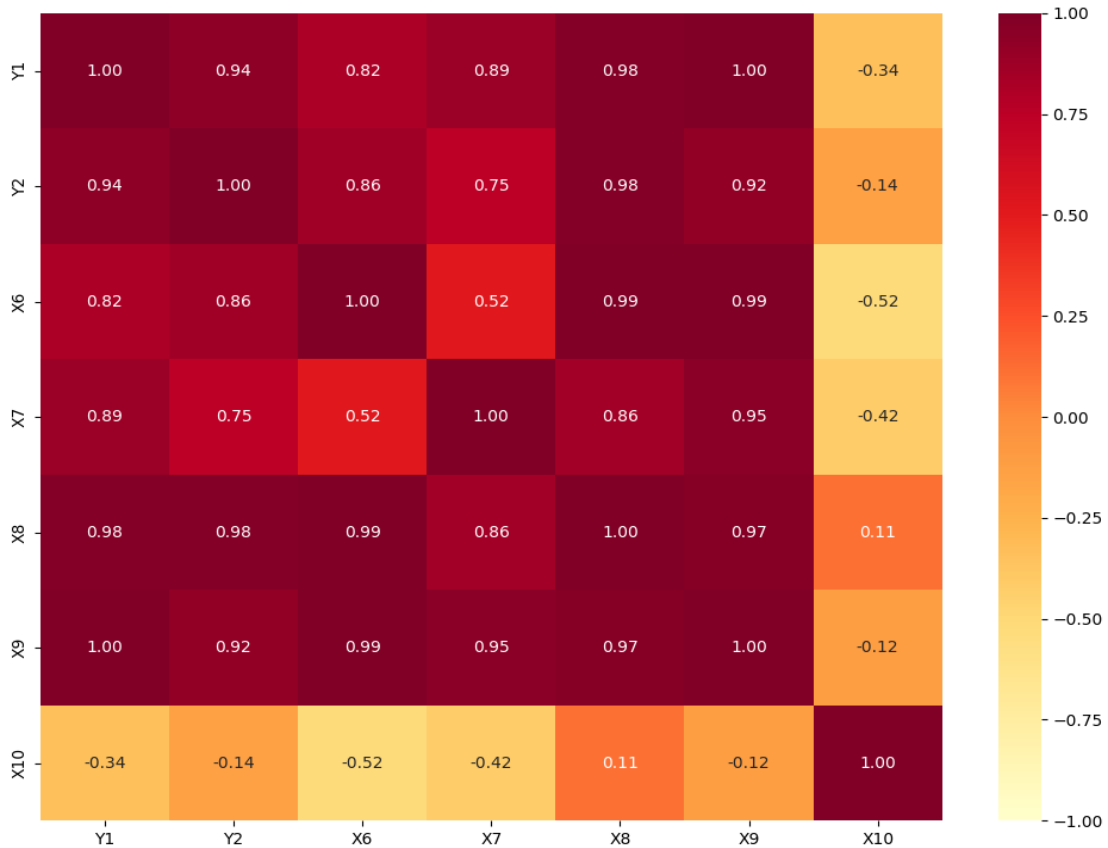


Рис. 2.6. Зведена кореляційна матриця для періоду 2020–2024 рр.

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

– слабкий або відсутній вплив загальних ресурсів, X_1 та X_4 , тим, що «МХП» є гігантом харчової промисловості, і лівова частка загальних капітальних інвестицій спрямовується на профільні активи (птахофабрики, логістику, техніку), а не виключно на енергетику. Тому загальний обсяг інвестицій не має лінійної синхронізації з графіком введення мегаватів ВДЕ. Також фактична відсутність зв'язку є свідченням високої технологічності та автоматизації об'єктів відновлюваної енергетики. Нарощування потужностей не потребує пропорційного збільшення загального штату працівників.

Варто відзначити високу кореляцію між незалежними факторами X_2 та X_7 на рівні 0.73. Це є логічним відображенням масштабування бізнесу: чим більше

землі обробляє агрохолдинг, тим більші обсяги продукції він здатен акумулювати для реалізації на зовнішніх ринках. Проте, оскільки обидва фактори мають різну економічну природу (фінансову та матеріально-просторову), їх одночасне використання у загальній концептуальній моделі є методологічно виправданим.

Розрахунок зведеної кореляційної матриці для періоду 2020–2024 рр. дозволив виявити глибоку взаємозалежність між розвитком енергетичної інфраструктури та трансформацією ресурсного забезпечення підприємства.

Встановлено наявність високого прямого зв'язку між нарощуванням потужностей ВДЕ Y_1 та обсягами фактично виробленої енергії, Y_2 , $r=0.94$, що свідчить про високий ступінь експлуатаційного завантаження нових об'єктів, які вводяться в дію для нагального покриття енергетичного дефіциту. Доведено компенсаторну функцію адаптивного HR-менеджменту: зростання рівня екстреної мобілізації X_6 майже функціонально детермінує збільшення частки жінок у штаті X_8 , $r=0.99$. Водночас, інтенсифікація розбудови ВДЕ, Y_1 , має високу кореляцію з масовим навчанням персоналу X_7 , $r=0.89$, що підтверджує неможливість інтеграції нових генеруючих та балансуєчих технологій без відповідної перекваліфікації працівників.

З екологічної точки зору, кореляційна модель зафіксувала ефект «заміщення», який полягає у збільшенні власної встановленої потужності об'єктів ВДЕ Y_1 , яка має зворотний зв'язок із непрямими викидами CO_2 від споживання мережевої електроенергії X_{10} , $r=-0.34$. Проте досягнення такого рівня автономності, Y_2 , супроводжується посиленням тиску на локальні екосистеми, що математично підтверджується критично високим кореляційним зв'язком із витратами водних ресурсів, X_9 , $r=0.92$, необхідними для технологічного забезпечення роботи біогазових комплексів.

У межах дисертаційної роботи перехід від кореляційного аналізу, який лише констатує наявність і напрямок зв'язку, до парного регресійного аналізу та оцінки довірчих інтервалів має на меті розв'язання наукового завдання формалізації причинно-наслідкових механізмів трансформації енергетичної системи

підприємства в умовах кризових явищ. Така формалізація здійснена за допомогою моделей парної лінійної регресії (рис. 2.7):

$$Y(X) = a + bX, \quad (2.2)$$

що дозволяє квантифікувати управлінські гіпотези. Інтерпретація базових параметрів моделі зводиться до наступного:

- коефіцієнт регресії b визначає граничну зміну сумарної потужності ВДЕ при зміні фактора на одну одиницю виміру. Цей показник слугує математичним базисом для стратегічного планування та розрахунку окупності проєктів енергоавтономності;

- вільний коефіцієнт a фіксує теоретичний базовий рівень генерації за відсутності впливу досліджуваного зовнішнього чинника;

- частка поясненої дисперсії статистично верифікує значущість фактора, доводячи, зокрема, що розбудова ВДЕ в умовах реального сектора економіки є функцією фінансової відкритості та експортної виручки компанії.

У межах дослідження 95-відсоткові довірчі інтервали розглядаються не лише як межі статистичної похибки, але і як індикатори стратегічного ризику та передбачуваності системи в умовах воєнного стану. Аналіз дисперсії емпіричних даних дозволив виокремити три принципові стани системи управління:

- детермінована керованість тренду спостерігається на графіку залежності від експорту X_2 . Висока щільність даних доводить, що взаємозв'язок є системним: менеджмент послідовно конвертує зростання валютної виручки в нові генеруючі потужності. Це підтверджує наявність стійкого управлінського патерну, інваріантного до макроекономічного фону;

- ефект «турбулентного розширення» зафіксовано в моделі впливу амортизації впливу війни та пандемії X_3 . За умови помірних фінансових втрат реакція підприємства є лінійно прогнозованою (вужька зона). Однак при екстремальному зростанні збитків (понад 100 млн дол. США) дисперсія рішень та ризик управлінської помилки суттєво зростають. Незважаючи на розширення

довірчої зони, збереження загального висхідного вектора тренду є науковим доказом пріоритетності енергонезалежності перед фінансовими ризиками;

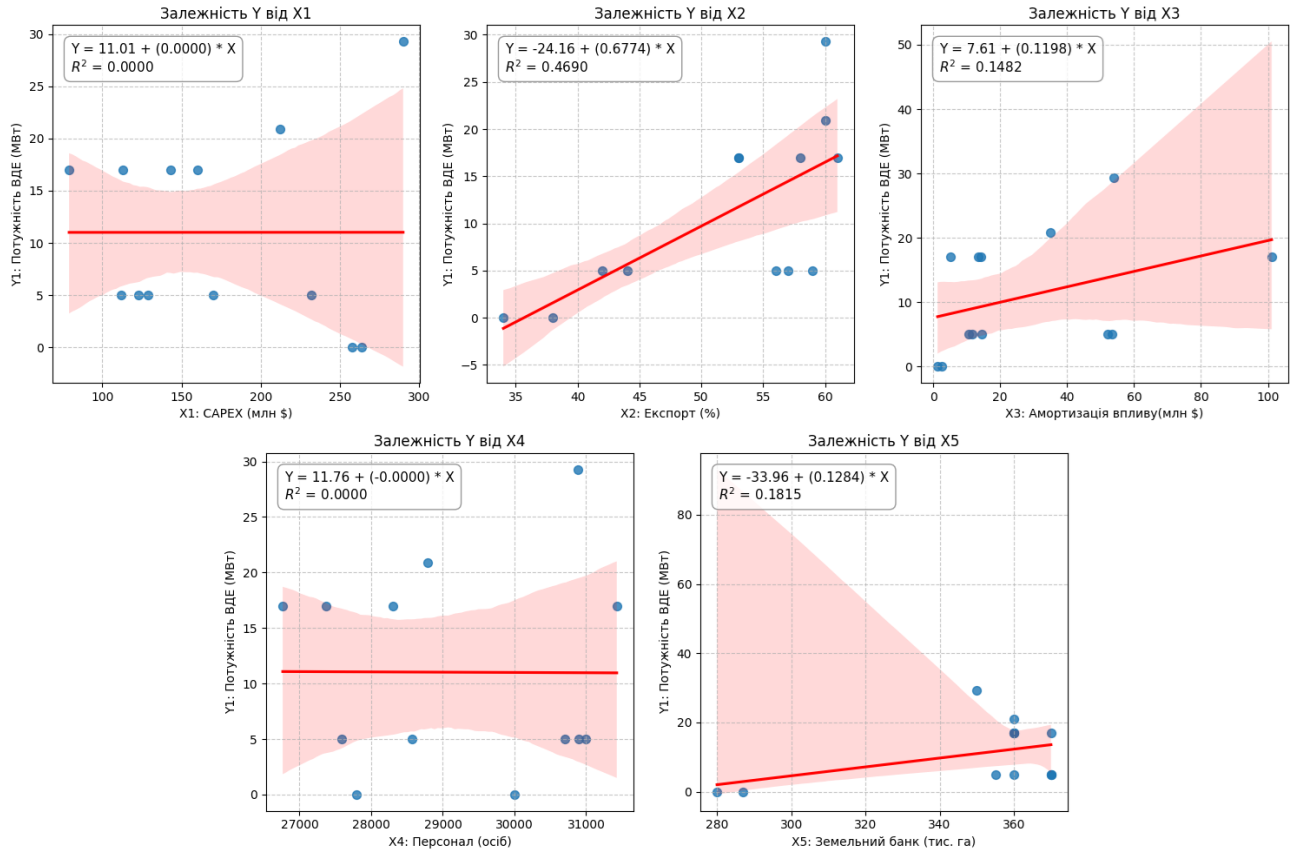


Рис. 2.7. Результати регресійного аналізу на основі періоду 2012–2024 рр

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

– статистичний шум та автономність інновацій відповідає максимально широкому інтервалу. Горизонтальні лінії тренду та значна дисперсія на графіках капітальних інвестицій X_1 та чисельності персоналу X_4 спростовують гіпотезу про пряму залежність між екстенсивним масштабуванням холдингу та екологічною модернізацією. Це доводить, що розбудова «зеленої» генерації є цільовим, інтелектуальним та структурно відокремленим процесом, який не детермінується загальним операційним розширенням підприємства.

З метою кількісної оцінки впливу кризових факторів на енергетичну трансформацію підприємства було побудовано серію моделей парної регресії для періоду 2020–2024 рр (рис. 2.8). У зв'язку з неповнотою публікації розширеної

нефінансової звітності у перші роки досліджуваного періоду, масив даних було попередньо нормалізовано із застосуванням методу лінійної інтерполяції та екстраполяції базових трендів. Це дозволило відновити пропущені значення та підготувати вибірку до економетричного аналізу без втрати логіки операційних процесів.

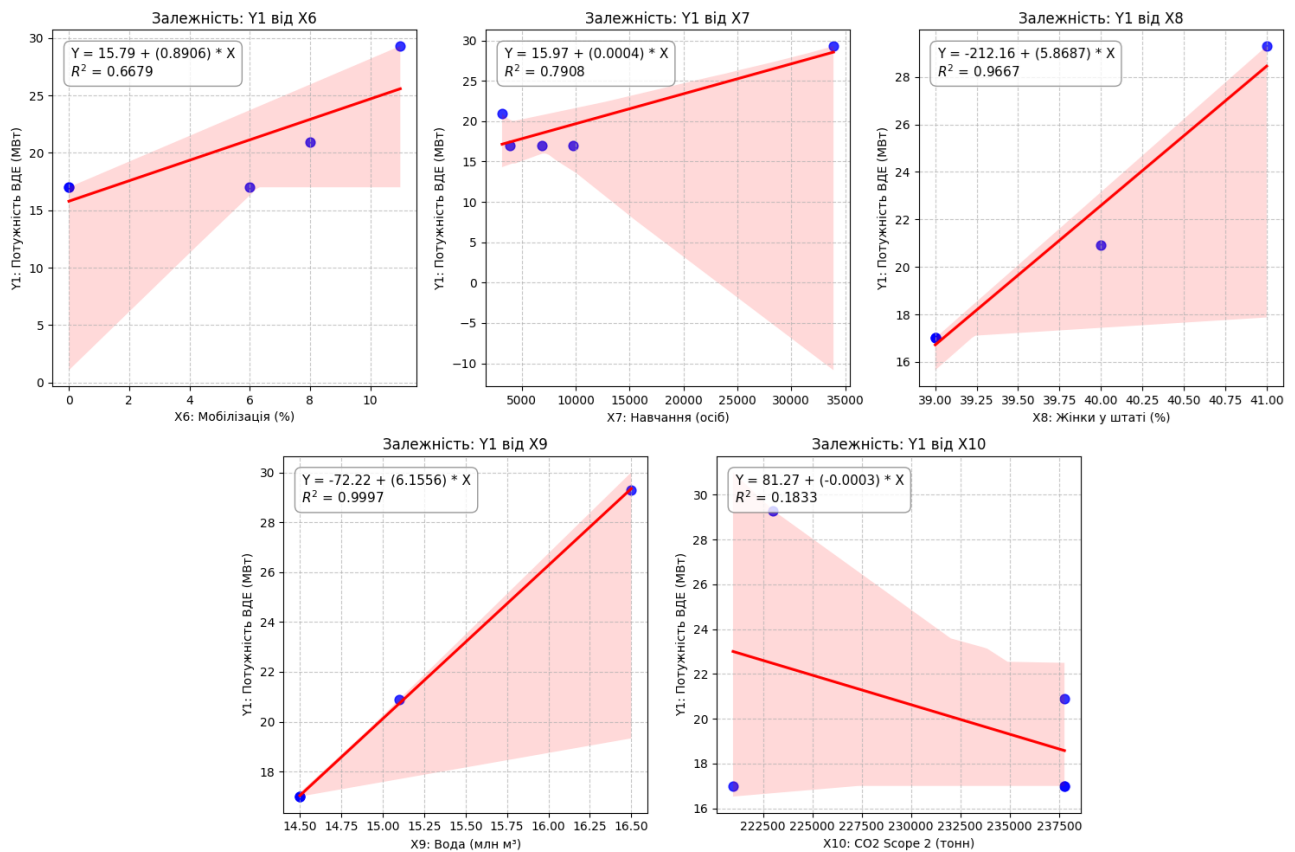


Рис. 2.8. Результати регресійного аналізу на основі періоду 2020–2024 рр

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

Отримані рівняння регресії та візуалізація довірчих інтервалів демонструють специфіку адаптивного менеджменту. Зокрема, виявлено високий рівень детермінації $R^2 > 0.95$ для факторів гендерної реструктуризації X_8 та використання водних ресурсів X_9 . Це математично доводить, що введення нових генеруючих потужностей у період війни жорстко синхронізоване з процесами заміщення мобілізованого персоналу жінками та супроводжується пропорційним зростанням навантаження на локальні гідроекосистеми. Натомість, вплив нарощування ВДЕ на непрямі викиди X_{10} має зворотний, але менш виражений та

статистично дисперсний характер, що зумовлено паралельним використанням дизельних генераторів під час загальнонаціональних блекаутів.

Окремої уваги заслуговує інтерпретація регресійних моделей, що описують вплив критичної втрати людського капіталу (мобілізації, X_6) та управлінської реакції на неї у вигляді масового навчання персоналу X_7 на масштабування енергетичної автономності. Аналіз цих залежностей дозволяє довести гіпотезу про синхронну трансформацію технологічного та кадрового потенціалів підприємства. На графіку парної регресії, модель $Y_1(X_6)$, спостерігається стійкий висхідний тренд частки мобілізованих працівників, який прямо корелює з інтенсивним нарощуванням мегаватів генерації. В умовах війни дефіцит кадрів стимулює прискорену децентралізацію. Новітні об'єкти ВДЕ характеризуються високим рівнем автоматизації та диспетчеризації. Їх експлуатація вимагає значно меншої кількості операційного втручання порівняно з традиційними системами забезпечення на базі дизель-генераторів. Таким чином, інвестиції у ВДЕ стають інструментом подолання кадрового голоду. Модель $Y_1(X_7)$ – навчання персоналу виявляє нелінійну, але надзвичайно показову закономірність. У перші роки повномасштабної війни (2022–2023 рр.) обсяги навчання суттєво скоротилися через шоківий стан системи. Однак у 2024 році, який відзначився рекордним введенням в експлуатацію нових потужностей ВДЕ (зростання Y_1 з 20.9 до 29.3 МВт), показник навченого персоналу зріс до 33 919 осіб. Регресійна модель фіксує цю пряму залежність, яка має управлінське пояснення. Масштабна інтеграція відновлюваної енергетики в агропромисловий комплекс неможлива без тотальної перекваліфікації персоналу. Запуск систем балансування та мікромереж на виробничих об'єктах вимагає формування нових протоколів безпеки та експлуатації. Це математично доводить, що технологічне масштабування є функціонально похідним від інституційної швидкості системи управління масово генерувати нові компетенції.

Комплексний аналіз кризової вибірки 2020–2024 рр. підтверджує, що зовнішній дестабілізуючий вплив ринку праці X_6 формує жорстку необхідність в

автоматизації та енергонезалежності, інфраструктурні об'єкти ВДЕ надають технологічне рішення, а масове навчання та гендерна реструктуризація штату, X_7 , X_8 забезпечують операційну здатність системи керувати цими новими активами.

Висновки до Розділу 2

1. Під визначенням детермінант функціонування системи управління відновлюваними джерелами енергії розуміються стійкі чинники, що визначають здатність суб'єкта господарювання в агросекторі ініціювати, фінансувати, експлуатувати, масштабувати та інтегрувати об'єкти відновлюваної генерації у господарську архітектуру підприємства. На сьогодні, енергетичний менеджмент великого аграрного підприємства (агрохолдингу) повинен поєднувати три рівні генерування управлінських рішень. Перший рівень охоплює стратегічне визначення цільової енергетичної моделі, другий передбачає акумулювання інвестиційного портфелю, а третій збалансовує виробництво і споживання, технічне забезпечення і контроль за рівнем ефективності використання. Лише у сукупності ці рівні формують належний синергетичний ефект функціонування системи енергоменеджменту агропідприємства.

2. Аграрні підприємства мають значний потенціал для генерації електроенергії з відновлюваних джерел завдяки поєднанню земельних ресурсів, виробничої інфраструктури, біологічних активів, органічних відходів, рослинних решток і сезонних профілів енергоспоживання. Досвід МНР, Kernel, Astarta та Vitagro підтверджує, що ефективність відновлюваної генерації залежить не лише від наявності технологічного обладнання, а насамперед від здатності менеджменту сформувати цілісну енергетичну архітектуру, узгодити ресурсні потоки з виробничими процесами, забезпечити інвестиційне фінансування,

відповідність міжнародним стандартам сталості та перетворити аграрні відходи на керований енергетичний актив.

3. Запропонована інтегральна модель оцінювання охоплює ресурсний, техніко-інфраструктурний, економічний, інституційний та управлінсько-резильєнтний блоки. Такий підхід дає змогу визначити не лише загальний рівень потенціалу, а й конкретні обмеження, які можуть перешкоджати реалізації ВДЕ-проєкту. Встановлено, що для широкого кола аграрних підприємств найбільш доступним напрямом є дахова сонячна генерація для самоспоживання, особливо на виробничих, складських, елеваторних і фермерських об'єктах. Біогазова генерація має вищий рівень складності, однак забезпечує додаткові ефекти через утилізацію органічних відходів, керованість виробництва електроенергії та можливість поєднання з тепловими потребами. Обґрунтовано, що найбільший стратегічний ефект можуть забезпечувати гібридні енергетичні системи, які поєднують сонячну генерацію, біоенергетику, накопичувачі електроенергії та кероване споживання. Такі рішення підвищують енергетичну автономність підприємств і зменшують ризики перебоїв електропостачання.

4. За результатами проведеного багатofакторного кореляційно-регресійного аналізу доведено, що розбудова систем генерації з ВДЕ в аграрному секторі в умовах воєнного стану є системним адаптивним процесом, що детермінується не стільки загальним масштабуванням бізнесу, скільки цілеспрямованою реакцією на виклики пов'язанні з війною. Факторний аналіз показників за період 2012–2024 рр. продемонстрував зростання макроекономічних збитків та витрат на амортизацію наслідків війни, які стимулюють активізацію інвестицій у ВДЕ заради фізичного виживання підприємства. Факторний аналіз за період 2020–2024 рр. виявив глибоку трансформацію управління людськими ресурсами під впливом впровадження ВДЕ.

5. Запропонована методика оцінки потенціалу аграрного підприємства для ВДЕ-генерації ґрунтується на п'яти блоках оцінювання: ресурсний блок; техніко-інфраструктурний блок; економічний блок; інституційний блок; управлінсько-

резильєнтний блок. Індикаторами оцінки потенціалу аграрного підприємства для ВДЕ-генерації є блоки: ресурсний, техніко-інфраструктурний, економічний, інституційний, управлінсько-резильєнтний. Запропонований інтегральний підхід дає змогу класифікувати аграрні підприємства за рівнем готовності до генерації електроенергії з ВДЕ. Для українських аграрних підприємств найперспективнішими у короткостроковому періоді є дахові сонячні електростанції для самоспоживання, поєднані за потреби з накопичувачами для критичних навантажень. У середньостроковій перспективі більший потенціал мають біогазові та гібридні проєкти, особливо в підприємствах із розвиненим тваринництвом, переробкою та стабільними потоками органічних відходів. У довгостроковій перспективі розвиток може відбуватися через агроенергетичні кластери, де кілька підприємств спільно формують ресурсну базу, інфраструктуру, сервісну компетенцію та доступ до фінансування.

В основу глобальної факторної моделі покладено гіпотезу про те, що зовнішні виклики такі, як війна, що класично виступають дестимуляторами розвитку, у випадку аграрної енергетики є каталізаторами нарощування інвестицій у децентралізовану генерацію заради виживання підприємства. Визначено головним індикатором успішності системи енергетичного менеджменту щодо фізичної децентралізації та досягнення автономності підприємства як вихідну змінну. Розрахунок зведеної кореляційної матриці для періоду 2020–2024 рр. дозволив виявити глибоку взаємозалежність між розвитком енергетичної інфраструктури та трансформацією ресурсного забезпечення підприємства. Встановлено наявність високого прямого зв'язку між нарощуванням потужностей ВДЕ та обсягами фактично виробленої енергії, що свідчить про високий ступінь експлуатаційного завантаження нових об'єктів, які вводяться в дію для нагального покриття енергетичного дефіциту.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [138-141; 144].

РОЗДІЛ 3

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТІВ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ В АГРАРНІЙ СФЕРІ

3.1. Інтеграція об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери в децентралізовану енергетичну систему України в умовах воєнних ризиків

Повномасштабна військова агресія проти України виявила критичні структурні дефіцити централізованої архітектури енергетичної системи. В основі традиційної моделі лежить концентрація виробничих потужностей на великих генеруючих об'єктах — атомних електростанціях (АЕС), великих теплоелектростанціях (ТЕС) та гідроелектростанціях (ГЕС). У мирний час така організаційно-технічна структура забезпечувала ефективне балансування попиту й пропозиції в масштабі країни, однак в умовах високого ризику цілеспрямованих атак на критичну інфраструктуру вона виявилася структурно вразливою.

До початку повномасштабного вторгнення росії понад 80% електроенергії в Україні виробляли централізовані об'єкти великої потужності — зокрема АЕС забезпечували близько 50%, ТЕС — ще близько 30% загального енергобалансу. Втрата навіть одного ключового енерговузла — генераційного чи трансформаційного — призводила до каскадних наслідків, зокрема локальних або регіональних блекаутів, втрати резервів маневрової потужності, а також порушення оперативного управління енергопостачанням.

Військова тактика РФ прямо апелювала до цієї системної вразливості: цілеспрямовані атаки здійснювалися на найбільші ТЕС (зокрема Трипільську, Бурштинську), підстанції класу 750/330 кВ та вузлові трансформаторні об'єкти, що відіграють роль у міжрегіональній передачі потужності. Станом на червень 2023 року загальні прямі збитки енергетичного сектору перевищили \$11,4 млрд, з яких понад 75% припали на об'єкти генерації великої потужності. Таким чином,

ідея про централізацію як основу ефективності втратила свою релевантність у кризовому контексті.

Аналіз практик екстреного реагування демонструє, що навіть масштабні заходи інженерного захисту (зведення укриттів навколо трансформаторів, підсилення ППО, автономне резервування критичних вузлів) не здатні усунути саму структурну уразливість. Як відзначено в аналітичних матеріалах Міненерго, навіть після технічного укріплення інфраструктури зберігається системна асиметрія — централізовані вузли залишаються "точками єдиного збою" (single points of failure), що робить їх стратегічною мішенню.

Це дозволяє констатувати, що централізована модель не відповідає критеріям адаптивності, гнучкості та резилієнтності (resilience) — ключових для функціонування інфраструктурної системи в умовах гібридної війни. Згідно з підходами комплексної безпеки, система має бути здатна не лише протидіяти загрозам, а й швидко відновлюватися та переорієнтовуватись у випадку часткових або повних пошкоджень. Центральні вузли, які забезпечували ефективність у попередніх умовах, стали слабкими ланками у воєнній ситуації, а отже — чинником ризику, а не стабільності.

Таким чином, саме війна стала каталізатором теоретичного і практичного зсуву: парадигма централізації — як інфраструктурна, так і управлінська — виявила свою межу застосовності. Це зумовлює потребу у переосмисленні логіки архітекtonіки енергосистеми з акцентом на регіоналізацію, локалізацію, резервування та інституційну поліцентричність.

Російська агресія 2022-2023 рр. різко висвітлила вразливість централізованої енергетичної архітектури України та фактично стимулювала прискорений перехід до децентралізації. Воєнні ризики стали потужним детермінантом трансформації: масовані ракетно-дронові удари противника показали, що кілька великих генеруючих об'єктів і вузлових підстанцій — це "єдині точки відмови", через які можна паралізувати всю систему. За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), у 2022–2023 рр. приблизно

половину електрогенеруючих потужностей України було знищено, пошкоджено або окуповано. Особливо постраждали великі теплові електростанції та підстанції, через що в пікові години споживання утворювався дефіцит потужності, що не перекривався навіть аварійним імпортом електроенергії [93]. Наприклад, влітку 2024 року генеруючий дефіцит сягав 2,3 ГВт, спричинивши планові та аварійні відключення електрики по всій країні. Єдиний високоточний удар міг вивести з ладу одразу значний сегмент енергомережі – так, атака 26 серпня 2024 р. спричинила одночасне знеструмлення до 8 млн домогосподарств, включно з першим за довгий час блекаутом у Києві [93].

Окрім електрогенерації, ворог цілеспрямовано нищив і централізовану теплову інфраструктуру. За даними Київської школи економіки, станом на травень 2024 року було пошкоджено або зруйновано 18 великих ТЕЦ та понад 800 котелень. Збитки енергосектору лише за перший рік війни оцінювалися більш ніж у \$10 млрд, причому $\frac{3}{4}$ цієї суми припадали на генерацію. Критичне скорочення пропозиції електроенергії та тепла оголило небезпечну залежність населення від центральних вузлів енергопостачання. Під загрозою опинилася гуманітарна безпека: особливо важкими були періоди зимових обстрілів, коли пошкодження єдиної ТЕЦ залишало без опалення цілі міста в морозні дні.

Урядові та галузеві аналітики дійшли висновку, що повернення до довоєнної моделі “як було” є недоцільним та неможливим в умовах триваючої агресії [94]. Ремонт або відбудова великих станцій триває роками і не гарантує безпеки – відновлений об’єкт залишається легкою мішенню для повторного удару. Тому воєнна ситуація зумовила стратегічний поворот до децентралізації енергосистеми як до вимушеної оборонної стратегії. На відміну від мирних країн, де драйвером децентралізації була в першу чергу екологічна політика, в Україні головним чинником стала енергетична безпека. Ключовим завданням стало розпорошення генерації територіально та технологічно, аби ускладнити противнику завдання її знищення.

Вже з перших місяців повномасштабної війни український уряд розпочав курс на екстрене розгортання розподіленої генерації. Було надано пріоритет розвитку мобільних та дрібних електростанцій замість будівництва великих блоків. Зокрема, Міністерство енергетики видало директивні вказівки щодо розгортання малої модульної генерації – газотурбінних та дизельних установок потужністю 5–40 МВт, які можна швидко встановити поблизу навантажених центрів. Паралельно було спрощено умови для встановлення сонячних панелей з акумуляторами на дахах адміністративних будівель, лікарень, шкіл, житлових будинків. Результати не забарилися: станом на початок 2024 року в Україні накопичено близько 1,5 ГВт потужностей споживацької СЕС (домогосподарства, малі комерційні установки) [117]. Для порівняння, ці 1500 МВт – це еквівалент живлення ~400 тис. домогосподарств. Тобто фактично було створено новий “розподілений блок” генерації, який працює децентралізовано і менш уразливий до атак з огляду на свою розосередженість.

Дані міжнародних організацій підтверджують цю тенденцію. Згідно з Foreign Policy Analytics, повторювані обстріли інфраструктури прискорили зусилля України з децентралізації мережі, зокрема через широке впровадження розподілених джерел – батарей, сонячних і вітрових станцій [109]. Попри надзвичайно високі ризики інвестування у воєнний час, в країні фактично почалося будівництво нової енергосистеми “на марші” – зі ставкою на стійкість і автономність локальних осередків. За підтримки партнерів були встановлені тисячі резервних генераторів для критичної інфраструктури (лікарень, вузлів водопостачання, котелень) і мобільні модульні котельні. Буквально за лічені місяці Україна стала полігоном для швидкого розгортання гнучких енергорішень, які раніше впроваджувалися роками.

Централізована мережа виявилася вразливою перед воєнними загрозами, і це усвідомлення трансформувалося у політичну волю до змін. Український регулятор НКРЕКП вніс зміни до Кодексу систем передачі, щоб дозволити роботу частин енергосистеми в ізольованому режимі на рівні розподільчих мереж (т. зв.

“енергоострови” в межах обленерго) для живлення критичних споживачів [120]. Іншими словами, країна почала створювати можливості для локальної стійкості: коли магістральна мережа пошкоджена, окремі райони можуть тимчасово працювати автономно, живлячи лікарні, водоканали, об’єкти зв’язку тощо. Такі заходи кардинально відрізняються від довоєнної парадигми і свідчать про перехід до поліцентричної архітектури навіть у надзвичайних умовах.

Війна стала каталізатором енергетичних перетворень в Україні. Втрата значної частини централізованих потужностей і постійна загроза нових руйнувань змусили переформатувати енергосистему на нових засадах. Децентралізація постала не лише як теоретично бажана, але й як практично необхідна стратегія виживання енергосектору. Таким чином, воєнні загрози не лише продемонстрували структурну вразливість централізованої енергетичної архітектури, а й започаткували процес практичної реалізації децентралізованих рішень, які поступово набувають системного характеру в українському енергетичному ландшафті.

Аналіз трансформаційних процесів в енергетичному секторі України в умовах війни свідчить про поступове формування практик децентралізації, які, хоча й не набули ще системного характеру, демонструють зрушення в напрямі нової парадигми. У відповідь на уразливість централізованих генерувальних вузлів, особливо в регіонах із високим рівнем загроз, активізувалися локальні ініціативи з розгортання малих генерацій, автономних систем енергопостачання та просюмерських рішень. Ці зміни можна охарактеризувати як перехід від реактивної адаптації до протоінституціоналізації децентралізованої моделі.

В Україні зростає частка інсталяцій сонячної генерації на дахах об’єктів критичної інфраструктури (зокрема, лікарень, об’єктів водопостачання, систем опалення), що підтримується державною програмою підтримки стійкості енергетичної інфраструктури. За даними Держенергоефективності, протягом 2022–2023 рр. кількість домогосподарств із власною сонячною генерацією зросла на 27%, з них понад 60% були встановлені у центральних та західних регіонах

країни. Паралельно фіксується поява мікромереж, особливо в громадських секторах (зокрема, у рамках гуманітарних проєктів з підтримки енергетичної автономії громад, фінансованих UNDP, GIZ, USAID).

Міжнародний досвід підтверджує ефективність децентралізованих рішень в умовах конфліктів та природних катастроф. Зокрема, у досвіді Пуерто-Ріко (після урагану "Марія") та у Японії (після землетрусу у Фукусімі) саме мікромережі з локальною генерацією, акумуляторами та smart-grid-інфраструктурою забезпечили стабільність електропостачання, тоді як централізовані системи зазнали повного колапсу. Аналогічні принципи resilience втілюються у рамках європейської політики REPowerEU, яка акцентує на ролі енергетичних громад, просюмерів та енергетичної автономії територій як складової енергобезпеки.

Проблематика розвитку відновлюваної енергетики активно досліджується у світовій та українській науковій літературі. У глобальному вимірі відновлювана генерація перетворилася з нішевого екологічного напрямку на центральний елемент енергетичної політики та інвестиційних стратегій. За даними IRENA, у 2024 році світові потужності відновлюваної енергетики зросли на 585 ГВт і досягли 4448 ГВт, причому сонячна та вітрова енергетика забезпечили переважну частку приросту [38-40]. ІЕА прогнозує, що до 2030 року зростання відновлюваної електроенергетики буде й надалі визначатися насамперед сонячною фотоелектрикою та вітровими технологіями, а розподілені сонячні системи становитимуть вагомую частину нового приросту [46]. Ці тенденції свідчать про структурне здешевлення і технологічну доступність ВДЕ для підприємств різних масштабів.

Окремий напрям досліджень пов'язаний із розподіленою генерацією та prosumer-моделями. У межах цього підходу споживач електроенергії стає активним учасником енергетичного ринку, поєднуючи функції споживання, виробництва, накопичення та управління попитом. Для аграрного підприємства така модель є особливо релевантною, оскільки виробничі цикли часто мають передбачуваний добовий або сезонний профіль енергоспоживання. Це дає змогу

проектувати ВДЕ-генерацію не як ізольований енергетичний об'єкт, а як частину операційної системи підприємства.

Важливу роль у процесі розподіленої генерації енергії в Україні має розвиток біоенергетики, що передбачає переробку агробіомаси, у тому числі енергетичні рослинні ресурси, на біопаливо. Україна має істотний потенціал біомаси, зокрема соломи зернових, відходів кукурудзи, соняшнику, вторинних відходів сільськогосподарського виробництва та біогазу з відходів агропромислового комплексу [113; 114]. За оцінками Bioenergy Association of Ukraine, вагому частину біоенергетичного потенціалу формують рослинні залишки та енергетичні рослинні ресурси [114]. Нові дослідження біогазового потенціалу України також підтверджують, що аграрні субстрати можуть бути базою для значного виробництва біогазу та біометану, а в електроенергетичному вимірі – для розвитку локальної когенерації [115].

У вітчизняному регуляторному полі важливим є запровадження статусу активного споживача та механізму самовиробництва. НКРЕКП зазначає, що після набрання чинності відповідними змінами у 2023 році споживачі отримали можливість виробляти електроенергію з альтернативних джерел, покривати власні потреби та продавати надлишки електропостачальнику без отримання ліцензії у передбачених законом випадках [116]. Для аграрних підприємств це створює інституційну основу для переходу від пасивного споживання до активного управління енергетичними потоками.

Разом з тим наявні дослідження часто розглядають окремо технічний ресурс, інвестиційну ефективність або регуляторні умови. Менш розробленим залишається питання комплексної оцінки потенціалу аграрного підприємства як цілісної виробничо-енергетичної системи. Саме така оцінка потрібна для прийняття управлінських рішень: який тип відновлюваних джерел енергії є пріоритетним, який масштаб проєкту є доцільним, чи варто поєднувати генерацію з накопиченням, яка частка енергії має використовуватися для самоспоживання, які ризики можуть обмежити реалізацію проєкту.

На цьому шляху важливим кроком в інституціоналізації децентралізації в Україні стало впровадження законодавчих норм щодо "енергетичних кооперативів", спрощення підключення мікрогенерації до мережі, а також започаткування проекту "100+ Енергонезалежних Громад", реалізованого Держенергоефективності спільно з GIZ. Втім, ці ініціативи поки залишаються фрагментованими та переважно пілотними. Вони потребують посилення нормативного середовища, зокрема через впровадження спеціального законодавства про мікромережі, стандарти для систем накопичення енергії, а також механізмів фінансової підтримки для домогосподарств та громад.

У табл. 3.1 узагальнено порівняння централізованої та децентралізованої моделей на основі ключових характеристик в умовах воєнних ризиків. Як спосіб пришвидшення процесу переходу до децентралізованої моделі в агросфері слід розглядати посилення співпраці між енергетичними та аграрними підприємствами через створення агроенергетичних кластерів.

Таблиця 3.1

Порівняльні характеристики централізованої та децентралізованої енергетичної моделі в умовах воєнних загроз

Характеристика	Централізована модель	Децентралізована модель
Структура виробництва	Великі генеруючі об'єкти (АЕС, ТЕС)	Малі локальні генерації, мікромережі
Стійкість до атак	Низька (одна точка збою)	Висока (розосереджена структура)
Гнучкість управління	Ієрархічне, централізоване	Поліцентричне, адаптивне
Роль споживача	Пасивний	Активний (просюмер)
Швидкість реагування на кризи	Повільна, централізована	Швидка, децентралізована
Інституційна основа	Єдиний оператор, регулятор	Громади, кооперативи, домогосподарства

Джерело: сформовано автором

Таким чином, децентралізація в українській енергетиці поступово переходить з концептуальної до прикладної площини, а також міжгалузевої та

міжсегментної взаємодії. Формуються емпіричні практики, які демонструють життєздатність альтернативної моделі в умовах високих ризиків. Утім, для набуття цією моделлю системного характеру необхідне інституціональне оформлення, розбудова нормативної бази, підвищення спроможності місцевих громад і запровадження стимулюючих механізмів участі бізнесу й домогосподарств.

На основі узагальнення змісту управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері запропоновано концептуальну модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, яка відображає взаємодію ресурсної, виробничої та інституційної підсистем функціонування аграрних енергетичних систем (рис. 3.1).

На відміну від традиційних моделей енергозабезпечення, де результати діяльності енергетичних об'єктів визначаються переважно технічними параметрами генерації, у системі аграрного виробництва ефективність управління формується внаслідок узгодження ресурсного потенціалу, виробничих характеристик підприємства та інституційних умов функціонування енергетичного сектору. У таких умовах управління відновлюваною генерацією набуває характеру багатофакторної економічної координації, у межах якої оптимізація енергетичних потоків безпосередньо пов'язана з організацією виробничих процесів та регуляторним середовищем функціонування енергетичного ринку.

Узагальнюючи викладене, можна констатувати, що формування децентралізованих рішень в українській енергетиці не лише зумовлене об'єктивними ризиками війни, але й відкриває вікно можливостей для інституціонального оновлення сектору. Наявні практики просюмерства, мікрогенерації, використання акумулювальних систем та гнучких локальних мереж демонструють потенціал для зміни архітектури енергосистеми на користь підвищеної стійкості, адаптивності та енергетичної автономії територій. Водночас

системна реалізація цієї трансформації потребує не лише технологічних змін, а й комплексного перегляду управлінських, нормативних та регуляторних засад, що забезпечують функціонування нової парадигми.

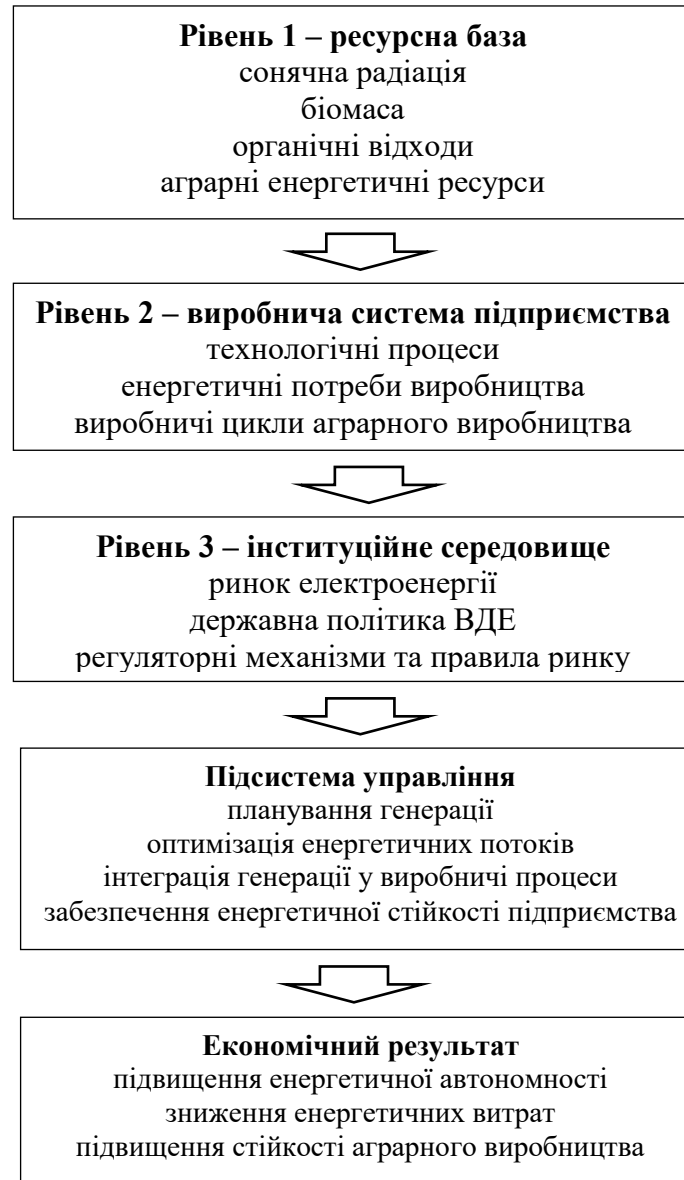


Рис. 3.1. Концептуальна модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Джерело: розроблено автором

У цьому контексті постає необхідність у формалізації інституціональної рамки децентралізованої енергетичної моделі, що передбачає поліцентричну архітектуру управління, розподіл компетенцій між національними та місцевими суб'єктами, адаптацію правових механізмів і створення стимулюючого

середовища для розвитку енергетичних ініціатив на субнаціональному рівні. Під інституціональною рамкою децентралізованої енергетики слід розуміти сукупність правових, організаційних і фінансових механізмів, що забезпечують сталу інтеграцію локальних ініціатив у загальнонаціональну енергетичну архітектуру.

Формування децентралізованої моделі енергетичної системи України в умовах воєнної деструкції передбачає не лише технологічні чи управлінські зрушення, а насамперед — глибокі інституціональні трансформації. Перехід від централізованої архітектури до поліцентричної парадигми вимагає системної перебудови суб'єктно-інституційної структури, делегування повноважень, переосмислення ролі держави, громади, бізнесу та громадянського суспільства в управлінні енергетичними ресурсами.

У класичних централізованих системах характерною є ієрархічна логіка управління — з домінуванням директивного впливу держави, обмеженою участю регіональних акторів і слабкою адаптивністю. У противагу цьому парадигма децентралізації, яка сьогодні реалізується в Україні під тиском воєнних викликів, передбачає розвиток поліцентричної моделі управління, в якій взаємодіють множинні центри прийняття рішень на різних рівнях з високим ступенем автономії.

Центральне місце в інституційному дизайні займає держава, яка формує стратегічну рамку, визначає нормативно-правові засади, гарантує безпекову стабільність і модерує інвестиційні потоки. Водночас, завдяки децентралізаційній реформі, активізується роль місцевого самоврядування — саме територіальні громади дедалі частіше стають замовниками, інвесторами та операторами локальних енергетичних рішень. Зокрема, у 2023–2025 роках реалізовано десятки проектів з установами мікромереж, дахових СЕС та систем накопичення енергії під егідою місцевих рад.

Приватний бізнес, особливо в сегменті малої розподіленої генерації, виступає каталізатором інновацій та технологічного прогресу. Саме він

забезпечує розгортання гнучких генерацій — газопоршневих установок, BESS (Battery Energy Storage Systems), біогазових систем. Донорські організації та міжнародні фінансові установи (EIB, USAID, GIZ) відіграють роль інституційних фасилітаторів, пропонуючи фінансові інструменти, технічну допомогу й ноу-хау.

Ключовими суб'єктами інституціональної системи децентралізованої енергетики виступають:

1. Держава, як регулятор і безпековий гарант;
2. Місцеве самоврядування, як носій адаптивної енергетичної політики на місцях;
3. Приватний бізнес, що здійснює інвестиції у генерацію та інфраструктуру;
4. Міжнародні партнери та донори, які сприяють капіталізації локальних проєктів;
5. Громади й домогосподарства, які трансформуються на prosumer-акторів, включених у виробництво енергії.

Така багаторівнева взаємодія вимагає розбудови інституціональної синергії — формування механізмів узгодження інтересів, платформ для координації, стандартів спільного управління. Особливо актуальним є запровадження гнучкого регуляторного поля, яке враховує гетерогенність учасників та регіональних умов. Особливо значення це має для забезпечення інтеграції об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери в децентралізовану енергетичну систему України.

Формування поліцентричної архітектури управління в енергетиці створює передумови для зниження вразливості системи до зовнішніх шоків, підвищення її адаптивності та сприяє сталому розвитку. У цьому контексті, пропонується авторська концепція інституціональної конвергенції — як процесу узгодження вертикальних (державних) і горизонтальних (громадських, приватних) форм енергетичного управління через інструменти політики співучасті, державно-

приватного партнерства, прозорих механізмів фінансування та управління ризиками.

Таким чином, інституціональний вимір децентралізаційної парадигми енергетики в Україні — це не лише питання формального перерозподілу повноважень, а складна система взаємодії акторів, яка формує нову логіку енергетичного розвитку на засадах стійкості, локалізації та інноваційності.

Побудовані на попередніх теоретичних і емпіричних засадах результати дозволяють синтезувати інтегральну концептуальну модель парадигми децентралізації енергетичної системи України, яка охоплює ключові інституційні, інфраструктурні та управлінські виміри трансформації.

Результати дослідження дозволили сформувати концептуальну модель децентралізації енергетичної системи України, що включає інтеграцію у неї об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери, як цілісної парадигми, що об'єднує структурні, інституціональні, технологічні та управлінські компоненти. Ця модель є відповіддю на виклики, зумовлені гібридною воєнною агресією, й одночасно орієнтиром для довгострокової трансформації енергетичної архітектури України у бік стійкості, гнучкості та енергетичної суб'єктності регіонів.

Модель базується на чотирьох взаємопов'язаних вимірах:

1. Інфраструктурний вимір — передбачає перехід від централізованих генеруючих об'єктів до мережі локальних джерел (RES, BESS, мікромережі), які інтегруються через «розумну» інфраструктуру (smart grid).

2. Інституціональний вимір — фокусується на поліцентричній участі суб'єктів: держава, громади, бізнес, домогосподарства. Центральне місце відводиться локальним акторам, здатним реалізовувати автономні енергетичні рішення.

3. Управлінський вимір — вимагає трансформації моделі управління: від вертикальної диспетчеризації до горизонтальної координації та саморегуляції з опорою на діджиталізовані платформи.

4. Технологічний вимір — забезпечується впровадженням розподілених технологій: інверторних систем, накопичувачів, smart-аналізу даних, peer-to-peer energy trading.

Узагальнення ключових відмінностей між централізованою та децентралізованою моделлю представлено в табл. 3.2. Виходячи з узагальнення порівняльних характеристик, концептуальна модель децентралізації відображає не лише зміну архітектури системи, а й трансформацію принципів функціонування енергетичного сектору в цілому.

Таблиця 3.2

Порівняльний аналіз централізованої та децентралізованої енергетичної парадигми

Параметр	Централізована модель	Децентралізована модель
Структура	Ієрархічна, вертикальна	Мережева, поліцентрична
Джерела енергії	Великі ТЕС/АЕС	Малі/середні RES, мікромережі, просюмери
Точка відмови	Єдина або кілька критичних вузлів	Децентралізація ризику, мультивузлова стійкість
Керування	Централізоване диспетчерське	Локальне самоврядування, цифрове управління
Адаптивність	Низька	Висока, на основі локальних рішень і зворотного зв'язку
Роль громад	Пасивне споживання	Активна участь, генерація, управління
Технологічна база	Масштабна, інерційна	Гнучка, розподілена, інноваційна
Вразливість країни до атак	Висока (цільові об'єкти)	Нижча (структурне розосередження)
Основна мета	Ефективність	Резиліентність, стійкість, автономність

Джерело: сформовано автором

Подана модель не є лише аналітичним конструктом, а виконує роль евристичного інструменту для стратегування енергетичної політики. Вона демонструє необхідність зміни логіки прийняття рішень в енергетиці — від централізованих директив до підтримки множинності локальних інновацій. Вона також дає підстави для формування нових нормативних підходів — зокрема, у сфері стимулювання просюмерства, розвитку регіональних енергетичних кластерів і трансформації регуляторної бази під децентралізовані моделі генерації та споживання.

Модель може бути використана як рамкова конструкція для подальших емпіричних досліджень у галузі енергетичної безпеки, регіональної енергетики та інституційної економіки в умовах війни та постконфліктного відновлення.

Подана модель формує основу для стратегічного переосмислення підходів до розвитку енергетики України в умовах багаторівневих загроз, забезпечуючи цілісність концептуальних і практичних рішень. Подальші дослідження доцільно спрямувати на операціоналізацію компонентів моделі через кількісні індикатори стійкості, ефективності та інституційної зрілості субнаціональних енергетичних систем.

3.2. Інтегральна оцінка ефективності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Перехід від дескриптивного аналізу окремих чинників до побудови комплексної системи менеджменту об'єктами генерації електроенергії потребує розробки цілісного, об'єктивного інструментарію оцінювання. Проведений у попередньому розділі парний кореляційно-регресійний аналіз дозволив ідентифікувати ізольований вплив макроекономічних та внутрішньо-організаційних детермінант на процеси генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Однак у реальних умовах функціонування аграрних підприємств ці чинники діють синергетично, утворюючи складну, динамічну систему з високим рівнем взаємозалежності.

З огляду на це, виникає гостра науково-практична необхідність формування інтегрального показника, здатного агрегувати різноспрямовані операційні потоки у єдиний вектор управлінського контролю. Концептуальним базисом для вирішення цього завдання є розробка інтегрального показника ефективності адаптивного управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, I_{M-RES} (рис. 3.2). У межах методології економетричного

моделювання та теорії менеджменту, цей індекс розглядається як основний інструмент для підтримки прийняття рішень.

Побудова індексу передбачає чітку ієрархічну декомпозицію процесу управління об'єктами енергогенерації на два автономні, але функціонально пов'язані компоненти:

- стратегічна компонента управління ресурсами та ризиками ВДЕ, I_{STR} , який акумулює рішення вищого корпоративного менеджменту щодо капіталізації X_1 , диверсифікації валютних ризиків через експортний потенціал X_2 , просторово-сировинного забезпечення X_5 та фінансової нейтралізації кризових умов – війни X_3 ;

- операційна компонента управління інфраструктурою ВДЕ I_{OPR} , який відображає якість щоденного менеджменту об'єктів в умовах кризи, включаючи подолання дефіциту інженерно-технічних кадрів через інструменти HR-адаптації X_6 , X_8 , нарощування специфічних енергетичних компетенцій X_7 та нівелювання екологічних чинників X_9 , X_{10} .

Математична адекватність моделі інтегрального індексу забезпечується завдяки використанню коефіцієнтів детермінації R^2 як вагових коефіцієнтів, що повністю усуває суб'єктивізм експертного оцінювання.

Застосування мультиплікативної форми згортки суб-індексів дозволяє реалізувати на практиці управлінський принцип «вузького місця» (теорію обмежень), за якого деструктивні процеси на операційному рівні не можуть бути компенсовані фінансовим профіцитом стратегічного рівня.

Для побудови інтегрального показника ефективності управління об'єктами генерації з ВДЕ I_{M-RES} доцільно використати методологію, яка безпосередньо впливає з уже проведеного багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу. Це забезпечить узгоджену логіку дослідження: результати регресії стануть математичною основою (вагами) для інтегральної згортки, що повністю виключить суб'єктивізм експертних оцінок та дозволить квантифікувати управлінські процеси.

Було розроблено концептуальну структуру та алгоритм розрахунку інтегрального показника, який розбито на чотири послідовні етапи (рис. 3.2). Показник має інтегрувати в собі два ключові вектори менеджменту: здатність стратегічно управляти ресурсами і ризиками макросередовища та ефективність операційного управління наявною інфраструктурою ВДЕ, враховуючи різноспрямований вплив стимуляторів та дестимуляторів.

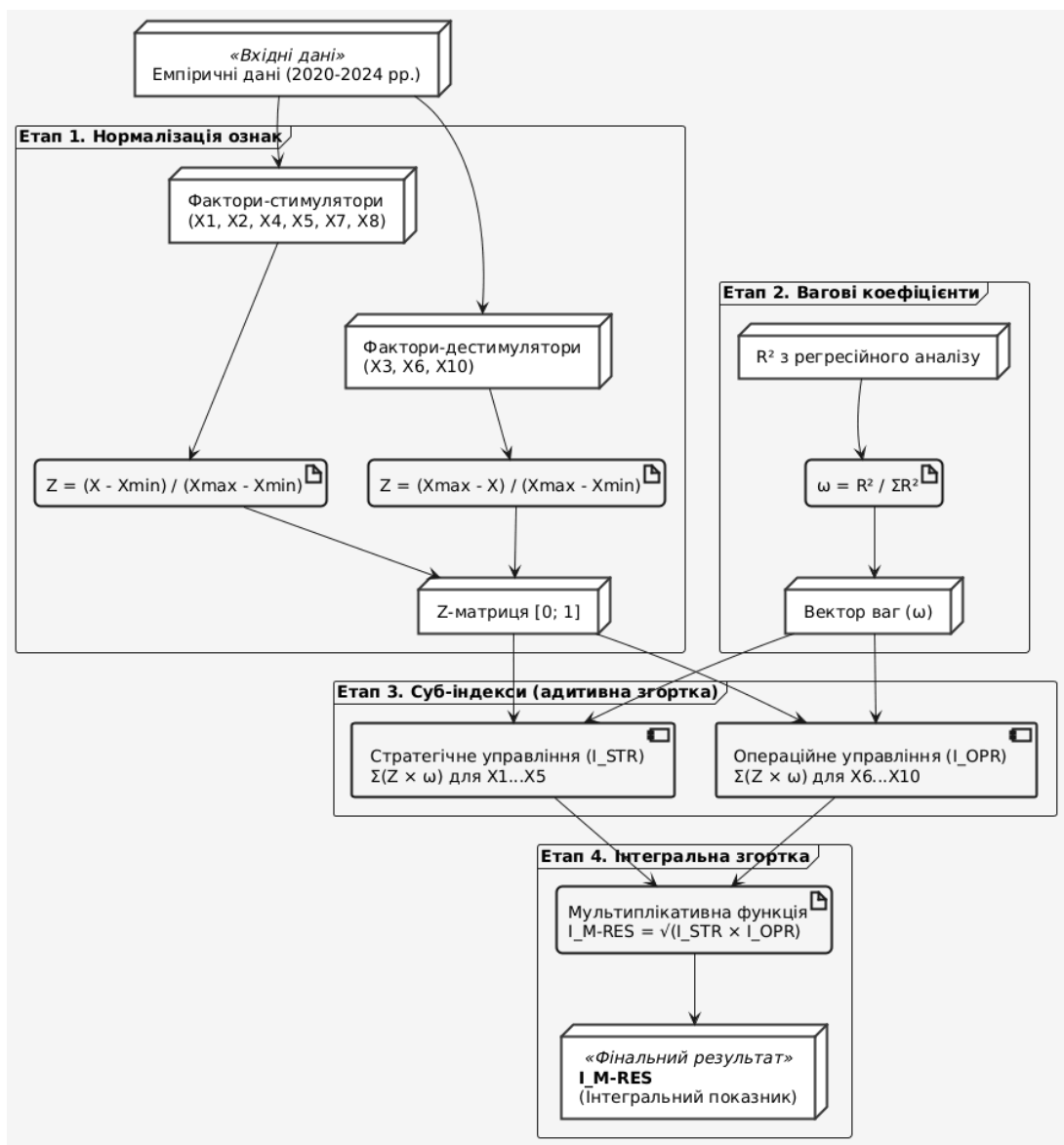


Рис. 3.2. Методологічна схема розрахунку інтегрального показника ефективності адаптивного управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Джерело: побудовано автором

Етап 1. Стандартизація та нормалізація ознак.

Оскільки управлінські та операційні показники мають різні одиниці виміру (МВт, млн \$, %, осіб, тонн), їх необхідно привести до безрозмірного вигляду в діапазоні [0; 1]. З огляду на поділ змінних у концептуальній схемі, нормалізація здійснюється за методом відносних відхилень:

– для факторів-стимуляторів, $X_1, X_2, X_4, X_5, X_7, X_8$, де зростання показника відображає підвищення управлінського потенціалу та ефективності:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - X_j^{min}}{X_j^{max} - X_j^{min}}; \quad (3.1)$$

– для факторів-дестимуляторів X_3, X_6 , де зростання показника ускладнює управлінський процес та руйнує стабільність, тому його інвертують:

$$Z_{ij} = \frac{X_j^{max} - X_{ij}}{X_j^{max} - X_j^{min}}; \quad (3.2)$$

Для специфічних екологічних факторів, X_9 – використання води, X_{10} – непрямі викиди CO_2 , нормалізація залежить від цільової функції еко-менеджменту (для викидів CO_2 застосовується формула дестимулятора, оскільки метою менеджменту є їх мінімізація).

Етап 2. Обґрунтування вагових коефіцієнтів.

Замість суб'єктивного експертного опитування, пропонується встановити ваги управлінських показників, ω_j , об'єктивним математичним шляхом – на основі отриманих коефіцієнтів детермінації, R^2 , з парних регресій. Фактор, який сильніше детермінує фактичне введення в експлуатацію нових потужностей ВДЕ, отримує вищу вагу в системі управління:

$$\omega_j = \frac{R_j^2}{\sum_{k=1}^n R_k^2}, \quad j=\overline{1,10}, \quad (3.3)$$

Такий підхід дозволяє, наприклад, надати експортному потенціалу X_2 та рівню мобілізації X_6 об'єктивно найвищі вагові коефіцієнти, оскільки саме вони найсильніше впливали на управлінські рішення в досліджуваному періоді.

Етап 3. Розрахунок проміжних індексів управління.

Ефективність менеджменту ВДЕ формується на двох організаційних рівнях, тому доцільно розрахувати два суб-індекси за допомогою адитивної згортки:

-індекс стратегічного управління ресурсами ВДЕ, I_{STR} , агрегує здатність вищого керівництва залучати капітал, формувати експортну спроможність, управляти земельним банком та амортизувати кризові впливи:

$$I_{STR}^i = \sum_{j=1}^n Z_{ij} \cdot \omega_j; \quad (3.4)$$

-індекс операційного управління інфраструктурою ВДЕ, I_{OPR} , агрегує реакцію HR-менеджменту на виклики ринку праці, швидкість перекваліфікації кадрів, гендерну реструктуризацію та ефективність екологічного управління:

$$I_{OPR}^i = \sum_{j=1}^m Z_{ij} \cdot \omega_j. \quad (3.5)$$

Етап 4. Мультиплікативна інтегральна згортка I_{M-RES} .

Для визначення фінального рівня ефективності управління генерацією пропонується використати мультиплікативну функцію згортки суб-індексів:

$$I_{M-RES} = \sqrt{I_{STR} \cdot I_{OPR}}. \quad (3.6)$$

Вибір мультиплікативної форми є принциповим для теорії менеджменту: вона унеможливує приховування провалів на одному з рівнів управління. Наприклад, якщо операційна компонента I_{OPR} наблизиться до нуля через некомпетентність персоналу або кадровий колапс, то навіть за наявності колосальних фінансових ресурсів на стратегічному рівні I_{STR} , загальний показник ефективності управління об'єктами ВДЕ різко впаде. Це повністю відповідає системному підходу до управління інфраструктурними проектами.

Для практичного впровадження розробленого інструментарію в систему реального менеджменту агрохолдингу виникла необхідність формалізації критеріїв інтерперетації отриманих результатів. З цією метою було розроблено ієрархічну матрицю шкалювання, яка пов'язує кількісні межі інтегрального показника I_{M-RES} із якісними рівнями ефективності системи управління та відповідними стратегічними імперативами розвитку об'єктів генерації (рис. 3.3).

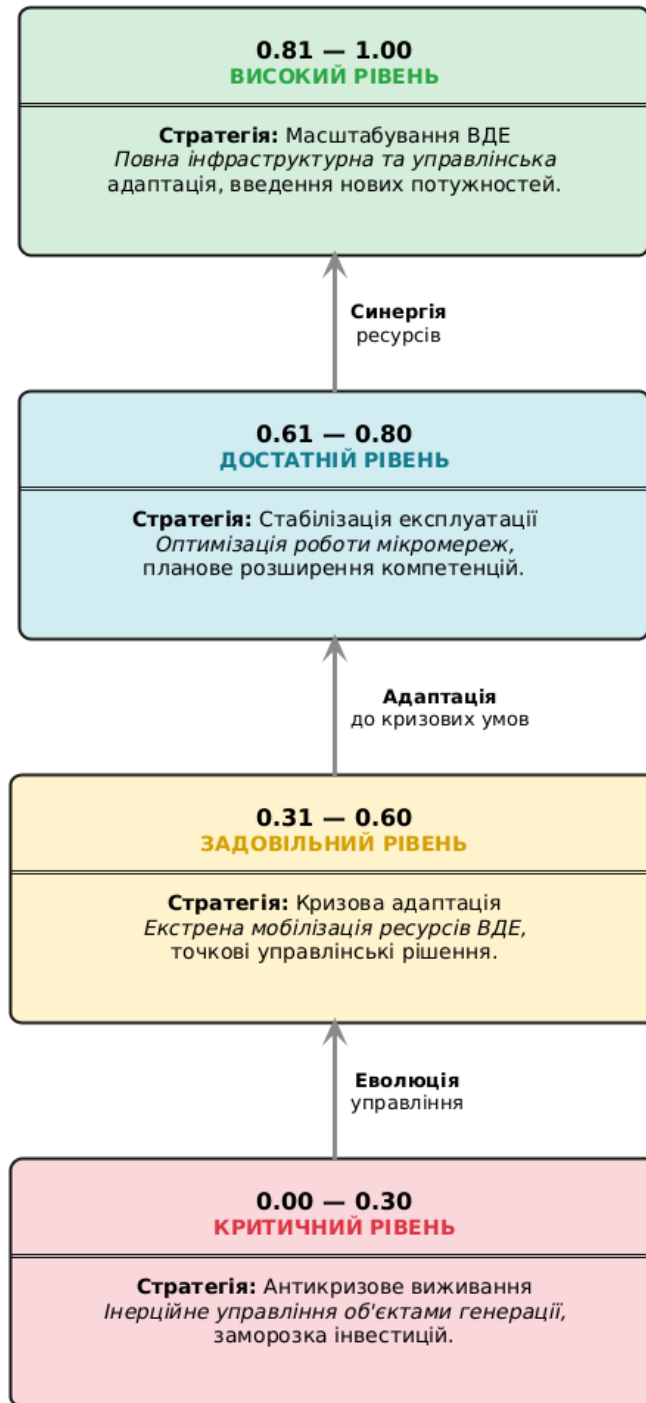


Рис. 3.3. Вертикально-ієрархічна матриця шкалювання та вибору стратегій управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

Представлена матриця шкалювання дозволяє менеджменту підприємства не лише констатувати поточний стан енергетичної підсистеми, але й автоматично обирати цільову траєкторію розвитку: від пасивного антикризового виживання за

низьких значень індексу до агресивного інвестиційного масштабування високотехнологічних об'єктів ВДЕ при досягненні оптимальних параметрів ефективності управління.

Загальний алгоритм підтримки прийняття рішень, що відображає послідовність від первинного аналізу даних до формування конкретних управлінських альтернатив, представлений у вигляді структурованої логічної схеми (рис. 3.4).

Запропонована структурно-логічна схема відображає сучасний управлінський цикл, який переводить процес прийняття стратегічних рішень з площини інтуїтивних припущень у формат Data-Driven Management (управління на основі даних). З точки зору корпоративного управління такий алгоритм усуває невизначеність та пропонує готові сценарії розподілу ресурсів. Управлінський процес у межах системи реалізується через три послідовні напрями.

1. Напрямок управлінської аналітики.

На цьому етапі топ-менеджмент отримує об'єктивну картину того, що відбувається з енергетичною інфраструктурою компанії. Замість десятків розрізнених звітів від фінансового, HR- та екологічного департаментів, керівник отримує єдиний агрегований показник – інтегральний індекс. Головна управлінська цінність цього напрямку полягає у мінімізації суб'єктивізму. керівнику не потрібно самостійно визначати, що зараз критичніше впливає на розбудову ВДЕ – брак інвестицій чи дефіцит навченого персоналу. Алгоритм показує реальну «вагу» кожної проблеми на основі ретроспективних даних компанії, дозволяючи менеджменту сфокусувати увагу на найважливішому.

2. Напрямок підтримки прийняття рішень.

Це центральний елемент, який виконує функцію «цифрового радника». Отримавши показник ефективності, менеджеру не має необхідності розробляти антикризові заходи з нуля, йому пропонується релевантна управлінська стратегія:

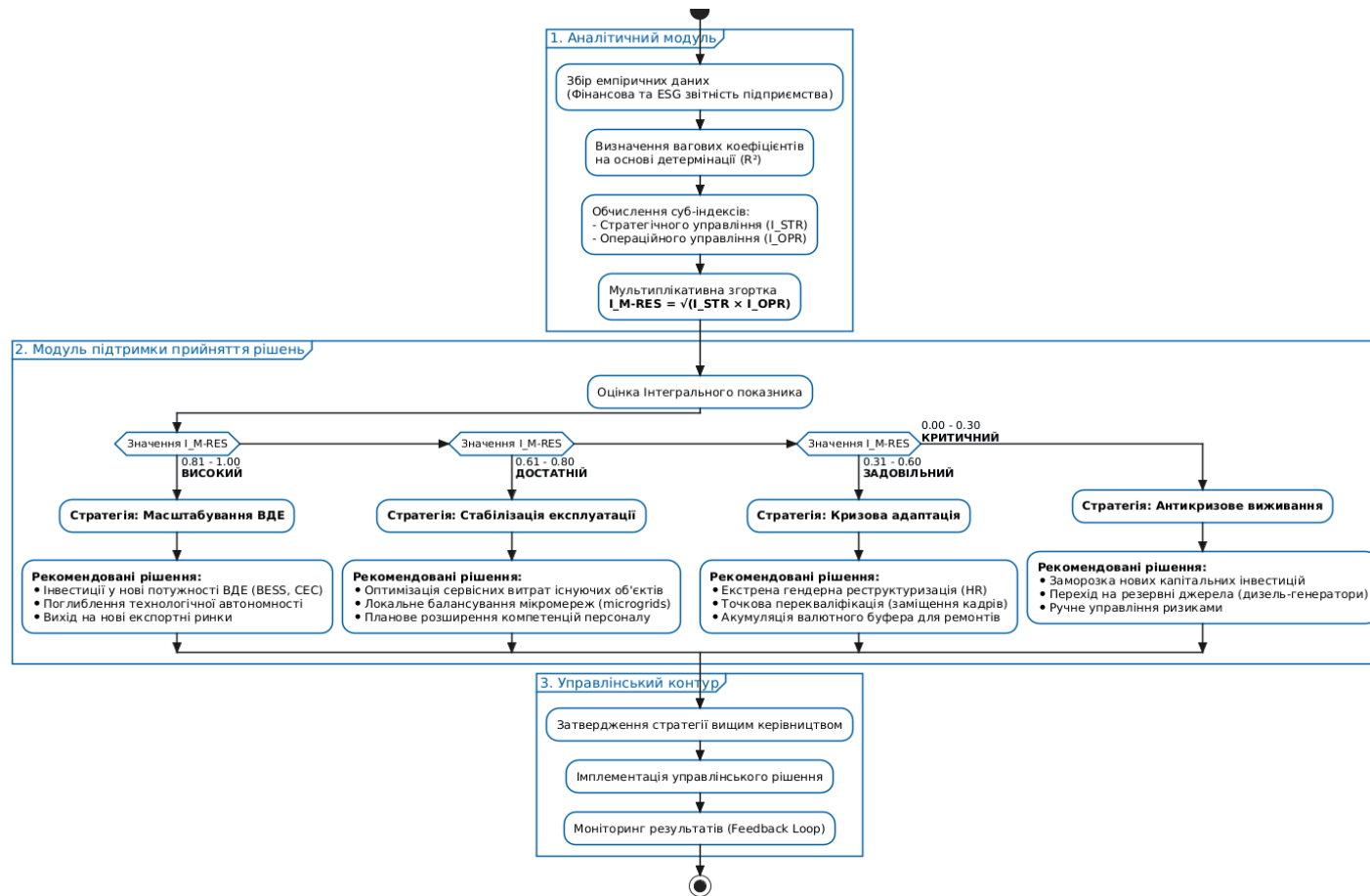


Рис. 3.4. Структурно-логічна схема підтримки прийняття рішень щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Джерело: побудовано автором

- стратегія масштабування ВДЕ. Якщо фіксується високий рівень ефективності, це сигналізує керівництву про готовність компанії до експансії (рекомендації виділяти бюджети на нові системи накопичення енергії та виходити на нові ринки);
- стратегія стабілізації експлуатації. За достатнього рівня менеджменту рекомендовано призупинити екстенсивне будівництво і спрямувати зусилля на операційну оптимізацію (сервіс, локальне балансування мереж);
- стратегія кризової адаптації. Якщо індекс падає, для HR-директора та операційного керівника пропонується заміщення кадрів;
- стратегія антикризового виживання. При критичному падінні показника система ініціює протокол збереження капіталу – менеджмент отримує обґрунтований сигнал для заморожування інвестицій та переходу в режим жорсткої економії.

3. Виконавчий напрям.

Цей блок підкреслює, що розроблена модель прийняття рішень не замінює керівника, а посилює його управлінську спроможність. Фінальне рішення завжди залишається за топ-менеджментом, який затверджує запропоновану стратегію та запускає її в дію. Найважливішим управлінським механізмом цього є зворотній зв'язок. Після реалізації рішень (наприклад, проведення масового навчання персоналу), здійснюється оцінка, як ці дії змінили стан компанії в наступному періоді. Це забезпечує безперервність циклу управління (відповідно до класичного циклу Демінга – Plan-Do-Check-Act) та дозволяє керівництву оцінювати ефективність власних рішень.

З точки зору менеджменту, розроблена структурно-логічна схема є прикладним інструментом управління інфраструктурними проектами. Вона дозволяє керівництву агрохолдингів синхронізувати фінансові, кадрові та матеріальні ресурси, стандартизувати реакцію на зовнішні кризові чинники та забезпечити безперервність бізнес-процесів в умовах енергетичного дефіциту.

Практична апробація розробленої схеми підтримки прийняття рішень та методики розрахунку інтегрального показника ефективності управління об'єктами

генерації з ВДЕ, I_{M-RES} , здійснена на масиві емпіричних даних ПрАТ «МХП» за період 2020–2024 рр. Результати поетапного агрегування нормалізованих показників у суб-індекси стратегічної I_{STR} та операційної I_{OPR} компоненти, а також фінальні значення інтегрального показника наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати інтегрального оцінювання ефективності управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел ПрАТ «МХП»

Рік	Індекс стратегічного управління, I_{STR}	Індекс операційного управління, I_{OPR}	Інтегральний показник, I_{M-RES}	Ідентифікований рівень та управлінська стратегія
2020	0.402	0.233	0.306	Задовільний, Кризова адаптація
2021	0.392	0.212	0.288	Критичний, Антикризове виживання
2022	0.802	0.139	0.334	Задовільний, Кризова адаптація
2023	0.861	0.268	0.480	Задовільний, Кризова адаптація
2024	0.616	0.808	0.706	Достатній, Стабілізація експлуатації

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

Аналіз динаміки інтегрального показника I_{M-RES} та його складових (рис. 3.5) дозволяє виокремити три принципово різні етапи динаміки системи управління енергетичною інфраструктурою підприємства. Перший етап (2020–2021 рр.) – «Довоєнний період». У цей період фіксуються найнижчі значення інтегрального показника, 0.306 та 0.288 відповідно, що класифікує ефективність управління на критичному рівні. Незважаючи на помірну стабільність макросередовища, $I_{STR} \approx 0.40$, операційна компонента управління ВДЕ демонстрував спад $I_{OPR} \approx 0.22$. Це підтверджує тезу про те, що до повномасштабного вторгнення об'єкти ВДЕ сприймалися корпоративним менеджментом переважно як допоміжний інструмент екологічної звітності (ESG), а не як критична інфраструктура, що не вимагало інтенсивного залучення та перекваліфікації персоналу.

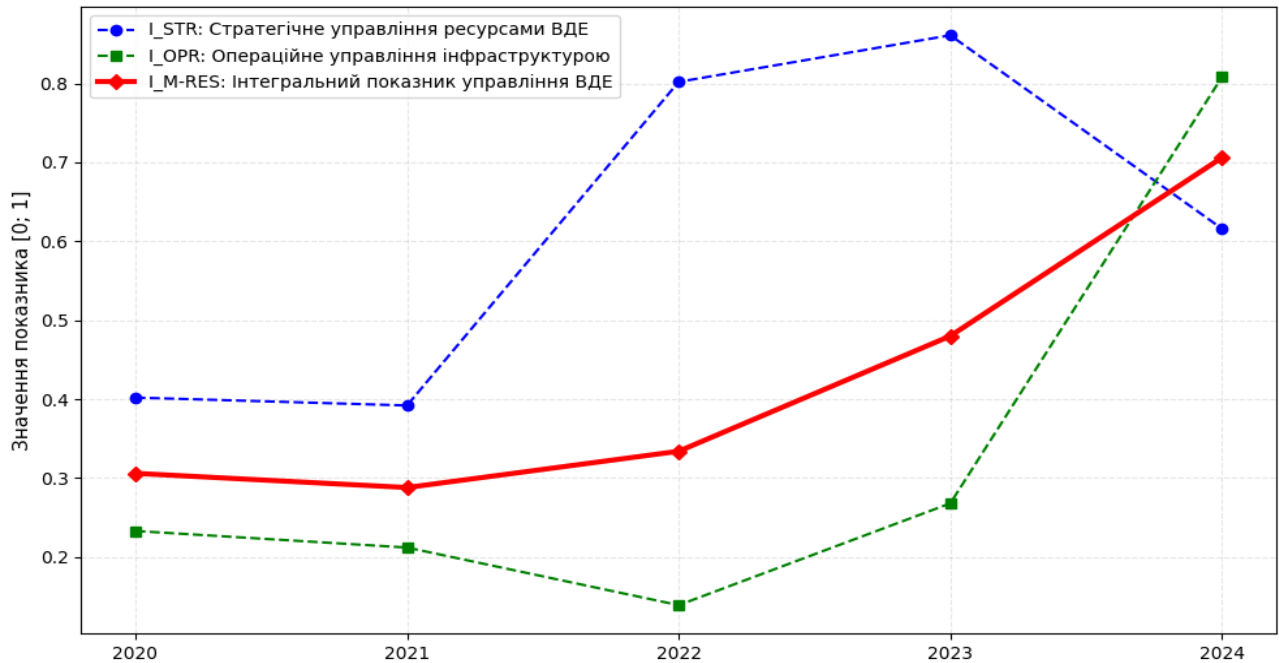


Рис. 3.5. Динаміка інтегрального показника ефективності управління об'єктами ВДЕ ПрАТ «МХП»

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

Другий етап 2022–2023 рр. – «Початок війни та десинхронізація управління». Дані за 2022 рік є ключовим емпіричним доказом ефективності розробленої мультиплікативної математичної моделі інтегрального оцінювання. З початком повномасштабної війни фіксується безпрецедентний розрив між компонентами управління. Індекс стратегічного управління зріс удвічі $I_{STR} = 0.802$, що відображає екстрене рішення вищого керівництва спрямувати фінансові ресурси та експортну виручку на розбудову автономної генерації в умовах блекаутів. Проте індекс операційного управління знизився до мінімального значення $I_{OPR} = 0.139$. Це є математичним відображенням жорсткого кадрового дефіциту, викликаного екстреною мобілізацією, та повної неготовності наявного персоналу обслуговувати нові високотехнологічні об'єкти ВДЕ. Завдяки мультиплікативній формі, інтегрований показник не нівелював операційний провал за рахунок фінансових вливань, а об'єктивно продемонстрував ефективність на межі критичного та задовільного рівнів (0.334). У 2023 році спостерігається закріплення стратегічних зусиль $I_{STR} = 0.861$ та початок повільного

відновлення операційної спроможності $I_{OPR}=0.268$, що підвищило інтегральний індекс до задовільного рівня (0.480).

Третій етап, 2024 рік, – «Системна синергія та стабілізація». У 2024 році система управління подолати неефективність операційної компоненти. Завдяки імплементації масштабних програм перекваліфікації та гендерній реструктуризації штату, індекс операційного управління зріс до $I_{OPR}=0.808$. Водночас стратегічна компонента стабілізувався на раціональному рівні $I_{STR}=0.616$, перейшовши до планового фінансування. Синхронізація обох компонент забезпечила зростання інтегрального показника до значення 0.706 (достатній рівень), що реалізувалося у стратегії «Стабілізації експлуатації».

Проведене тестування розробленої методики інтегрального оцінювання на реальному масиві даних ПрАТ «МХП» доводить її практичну цінність для менеджменту. Модель чутливо реагує на розриви між інвестиційними намірами та кадровими можливостями підприємства, а її результати слугують надійним аналітичним фундаментом для ідентифікації поточного стану управління об'єктами генерації з ВДЕ підприємствами аграрної сфери та вибору обґрунтованих стратегій управління ними в умовах кризового середовища.

3.3. Сценарне моделювання та оптимізація управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Обґрунтована та розроблена у підрозділі 3.2 методика інтегрального оцінювання дозволили здійснити ретроспективний моніторинг ефективності управління відновлюваними джерелами енергії в агрохолдингу. Проте в умовах високої турбулентності воєнно-економічного середовища, перманентного дефіциту кадрового потенціалу та жорстких фінансових лімітів, оціночне фіксування поточного стану системи є недостатнім для забезпечення її

довгострокової життєздатності. Перед топ-менеджментом підприємства постає прогностична задача: визначити, як саме необхідно розподілити обмежені ресурси розвитку між стратегічними та операційними важелями впливу, щоб максимізувати стійкість системи за різних траєкторій розвитку зовнішнього середовища.

Для вирішення цього завдання у даному підрозділі реалізовано сценарне моделювання на основі апарату нелінійної параметричної оптимізації з обмеженнями. Сформована концепція базується на результатах економетричного аналізу детермінант в розділі 2, де було математично доведено ізольований вплив та питому вагу кожного фактора. Переходячи від статичної оцінки до динамічного управління, ми розглядаємо сценарний аналіз як інструмент імітації майбутніх станів компанії, що дозволяє зробити процес прийняття рішень об'єктивним та сформувані науково обґрунтовані стратегічні імперативи. Такий сценарний аналіз є двоетапний.

Етап 1. Загальна математична постановка задачі оптимізації управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері

Концептуальним завданням сценарного моделювання є знаходження такого вектора керованих управлінських дій, який забезпечує максимальну стійкість та ефективність функціонування об'єктів генерації з ВДЕ за умови жорстких лімітів кризового макросередовища.

Нехай функціонування системи менеджменту об'єктами децентралізованої енергетики агрохолдингу описується двома типами векторів параметрів:

Вектор керованих управлінських змінних:

$$\vec{Z} = [Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_7, Z_8, Z_9, Z_{10}]^T \in \Omega \subset \mathbb{R}^n, \quad (3.6)$$

де

Z_1 – капіталізація та прямі інвестиції у будівництво потужностей ВДЕ;

Z_2 – формування комерційного (експортного) буфера;

Z_4 – масштаб та утримання кадрового потенціалу;

Z_5 – просторово-сировинне забезпечення енергооб'єктів;

Z_7 – інтенсивності HR-навчання та перекваліфікації персоналу;

Z_8 – рівень гендерної реструктуризації штату;

Z_9 – раціональне водокористування та еко-безпека;

Z_{10} – еко-менеджмент та скорочення непрямих викидів CO_2 .

Кожна компонента $Z_j \in [0; 1]$ відображає нормалізований за методом відносних відхилень рівень ефективності управління за j -м внутрішнім операційним або стратегічним чинником.

Вектор зовнішніх параметрів стану середовища (некерованих шоків):

$$\vec{S}_k = [S_3, S_6]^T, \quad (3.7)$$

де S_3 – рівень нейтралізації макроекономічних та воєнних впливів) та S_6 – рівень кадрової стабільності в умовах мобілізації є фіксованими дестимуляторами, числє кількісне значення жорстко задається зовнішніми умовами конкретного сценарію $k \in \{A, B, C\}$.

Як глобальний критерій оптимальності системи корпоративного управління виступає максимізація інтегрального показника ефективності адаптивного управління об'єктами генерації з ВДЕ I_{M-RES} :

$$\max_{\vec{Z} \in \Omega_k} I_{M-RES}(\vec{Z}, \vec{S}_k). \quad (3.8)$$

З урахуванням розробленої двоконтурної архітектури, цільова функція розгортається у нелінійну мультиплікативну структуру виду:

$$I_{M-RES}(\vec{Z}, \vec{S}_k) = \sqrt{I_{STR}(\vec{Z}_{str}, S_{3,k}) \cdot I_{OPR}(k_{opr}, S_{6,k})} \rightarrow 1, \quad (3.9)$$

де індекси стратегічна I_{STR} та операційна I_{OPR} компоненти декомпонуються як лінійні адитивні згортки відповідних підмножин керованих змінних та зовнішніх впливів:

$$I_{STR}(\vec{Z}_{str}, S_{3,k}) = \sum_{j \in J_{str}} Z_j \cdot \omega_j + S_{3,k} \cdot \omega_3, \quad J_{str} = \{1, 2, 4, 5\}, \quad (3.10)$$

$$I_{OPR}(k_{opr}, S_{6,k}) = \sum_{j \in J_{opr}} Z_j \cdot \omega_j + S_{6,k} \cdot \omega_6, \quad J_{opr} = \{7, 8, 9, 10\}. \quad (3.11)$$

При цьому виконується умова нормування математичних ваг ω_j , отриманих на основі коефіцієнтів детермінації R^2 емпіричного аналізу:

$$\sum_{j \in J_{sr} \cup 3} \omega_j = 1, \quad (3.12)$$

$$\sum_{j \in J_{opr} \cup 6} \omega_j = 1, \quad (3.13)$$

Область допустимих рішень Ω_k , у межах якої менеджмент холдингу здійснює пошук оптимального вектора управлінських дій \vec{Z} , формується такою системою інтервальних, бюджетних та структурних нерівностей:

- інтервальні обмеження нормалізованого простору станів:

$$0 \leq Z_j \leq 1, \quad \forall j \in J_{sr} \cup J_{opr}. \quad (3.14)$$

- граничне сукупне бюджетно-ресурсне обмеження (конкуренція важелів):

$$\sum_{j \in J_{sr} \cup J_{opr}} c_j \cdot Z_j \leq C_k, \quad (3.15)$$

де

$c_j > 0$ – технологічні коефіцієнти капіталомісткості (питома вартість або обсяг корпоративного ресурсу, необхідний для підвищення ефективності j -го чинника до максимального значення 1.0);

C_k – лімітований обсяг фінансово-матеріальних ресурсів агрохолдингу, виділений на «зелену» енергетику у межах сценарію k .

- організаційне обмеження структурної узгодженості:

$$Z_7 \geq \gamma \cdot Z_1, \quad (3.16)$$

де $\gamma > 0$ – коефіцієнт мінімально допустимої відповідності темпів інтенсивності підготовки та перекваліфікації інженерних кадрів Z_7 відносно масштабів інвестиційного будівництва та капіталізації активів ВДЕ Z_1 для упередження операційного збою інфраструктури.

Перемикання між режимами сценарного моделювання та вибір цільової стратегії реалізується через модифікацію параметрів жорсткості матриці обмежень. Для систематизації параметрів сценарного моделювання сформовано структуровану табл. 3.4, яка чітко розмежовує екзогенні умови та характер поведінки оптимізаційної моделі.

Матриця параметричної ідентифікації та управлінського змісту сценаріїв
моделювання

Назва сценарію k	Математична ідентифікація параметрів	Стан області допустимих рішень (Ω_k)	Управлінський зміст та характер функціонування системи	Цільова стратегія
Оптимістичний сценарій, $k = A$	$\begin{cases} S_{3,A} \rightarrow 1 \\ S_{6,A} \rightarrow 1 \\ C_A \rightarrow \max \end{cases}$	Максимальне розширення границь області Ω_A	Характеризується повним зняттям кадрового тиску, стабілізацією макросередовища та наявністю профіцитного інвестиційного бюджету. Модель орієнтується на гармонійне технологічне масштабування та формування випереджаючих компетентностей.	Інвестиційна експансія та технологічне масштабування
Базовий сценарій, $k = B$	$\begin{cases} S_{3,B} \rightarrow \text{const} \\ S_{6,B} \rightarrow \text{const} \\ C_B \rightarrow \text{const} \end{cases}$	Стабілізація на рівні поточної динамічної рівноваги	Передбачає інерційне збереження рівноважних лімітів, досягнутих у поточному середньостроковому періоді. Ресурси холдингу є помірно обмеженими, що змушує систему фокусуватися на внутрішній операційній ефективності та смарт-балансуванні наявної інфраструктури ВДЕ.	Стабілізація експлуатації та операційна оптимізація
Песимістичний сценарій, $k = C$	$\begin{cases} S_{3,C} \rightarrow 0 \\ S_{6,C} \rightarrow 0 \\ C_C \rightarrow \max \end{cases}$	Екстремальне звуження до критичного мінімуму	Відображає умови ескалації воєнно-економічної кризи та пікового мобілізаційного тиску. Примусово переводить модель у режим нелінійного пошуку компромісних, низьковитратних HR-компенсаторів (зокрема гендерної ротації) для запобігання колапсу цільової функції.	Антикризове виживання та адаптація

Джерело: сформовано на основі проведених досліджень

Етап 2. Аналіз та інтерпретація результатів нелінійної оптимізації множини сценаріїв. Наведемо аналіз та систематизовані результати сценарного моделювання управлінських рішень. Обчислювальні експерименти, реалізовані за

допомогою алгоритму послідовного квадратичного програмування (SLSQP) для трьох полярних станів макросередовища (оптимістичного $k=A$, базового $k=B$ та песимістичного $k=C$), дозволили отримати чисельні масиви оптимального розподілу обмежених ресурсів холдингу. Побудована нелінійна оптимізаційна модель показала високу чутливість до зміни параметрів зовнішніх впливів S_3 , S_6 та ліміту сукупного фінансування C_k .

З метою узагальнення, крос-сценарного порівняння та виявлення наскрізних закономірностей трансформації системи менеджменту об'єктами ВДЕ, отримані результати було систематизовано у єдину аналітичну таблицю. Порівняльний аналіз чисельних значень керованих змінних Z_{ij} та підсумкових індексів компонентів управління дає змогу очистити управлінську систему від суб'єктивізму та наочно простежити, як змінюються пріоритети розподілу зусиль компанії залежно від стискання чи розширення області допустимих рішень Ω_k . Сформовано зведену множину оптимальних рішень, яка відображає перехід від стратегії антикризового виживання до капіталомісткої експансії, що наведено у табл. 3.5.

Розраховані параметри управлінського оптимуму для базового сценарію формалізують раціональну поведінку агрохолдингу в умовах тривалої макроекономічної турбулентності. За цього сценарію фінансово-матеріальні ресурси підприємства є помірно обмеженими, проте не сягають критичного рівня виснаження. Значення інтегрального показника – $I_{M-RES} = 0.654$. Відповідно до розробленої матриці шкалювання, зазначений результат впевнено фіксується в межах Достатнього рівня (діапазон 0.61–0.80). У контексті корпоративного менеджменту це обґрунтовує перехід від режиму антикризового виживання до етапу планового функціонування, що повністю корелює з фактичними трендами діяльності ПрАТ «МХП» та інших великих вітчизняних холдингів.

Отримані чисельні дані виступають підґрунтям стратегії «Стабілізації експлуатації». Оцінка індексів фіксує вирівнювання стратегічної та операційної компонент управління $I_{STR} = 0.608$ та $I_{OPR} = 0.704$ фіксує вирівнювання

стратегічної та операційної компонент управління з випереджаючим розвитком операційної складової. Математично обґрунтовано, що за умов помірних воєнних ризиків ($S_3 = 0.50$ та $S_6 = 0.60$) нелінійна мультиплікативна цільова функція нівелює виникнення значних системних дисбалансів, вимагаючи пропорційного розподілу зусиль між кадровим та інфраструктурним забезпеченням.

Таблиця 3.5

Зведена матриця оптимального розподілу управлінських зусиль за різних сценаріїв макросередовища

Показник управління / Вектор змінних	Базовий сценарій (Інерція)	Песимістичний сценарій (Криза)	Оптимістичний сценарій (Розвиток)
Інтегральний індекс I_{M-RES}	0.654	0.319	0.882
Рівень I_{STR} (Стратегічний)	0.608	0.291	0.82
Рівень I_{OPR} (Операційний)	0.704	0.35	0.949
Капіталізація, Z_1	0.027	0.0	0.50
Експорт, Z_2	1.0	0.485	1.0
Кадровий потенціал, Z_4	1.0	1.0	1.0
Сировинне забезпечення, Z_5	1.0	0.0	1.0
Інтенсивність HR-навчання, Z_7	0.296	0.0	0.916
Гендерна реструктуризація, Z_8	1.0	0.578	1.0
Водозбереження, Z_9	1.0	1.0	1.0
Еко-менеджмент, Z_{10}	1.0	0.389	1.0

Джерело: сформовано на основі проведених досліджень

Практична цінність базового сценарію полягає в обґрунтуванні пріоритетності процесів внутрішньої оптимізації – смарт-балансування локальних мікромереж, за якої стратегічний фокус зміщується з екстенсивного масштабування на підвищення інтенсивності використання наявного потенціалу (рис. 3.6):

– параметри оптимуму в базовому стані передбачають суттєве обмеження прямих капітальних витрат на нове будівництво. Розрахунково доведено, що

спрямування лімітованих фінансових потоків на розширення генераційних потужностей в умовах триваючої макроекономічної нестабільності є економічно необґрунтованим рішенням;

– пріоритетність операційної ефективності та екологічного менеджменту. За наявності середнього рівня бюджету 4.5 модель вимагає 100% концентрації зусиль на стабілізації наявних систем. У операційній підсистемі досягається максимум просторово-сировинного забезпечення, що підтверджує досвід компаній Kernel та Astarta щодо критичної важливості безперервного потоку агросировини (лушпиння, жому) для діючих об'єктів. Також максимізується комерційний експортний буфер для генерації стабільного валютного виторгу, що відповідає практиці компанії Vitagro на ринках ЄС;

– збалансований організаційно-кадровий компроміс у базовому стані модель обмежує інтенсивність підготовки персоналу позначкою 0.296. В умовах лімітованого бюджету подальше збільшення витрат на навчання є нерациональним, оскільки кожна наступна грошова одиниця даватиме спадну граничну віддачу, порушуючи загальне ресурсне обмеження холдингу. Важливим є збереження 100% інтенсивності гендерної реструктуризації штату. Це доводить, що залучення жінок до процесів управління автоматизованими енергокомплексами залишається безальтернативним організаційним інструментом утримання стійкості.

Результати параметричного моделювання базового сценарію формалізують стратегію стриманого, збалансованого розвитку холдингу. Ключовим стратегічним імперативом для керівництва стає максимізація економічної та енергетичної віддачі від функціонуючих потужностей генерації через підвищення операційної, екологічної та кадрової ефективності.

Отримані в результаті комп'ютерного моделювання параметри управлінського оптимуму для умов песимістичного сценарію (ескалація воєнно-економічної кризи та критичний дефіцит кадрів) дозволяють сформулювати математично обґрунтовану дорожню карту ризик-менеджменту для ПрАТ «МХП».

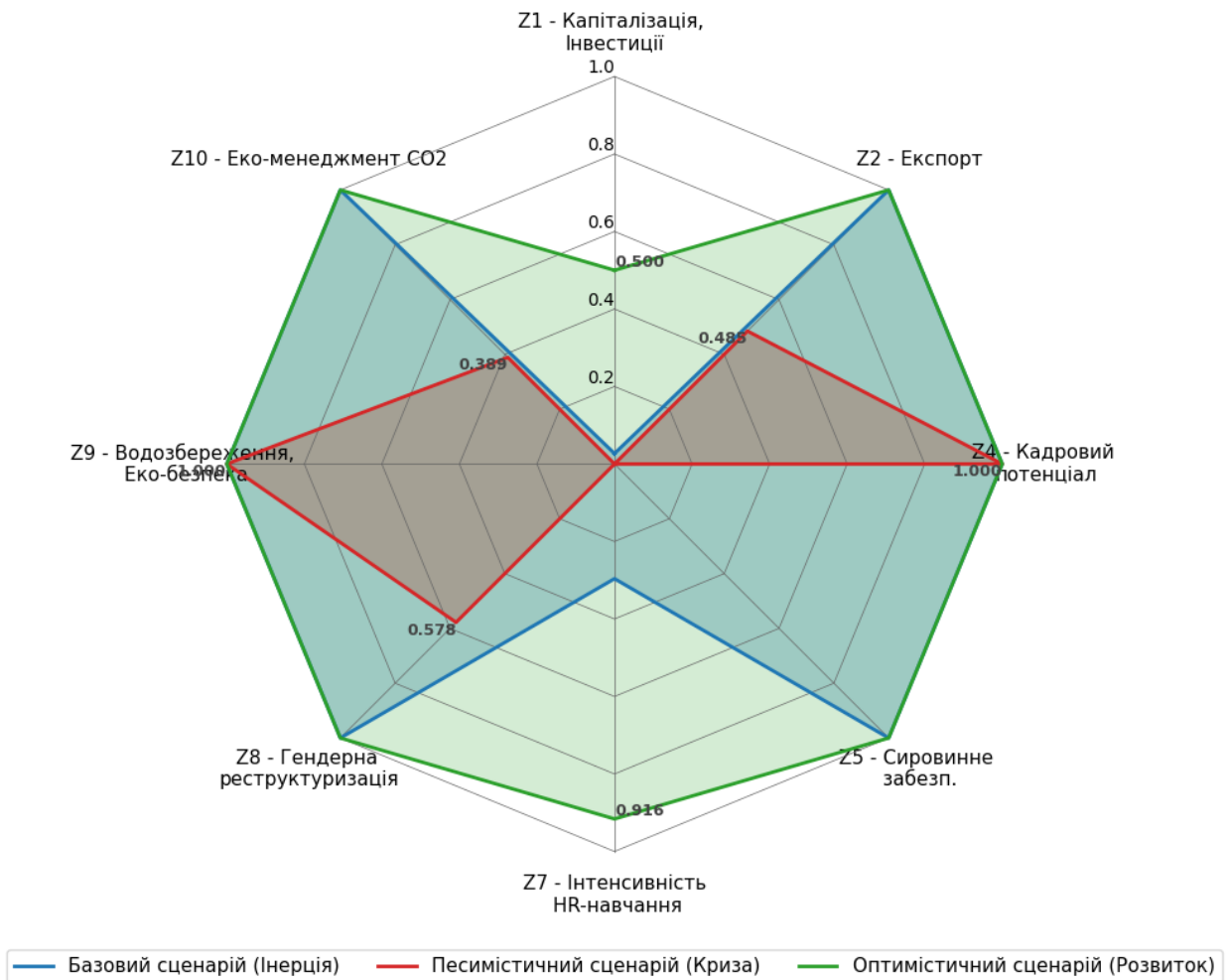


Рис. 3.6. Діаграма розподілу управлінських важелів за трьома сценаріями

Джерело: побудовано на основі проведених досліджень

Значення інтегрального показника становить $I_{M-RES} = 0.319$. Відповідно до розробленої вертикально-ієрархічної матриці шкалювання, отриманий результат перебуває на нижній межі задовільного рівня (діапазон 0.31–0.60). Це засвідчує, що навіть за умов екстремального воєнного впливу та жорстких бюджетних лімітів, раціональний перерозподіл управлінських зусиль дозволяє утримати систему енергоменеджменту від падіння у «критичну зону». Зазначене значення виступає формальним критерієм для активації стратегії «Кризової адаптації».

Оцінка співвідношення індексів $I_{STR} = 0.291$ та $I_{OPR} = 0.350$ фіксує відносну рівновагу між рівнями управління із незначним пріоритетом операційної складової. За результатами розв'язання оптимізаційної задачі ідентифіковано

чітку диференціацію управлінських важелів на пріоритетні, нейтральні та такі, що підлягають повному заморожуванню:

- математичний розв'язок вказує на необхідність повного зведення до нуля капітальних витрат на нове будівництво об'єктів ВДЕ. В умовах песимістичного сценарію (екстремальний ризик руйнувань, дефіцит фінансового та людського капіталу) пряме фінансування розширення потужностей є економічно необґрунтованим. Управлінським імперативом у даному випадку є накладення мораторію на нові проєкти розвитку;

- призупинення навчання $Z_7 = 0.0$ на користь гендерної реструктуризації $Z_8 = 0.578$ засвідчує, що глибоке інженерно-технічне навчання персоналу в умовах кризи є фінансово та часово витратним, параметри оптимуму передбачають повне блокування цього напрямку. Натомість цільова функція досягає максимуму за умови переспрямування вивільнених ресурсів (на рівні інтенсивності 0.578) у гендерну реструктуризацію штату. Це аналітично підтверджує тезу, що швидке організаційне заміщення мобілізованих працівників жінками на діючих об'єктах є значно ефективнішим антикризовим заходом, ніж спроба довгострокової підготовки нових кадрів;

- розрахункові параметри передбачають акумулювання значного ресурсу (майже 50% від максимально можливого) для підтримки експортного потенціалу. Такий розподіл обґрунтовується необхідністю безперервного генерування валютної виручки для забезпечення операційного ремонту діючих енерговузлів в умовах дефіциту внутрішнього фінансування;

- також результати обчислювального експерименту фіксують фактор раціонального водокористування на максимальному рівні. Оскільки заходи екоменеджменту (внутрішня дисципліна, циклічне використання ресурсів) характеризуються низькою капіталомісткістю, але визначально впливають на стабільність біогазових комплексів, математично доведено доцільність їх 100% реалізації. Це дозволяє штучно максимізувати операційну підсистему за мінімальних фінансових витрат.

Результати параметричного моделювання песимістичного сценарію підтверджують, що прийняття рішень на засадах Data-Driven Management дозволяє нівелювати типові помилки інтуїтивного антикризового управління. Замість пропорційного урізання всіх бюджетів або спроб інерційного продовження будівництва генераційних потужностей, на основі знайденого оптимуму сформовано чіткий алгоритм дій для агрохолдингу:

- повністю призупинити капітальні інвестиції у нові об'єкти;
- скасувати капіталомісткі програми довгострокової підготовки персоналу;
- спрямувати вивільнений ліквідний ресурс на підтримку валютного експорту та проведення миттєвої внутрішньої гендерної ротації кадрів з метою утримання працездатності діючої автономної генерації.

Для оптимістичного сценарію патематичні параметри управлінського оптимуму, отримані для сприятливих макроекономічних умов та стабілізації ринку праці, описують траєкторію переходу енергетичного комплексу агрохолдингу в режим стійкого капіталомісткого зростання.

Інтегральний показник $I_{M-RES} = 0.835$. Відповідно до розробленої вертикальної шкали ідентифікації, дане значення переводить систему менеджменту у зону високого рівня (діапазон 0.81–1.00). Це є математичним обґрунтуванням для стратегії «Інвестиційної експансії та технологічного масштабування».

Гармонізація компонентів (підсистем) $I_{STR} = 0.802$ та $I_{OPR} = 0.870$ показує високу синхронність між рівнями управління. Зняття жорстких обмежень з ринку праці $Z_6 = 0.90$ дозволило операційній підсистемі вийти на максимальну потужність, що автоматично підвищило віддачу від стратегічних рішень вищого керівництва холдингу.

Наявність профіцитного бюджету розвитку 6.8 дозволила більшості керованих факторів досягти своєї верхньої межі 1.0, проте нелінійна природа цільової функції та питома вартість ресурсів утворили унікальну точку рівноваги:

– модель доводить, що за наявності інвестиційного ресурсу компанія має повністю закрити «провали» операційного рівня. У підсистемі I_{OPR} фіксується 100% рівень інтенсивності HR-навчання ($Z_7 = 1$). В умовах стабільного ринку праці фінансування розвитку специфічних компетенцій інженерів дає максимальний приріст загальної надійності енергетичних мікромереж холдингу. Водночас зберігається максимальна інтенсивність залучення жінок до процесів управління, що закріплює прогресивні організаційні зміни попередніх періодів.

Часткова капіталізація як регулятор балансу. Це найважливіший висновок оптимізації. Навіть за умов значного бюджету, модель не вивела прями інвестиції у будівництво нових потужностей на верхню межу, зупинивши зусилля на позначці 0.440. Очевидно, що надмірне форсування CAPEX призведе до перевищення ліміту сукупного бюджету і викличе дефіцит фінансування суміжних компонентів. Екстенсивне будівництво нових об'єктів ВДЕ повинно синхронізуватися із забезпеченням 100% фінансування просторово-сировинної бази, експортного потенціалу та програм підготовки персоналу, гарантуючи гармонійний розвиток інфраструктури.

Результати моделювання Оптимістичного сценарію формують для ПрАТ «МХП» принципово нову дорожню карту:

– компанія має відмовитися від простого збільшення кількості СЕС чи біогазових станцій. Замість цього фінансовий профіцит спрямовується на цифровізацію та інтеграцію систем накопичення енергії (BESS), що замикає просторово-сировинні ланцюги у єдину стійку енергосистему агрохолдингу;

– капітальні інвестиції жорстко синхронізуються з бюджетами HR-департаменту. Стабільне макросередовище дозволяє перетворити короткострокові курси перекваліфікації на постійно діючі програми підготовки висококласних енергоменеджерів.

Таким чином, розроблена модель доводить свою універсальність: у кризових умовах вона виступає інструментом виживання (жорстко відсікаючи капітальні витрати), а в умовах зростання – інструментом стратегічного

балансування, який не дозволяє інвестиційному апетиту випередити операційні та кадрові можливості підприємства.

Узагальнення результатів багатосценарного параметричного моделювання (табл.3.6) дозволяє формалізувати правила формування керуючих впливів у системі енергоменеджменту агрохолдингу.

Таблиця 3.6

Матриця стратегічних імперативів за результатами багатосценарного моделювання

Назва імперативу	Управлінське правило	Функціональна роль у системі енергоменеджменту
Імператив інвестиційного балансування підсистем	Екстенсивне масштабування мегаватів генерації без синхронного або випереджаючого фінансування просторово-сировинної бази та кадрового потенціалу математично визначено необґрунтованим, оскільки провокує технологічний дисбаланс та знижує загальну ефективність інфраструктури ВДЕ.	Запобігання інвестиційному перегріву та хаотичному нарощуванню потужностей.
Імператив кадрово-організаційної HR-компенсації	В умовах екстремальних воєнно-економічних впливів середовища та дефіциту ліквідності дієвим механізмом є поєднання капіталомістких програм підготовки із гендерною реструктуризацією штату для швидкого організаційного заміщення кадрів жінками.	Адаптація та антикризове виживання операційного ядра системи.
Імператив інваріантності ESG-стійкості	Фактори екологічної безпеки та водозбереження є найменш еластичними до зовнішніх криз. Через свою низьку питому капіталомісткість та високий вплив на стабільність біоенергетичних комплексів, вони виступають базовим амортизатором падіння інтегрального показника за будь-якого сценарію.	Стабілізація базового рівня життєздатності.

Джерело: сформовано на основі проведених досліджень

Запропоновані правила ідентифікують чіткі межі прийняття рішень для аграрних компаній (на прикладі дослідженого досвіду ПрАТ «МХП», Kernel, Astarta та Vitagro). Імперативи інвестиційного балансування, кадрової компенсації та інваріантності ESG-стійкості озброюють менеджмент покроковими предикативними директивами, що мінімізують вплив людського фактора та забезпечують довгострокову енергоавтономність агробізнесу у критичних умовах.

Висновки до Розділу 3

На основі визначення стратегічних напрямів управління об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері сформульовано такі висновки:

1. Як спосіб пришвидшення процесу переходу до децентралізованої моделі в агросфері розглядається посилення співпраці між енергетичними та аграрними підприємствами через створення агроенергетичних кластерів. Запропоновано концептуальну модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, яка відображає взаємодію ресурсної, виробничої та інституційної підсистем функціонування аграрних енергетичних систем. На відміну від традиційних моделей енергозабезпечення, де результати діяльності енергетичних об'єктів визначаються переважно технічними параметрами генерації, у системі аграрного виробництва ефективність управління формується внаслідок узгодження ресурсного потенціалу, виробничих характеристик підприємства та інституційних умов функціонування енергетичного сектору. У таких умовах управління відновлюваною генерацією набуває характеру багатофакторної економічної координації, у межах якої оптимізація енергетичних потоків безпосередньо пов'язана з організацією виробничих процесів та регуляторним середовищем функціонування енергетичного ринку.

2. Констатовано, що децентралізація в українській енергетиці поступово переходить з концептуальної до прикладної площини, а також міжгалузевої та міжсегментної взаємодії. Формуються емпіричні практики, які демонструють життєздатність альтернативної моделі в умовах високих ризиків. Утім, для набуття цією моделлю системного характеру необхідне інституціональне оформлення, розбудова нормативної бази, підвищення спроможності місцевих громад і запровадження стимулюючих механізмів участі бізнесу й домогосподарств. Формування децентралізованої моделі енергетичної системи України в умовах воєнної деструкції передбачає не лише технологічні чи

управлінські зрушення, а насамперед — глибокі інституціональні трансформації. Перехід від централізованої архітектури до поліцентричної парадигми вимагає системної перебудови суб'єктно-інституційної структури, делегування повноважень, переосмислення ролі держави, громади, бізнесу та громадянського суспільства в управлінні енергетичними ресурсами.

3. Ключовими суб'єктами інституціональної системи децентралізованої енергетики виступають: держава, як регулятор і безпековий гарант; місцеве самоврядування, як носій адаптивної енергетичної політики на місцях; приватний бізнес, що здійснює інвестиції у генерацію та інфраструктуру; міжнародні партнери та донори, які сприяють капіталізації локальних проєктів; громади й домогосподарства, які трансформуються на prosumer-акторів, включених у виробництво енергії. Така багаторівнева взаємодія вимагає розбудови інституціональної синергії — формування механізмів узгодження інтересів, платформ для координації, стандартів спільного управління. Особливо актуальним є запровадження гнучкого регуляторного поля, яке враховує гетерогенність учасників та регіональних умов. Особливо значення це має для забезпечення інтеграції об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери в децентралізовану енергетичну систему України.

4. Сформовано концептуальну модель децентралізації енергетичної системи України, що включає інтеграцію у неї об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери, як цілісної парадигми, що об'єднує структурні, інституціональні, технологічні та управлінські компоненти. Ця модель є відповіддю на виклики, зумовлені гібридною воєнною агресією, й одночасно орієнтиром для довгострокової трансформації енергетичної архітектури України у бік стійкості, гнучкості та енергетичної суб'єктності регіонів. Модель базується на чотирьох взаємопов'язаних вимірах: інфраструктурному, інституційному, управлінському і технологічному. Обґрунтовано переваги децентралізованої енергетичної парадигми над централізованою. Концептуальна модель децентралізації відображає не лише зміну архітектури системи, а й трансформацію принципів функціонування енергетичного сектору в цілому.

5. Побудовано методологічну схему розрахунку інтегрального показника ефективності адаптивного управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Алгоритм розрахунку інтегрального показника розбито на чотири послідовні етапи (стандартизація та нормалізація ознак; обґрунтування вагових коефіцієнтів; розрахунок проміжних індексів управління; мультиплікативна інтегральна згортка). Показник має інтегрувати в собі два ключові вектори менеджменту: здатність стратегічно управляти ресурсами і ризиками макросередовища та ефективність операційного управління наявною інфраструктурою відновлюваних джерел енергії, враховуючи різноспрямований вплив стимуляторів та дестимуляторів.

6. Запропоновано структурно-логічну схему підтримки прийняття рішень щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Запропонована структурно-логічна схема відображає сучасний управлінський цикл, який переводить процес прийняття стратегічних рішень з площини інтуїтивних припущень у формат Data-Driven Management (управління на основі даних). З точки зору корпоративного управління такий алгоритм усуває невизначеність та пропонує готові сценарії розподілу ресурсів. Управлінський процес у межах системи реалізується через три послідовні напрями: напрям управлінської аналітики; напрям підтримки прийняття рішень; виконавчий напрям.

7. Для оптимізації управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері особливе значення має сценарне моделювання на основі апарату нелінійної параметричної оптимізації з обмеженнями. Такий сценарний аналіз є двоетапний. На першому етапі здійснюється загальна математична постановка задачі оптимізації управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Формування матриці параметричної ідентифікації та управлінського змісту сценаріїв моделювання. На другому етапі проводиться аналіз та інтерпретація результатів нелінійної оптимізації множини сценаріїв. Сформовано зведену матрицю оптимального розподілу управлінських

зусиль за різних сценаріїв макросередовища. Отримані в результаті комп'ютерного моделювання параметри управлінського оптимуму для умов песимістичного сценарію (ескалація воєнно-економічної кризи та критичний дефіцит кадрів) дозволяють сформувавши математично обґрунтовану дорожню карту ризик-менеджменту для ПрАТ «МХП». Сформовано матрицю стратегічних імперативів за результатами багатосценарного моделювання, що включають імператив інвестиційного балансування підсистем, імператив кадрово-організаційної HR-компенсації, імператив інваріантності ESG-стійкості.

Основні результати дослідження за розділом опубліковані у працях [137; 138-139; 144].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі обґрунтовано теоретико-методичні засади і розроблено науково-практичні положення щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Використаний для проведення наукового дослідження теоретико-методичний каркас, що сформований на поєднанні положень теорії управління підприємством, нової інституційної економіки та концепції децентралізованої енергетики, дозволив сформулювати такі положення для висновків:

1. Інтеграція відновлюваних джерел енергії у діяльність аграрних підприємств формує нову конфігурацію взаємозв'язків між енергетичними й виробничими процесами. У цих умовах енергетична генерація стає не лише засобом забезпечення підприємства енергією, а й чинником підвищення економічної стійкості, автономності та ефективності аграрного виробництва. Особливостями підприємств аграрної сфери є сезонність попиту, біологічно детерміновані технологічні цикли, наявність біоенергетичних потоків, що формують багаторівневу систему управління, у якій технічна керованість, економічна раціональність та нормативна відповідність мають розглядатися як взаємопов'язані елементи.

2. Сутність управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері визначається як цілеспрямований, інституційно врегульований і даними керований процес координації виробничої, енергетичної та обліково-ринкової підсистем аграрного підприємства, спрямований на забезпечення енергетичної стійкості, економічної раціональності та системної сумісності генерації з мережевою інфраструктурою в межах визначених законом режимів. У цьому визначенні принциповими є три концептуальні акценти такі як: виробничий, енергетичний, інституційно-ринковий.

3. Інтеграція відновлюваних джерел енергії у діяльність аграрних підприємств трансформує традиційну модель енергозабезпечення та формує нову

систему економічних взаємозв'язків між енергетичними й виробничими процесами. На основі системного аналізу визначено ключові закономірності функціонування відновлюваної генерації, серед яких ресурсна детермінованість функціонування відновлюваної генерації електроенергії; циклічна узгодженість енергетичних і біологічних процесів; локалізація енергетичних потоків; інституційна залежність економічної ефективності відновлюваної генерації електроенергії; формування ефекту енергетичної резильєнтності аграрних підприємств; інтеграційний ефект відновлюваної генерації у виробничій системі аграрного підприємства. Представлено економічну інтерпретацію закономірностей функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

Закономірності функціонування об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері утворюють ієрархічну систему взаємозалежностей. Базовий рівень становить ресурсна детермінованість генерації, яка визначає залежність обсягів виробництва енергії від природних факторів. Наступний рівень формують виробничо-технологічні закономірності, що відображають взаємодію енергетичних і біологічних процесів у межах аграрного виробництва. Вищий рівень цієї системи представлений інституційними закономірностями, які визначають економічні стимули та правила функціонування об'єктів генерації на енергетичному ринку.

4. Інституціоналізація управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері полягає у формуванні системи економічних та організаційних механізмів, що забезпечують узгодження виробництва енергії з виробничою діяльністю підприємства та інституційним середовищем енергетичного ринку. Ефективність інтеграції відновлюваної генерації електроенергії у виробничі системи аграрних підприємств визначається ресурсною детермінованістю енергетичних потоків, циклічною узгодженістю енергетичних і біологічних процесів та інституційною залежністю економічних результатів. Концептуальну модель інституціоналізації управління відновлюваною генерацією, що ґрунтується на взаємодії виробничої, енергетичної

та інституційно-ринкової підсистем функціонування енергетичних систем. Взаємодія зазначених підсистем формує цілісну систему управління об'єктами відновлюваної генерації, у якій ефективність функціонування енергетичних активів визначається ступенем узгодженості виробничих, технічних та інституційних параметрів. Визначено багаторівневу інституційну архітектуру управління відповідними об'єктами, яка охоплює макро-, мезо- та мікроекономічні рівні регулювання.

5. Під терміном детермінанти функціонування системи управління відновлюваними джерелами енергії у роботі розуміються стійкі чинники, що визначають здатність суб'єкта господарювання в агросекторі ініціювати, фінансувати, експлуатувати, масштабувати та інтегрувати об'єкти відновлюваної генерації у господарську архітектуру підприємства. Серед детермінант виокремлено інституційні детермінанти, ресурсні детермінанти, технологічні детермінанти, фінансові детермінанти, екологічна детермінанта (перехід до ESG-стандартів), цифрова детермінанта. Встановлено, що управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в агросекторі є комплексною управлінською системою, на яку мають доволі значний вплив ресурсно-сировинні, технологічні, фінансові, інституційні, ESG та цифрові детермінанти, а в українських реаліях проявляє себе ще й чинник безпекових ризиків.

6. Потенціал аграрного підприємства для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії розглядається як інтегральна здатність підприємства залучати власні природні, виробничі, інфраструктурні, фінансові та управлінські ресурси для створення й експлуатації об'єктів відновлюваної електрогенерації з метою покриття власного споживання, продажу надлишків, підвищення енергетичної стійкості та формування додаткових економічних ефектів. Методика оцінки потенціалу аграрного підприємства для ВДЕ-генерації ґрунтується на п'яти блоках оцінювання: ресурсний блок, техніко-інфраструктурний блок, економічний блок, інституційний блок, управлінсько-резильєнтний блок.

7. На основі застосування кореляційно-регресійного аналізу виявлено стратегічні та оперативні детермінанти розбудови систем відновлюваної енергетики в аграрній сфері в умовах війни. Емпірично доведено, що фундаментальним драйвером розбудови ВДЕ є експортний потенціал підприємства, який нівелює девальваційні ризики, тоді як базовий земельний банк визначає просторово-сировинні межі генерації. Математично верифіковано гіпотезу про те, що війна, пандемія, мобілізація персоналу виступають катализаторами розвитку децентралізованих енергосистем. Встановлено, що інтеграція високоавтоматизованих об'єктів ВДЕ є ефективним інструментом подолання дефіциту інженерно-технічних кадрів, проте її реалізація потребує обов'язкової інституційної перебудови на основі масової перекваліфікації персоналу та гендерної реструктуризації робочої сили, що в сукупності забезпечує операційну життєздатність та енергетичну автономність підприємства.

8. Ідентифіковано важливу роль у процесі розподіленої генерації енергії в Україні розвитку біоенергетики, що передбачає переробку агробіомаси на біопаливо. Узагальнено порівняння централізованої та децентралізованої моделей на основі ключових характеристик в умовах воєнних ризиків. Як спосіб пришвидшення процесу переходу до децентралізованої моделі в агросфері розглядається посилення співпраці між енергетичними та аграрними підприємствами через створення агроенергетичних кластерів. Запропоновано концептуальну модель управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері, яка відображає взаємодію ресурсної, виробничої та інституційної підсистем функціонування аграрних енергетичних систем. Показано, що ефективність управління відновлюваною генерацією формується як результат координації ресурсних, виробничих та інституційних факторів функціонування аграрних енергетичних систем.

На відміну від традиційних моделей енергозабезпечення, де результати діяльності енергетичних об'єктів визначаються переважно технічними параметрами генерації, у системі аграрного виробництва ефективність управління формується внаслідок узгодження ресурсного потенціалу, виробничих

характеристик підприємства та інституційних умов функціонування енергетичного сектору. У таких умовах управління відновлюваною генерацією набуває характеру багатофакторної економічної координації, у межах якої оптимізація енергетичних потоків безпосередньо пов'язана з організацією виробничих процесів та регуляторним середовищем функціонування енергетичного ринку.

9. Сформовано концептуальну модель децентралізації енергетичної системи України, що включає інтеграцію у неї об'єктів генерації електроенергії з відновлюваних джерел агросфери, як цілісної парадигми, що об'єднує структурні, інституціональні, технологічні та управлінські компоненти. Ця модель є відповіддю на виклики, зумовлені гібридною воєнною агресією, й одночасно орієнтиром для довгострокової трансформації енергетичної архітектури України у бік стійкості, гнучкості та енергетичної суб'єктності регіонів. Модель базується на чотирьох взаємопов'язаних вимірах: інфраструктурному, інституційному, управлінському і технологічному.

10. Побудовано методологічну схему розрахунку інтегрального показника ефективності адаптивного управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Алгоритм розрахунку інтегрального показника розбито на чотири послідовні етапи (стандартизація та нормалізація ознак; обґрунтування вагових коефіцієнтів; розрахунок проміжних індексів управління; мультиплікативна інтегральна згортка). Показник має інтегрувати в собі два ключові вектори менеджменту: здатність стратегічно управляти ресурсами і ризиками макросередовища та ефективність операційного управління наявною інфраструктурою відновлюваних джерел енергії, враховуючи різноспрямований вплив стимуляторів та дестимуляторів.

11. Запропоновано структурно-логічну схему підтримки прийняття рішень щодо управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Запропонована структурно-логічна схема відображає сучасний управлінський цикл, який переводить процес прийняття стратегічних рішень з площини інтуїтивних припущень у формат Data-Driven Management (управління

на основі даних). З точки зору корпоративного управління такий алгоритм усуває невизначеність та пропонує готові сценарії розподілу ресурсів. Управлінський процес у межах системи реалізується через три послідовні напрями: напрям управлінської аналітики; напрям підтримки прийняття рішень; виконавчий напрям.

12. Для оптимізації управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері особливе значення має сценарне моделювання на основі апарату нелінійної параметричної оптимізації з обмеженнями. Такий сценарний аналіз є двоетапний. На першому етапі здійснюється загальна математична постановка задачі оптимізації управлінських рішень у системі управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері. Формування матриці параметричної ідентифікації та управлінського змісту сценаріїв моделювання. На другому етапі проводиться аналіз та інтерпретація результатів нелінійної оптимізації множини сценаріїв. Сформовано зведену матрицю оптимального розподілу управлінських зусиль за різних сценаріїв макросередовища. Отримані в результаті комп'ютерного моделювання параметри управлінського оптимуму для умов песимістичного сценарію (ескалація воєнно-економічної кризи та критичний дефіцит кадрів) дозволяють сформулювати математично обґрунтовану дорожню карту ризик-менеджменту для ПрАТ «МХП». Сформовано матрицю стратегічних імперативів за результатами багатосценарного моделювання, що включають імператив інвестиційного балансування напрямів, імператив кадрово-організаційної HR-компенсації, імператив інваріантності ESG-стійкості.

13. Окремі результати дослідження використовуються у діяльності таких установ та підприємств: Департаменту агропромислового розвитку Львівської обласної державної адміністрації (довідка № 01-37/16 від 27.05.2026 р.) для стратегічного розвитку аграрних підприємств регіону; ТЗОВ «Агропродсервіс інвест» (довідка №184 від 02.06.2026 р.); СП «Сенатор» (довідка №15 від 11.05.2026 р.), СМП «Маркет» (довідка №34 від 20.05.2026 р.), у навчальному процесі Західноукраїнського національного університету при читанні курсів:

«Енергетичний менеджмент», «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії», «Економіка та організація енергетичного виробництва» (довідка № 126-31/1293 від 25.05.2026 р.) (Додаток В).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Борисяк О. В. Інноваційний потенціал підприємств енергетики і критичні кліматичні технології в умовах воєнного стану. *Інноваційна економіка*. 2022. № 2-3 (91). С. 21-28. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2022.2-3.4>.
2. Борисяк О. Розбудова кліматичної політики на енергетичному ринку: передумови, виклики і переваги. *Економічний аналіз*. 2022. Том 32, № 2. С. 22-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.35774/econa2022.02.022> .
3. Борисяк О. Складові впровадження кліматично-нейтральних інновацій в управління аграрним природокористуванням для зміцнення еколого-енергетичної безпеки. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 2. С. 331-340. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.331>.
4. Борисяк О. В., Вовчук Д. М. Низьковуглецеві критичні технології в Україні та Європейському Союзі: кліматичне і циркулярне управління ресурсами підприємств. *Підприємництво та інновації*. 2023. Вип. 29. С. 53-59. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-3583/29.8>.
5. Borysiak O., Poberezhnyi L. Climate-neutral immanence of sustainable resource use of enterprises: methodological prerequisites for creating agro-energy clusters. *Journal of European Economy*. 2024. Vol. 23. № 2(89). P. 322-335. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2024.02.322>.
6. Брич В. Я., Фреїшин М. В., Брич Б. В. Теоретико-методологічні особливості менеджменту тарифоутворення в енергетиці. *Інклюзивна економіка*. 2024. №3(05). DOI: https://doi.org/10.32782/inclusive_economics.5-1.
7. Фреїшин М., Брич В., Шевчук С., Шманько Н. Парадигма децентралізації енергетичної системи України в умовах воєнних ризиків. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 2. С. 693-714. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.693>.
8. Пуцентейло П. Р., Брич В. Я., Бруханський Р. Ф., Домбровська Н. Р. Розвиток відновлюваних джерел енергії: економічні аспекти виробництва та

статистичний аналіз глобальних тенденцій. *Інноваційна економіка*. 2024. № 2. URL: <https://inneco.org/index.php/innecoua/article/view/1293>.

9. Гораль Л., Шкварилюк М. Алгоритм імплементації стратегії розвитку енергетичних підприємств в кліматичну політику. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" (економічні науки)*, 2023. Вип. (4), 54-59. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73853>.

10. Гораль Л. Т., Хомяк О. В., Глушко А. Д. Новітня парадигма трансформації енергетичної безпеки в шокових умовах? *Бізнес-Інформ*. 2026. № 1. С. 193-202. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2026-1-193-202>.

11. Корнієнко А. М., Гораль Л. Т., Войтків Л. С. Стратегічний девелопмент управління енергетичними підприємствами. *Innovation and Sustainability*. 2024. № 4. С. 149-154. URL: <https://ins.vntu.edu.ua/index.php/ins/article/view/312/285>.

12. Джеджула В. В., Єпіфінова І. Ю. Енергозбереження як напрям підвищення безпеки критичних систем житлових будинків. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2022. № 2. С. 72-76. DOI: [https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2\(1\)-9](https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-304-2(1)-9).

13. Джеджула В. В., Єпіфанова І. Ю. Управління альтернативними джерелами енергії у системі інноваційного розвитку підприємств. Процесне та соціально-компетентне управління інноваційним розвитком підприємницьких систем / за наук. ред. О. М. Полінкевич. Луцьк : ВежаДрук, 2017. С. 146-155.

14. Reznikova, N., Zvarych, I., Zvarych, R., Ivashchenko, O., 2023. The impact of the Russian-Ukrainian war on the green transition and the energy crisis: Ukrainian scenario of circular economy development. *Statistics in Transition new series*. 2023. VOL. 24(1). P. 45-62. DOI: <https://doi.org/10.59170/stattrans-2023-004>.

15. Zvarych I., Brodovska O., Krysovata L., Gerchakivsky S., Gerchakivska O., Energy system decarbonization & circular economy: "bypass emission hotspots". *International Journal of Energy for a Clean Environment*. 2024. Vol. 25. Issue 2, P. 45-61. DOI: <https://doi.org/10.1615/InterJEnerCleanEnv.2023048296>.

16. Zvarych R., Bulatova O., Marena T., Rivilis I., Zapisotska C. Renewable energy as environmental sustainability factor under global trade openness. *International Journal of Energy for a Clean Environment*. 2025. Vol. 26(1). P. 41–66. DOI: <https://doi.org/10.1615/InterJEnerCleanEnv.2024051410>.

17. Sołtysik M., Mucha-Kuś K., Kamiński J. The New Model of Energy Cluster Management and Functioning. *Energies*. 2022. Vol. 15, 6748. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15186748>.

18. Prokhorova V. V., Yemelyanov O. Yu., Koleshchuk O. Ya., Antonenko N. S., Zaitseva A. S. Information support for management of energy-saving economic development of enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. Vol. 6. P. 175 - 183. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-6/175>

19. Prokhorova V., Yemelyanov O., Koleshchuk O., Us Y. Innovative approaches to evaluating energy efficiency potential at enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024. № 6. P. 178–185. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-6/178>

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

21. Михайлишин Х., Полянська А. Мотиви та бар'єри споживчої поведінки на шляху до підвищення енергоефективності в умовах енергетичного переходу. *Сталий розвиток економіки*. 2025. № 5 (56). С. 554-564. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-76>

22. Михайлишин Х., Полянська А. Сучасні підходи до вивчення концепції енергетичного переходу. *Сталий розвиток економіки*. 2026. № 1 (58). С. 945-955. DOI: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2026-58-126>

23. Polyanska A., Mykhailyshyn K. Hydrogen in the energy transition as a driver of energy efficiency and sustainable energy systems. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості*. 2026. № 1(33). С. 23-36. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2026-1\(33\)-23-36](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2026-1(33)-23-36)

24. Sala D., Bashynska I., Pavlova O., Pavlov K., Chorna N., Chorny R. Investment and Innovation Activity of Renewable Energy Sources in the Electric Power Industry in the South-Eastern Region of Ukraine. *Energies*. 2023. Vol. 16, 2363. DOI: <https://doi.org/10.3390/en16052363>.

25. Pavlov K., Pavlova O., Holovchak M., Rutkowski M., Karkovska V., Kornatka A., Dziurakh Y. Assessment of the Effectiveness of Managing Ukraine's Energy Transition: An Indicator Analysis and Comparison with Selected European Union Countries. *Energies*. 2026. Vol. 19(1), 150. DOI: <https://doi.org/10.3390/en19010150>.

26. Šević A., Nerantzidis M., Tampakoudis I., Tzeremes P. Sustainability indices nexus: Green economy, ESG, environment and clean energy. *International Review of Financial Analysis*. 2024. Vol. 96. Part A. 103615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103615>.

27. Шрам О. А., Качан Ю. Г. Модель енергоефективної електромережі промислового підприємства з розосередженою генерацією. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2024. № 3. С. 102-109. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2024.314615>.

28. Сотник І. М., Харчишина О. В., Коваленко Є. В. Реформування системи субсидій населенню в контексті сталого енергоефективного розвитку України *Актуальні проблеми економіки*. 2017. № 1. С. 243–252.

29. Борисяк О., Ярощук О. Концептуалізація інклюзивної екосистеми розподіленої генерації енергії з відновлюваних джерел. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 3. С. 83-95. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.03.083>.

30. Бруханський Р., Микиташ М., Ярощук О. Методологія стратегічного обліку кліматичних ризиків: аналітична інтерпретація в контексті енергетичного переходу. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 2. С. 124-143. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.124>.

31. Ярощук О., Белова І. Багатокритеріальний стратегічний аналіз вуглецевих ризиків підприємства. *Економічний дискурс*. 2026. № 1. С. 96-108. DOI: <https://doi.org/10.36742/2410-0919-2026-1-10>

32. Oludolapo Olanrewaju, Moses Jeremiah Barasa Kabeyi. Decentralized and Distributed Power Generation. *Industrial Engineering and Operations Management: 4th Asia Pacific International Conference* (December 2023, Vietnam). 2023. DOI: <https://doi.org/10.46254/AP04.20230268>.

33. Tiku Fidelis Etanya, Pierre Tsafack, Divine Khan Ngwashi. Grid-connected distributed renewable energy generation systems: Power quality issues, and mitigation techniques -A review. *Energy Reports*. 2025. Vol. 13. P. 3181-3203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2025.02.050>.

34. Гальчинська Ю. М. Системно-синергетичний підхід у формуванні маркетингових стратегій інноваційного розвитку підприємств на біоенергетичному ринку. *Інноваційна економіка*. 2022. № 2-3. С. 42-49. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2022.2-3.7>.

35. Bashir A. A., Jokisalo J., Heljo J., Safdarian A., Lehtonen M. Harnessing the Flexibility of District Heating System for Integrating Extensive Share of Renewable Energy Sources in Energy Systems. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 116407-116426. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105829>.

36. Zych G., Bronicki J., Czarnecka M., Kinelski G., Kamiński J. The Cost of Using Gas as a Transition Fuel in the Transition to Low-Carbon Energy: The Case Study of Poland and Selected European Countries. *Energies*. 2023 Vol. 16, 994. <https://doi.org/10.3390/en16020994>.

37. Šević A., Nerantzidis M., Tampakoudis I., Tzeremes P. Sustainability indices nexus: Green economy, ESG, environment and clean energy. *International Review of Financial Analysis*. 2024. Vol. 96, Part A, 103615. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103615>.

38. International Renewable Energy Agency. Renewable power generation costs in 2023. Abu Dhabi: IRENA, 2024. URL: <https://www.irena.org/>.

39. International Renewable Energy Agency. Renewable power generation costs in 2024. Abu Dhabi: IRENA, 2025. URL: <https://www.irena.org/>.

40. IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency, 2024.

41. Schmidt O., Hawkes A., Gambhir A., Staffell I. The future cost of electrical energy storage based on experience rates. *Nature Energy*. 2017. Vol. 2. Article 17110. DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>.

42. Lopes J. A. P., Hatziaargyriou N., Mutale J., Djapic P., Jenkins N. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities. *Electric Power Systems Research*. 2007. Vol. 77, No 9. P. 1189–1203. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2006.08.016>.

43. Parag Y., Sovacool B. K. Electricity market design for the prosumer era. *Nature Energy*. 2016. Vol. 1. Article 16032. DOI: <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.32>.

44. El Bilali H. Research on agro-food sustainability transitions: A systematic review of research themes and an analysis of research gaps. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 221. P. 353–364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.232>.

45. Scarlat N., Dallemand J.-F., Monforti-Ferrario F., Nita V. The role of biomass and bioenergy in a future bioeconomy. *Environmental Development*. 2015. Vol. 15. P. 3–34. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.03.006>.

46. IEA. Renewables 2024: Analysis and forecast to 2030. Paris : International Energy Agency, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/renewables-2024>

47. Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council on common rules for the internal market for electricity. Brussels: European Commission, 2019.

48. European Commission. Energy communities. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/markets-and-consumers/energy-consumers-and-prosumers/energy-communities_en.

49. North D. C. Institutions, Institutional Change and Economic Performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 152 p.

50. Williamson O. E. The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting. New York: Free Press, 1985. 450 p.

51. Del Río P. Designing auctions for renewable electricity support. Best practices from around the world. *Energy for Sustainable Development*. 2017. Vol. 41. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2017.05.006>.

52. Прохорова В. В., Ус Ю. В., Юрман Я. В. Особливості управління тарифоутворенням у контексті «зеленої» економіки. *Проблеми економіки*. 2024. №2. С. 53–60. DOI: <https://doi.org/10.32983/2222-0712-2024-2-53-60>.

53. Zachmann G., Meissner F., Riepin I. Mitigating Ukraine’s looming electricity crisis. *Energy Strategy Reviews*. 2025. Vol. 59. Article 101724. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2025.101724>.

54. Goldthau A., Keim M., Westphal K. The Geopolitics of Energy Transformation. *SWP Comment*. Berlin: *Stiftung Wissenschaft und Politik*. 2018.

55. Boiko A., Kruhliak D., Turchenko A., Olefirenko O., Ziabina Y. Renewable energy in Ukraine as a catalyst for the development of a “green” investment policy for the restoration of national well-being: implementation of projects and international initiatives. *Herald of Economics*. 2025. No 3. P. 24–38. DOI: <https://doi.org/10.35774/visnyk2025.03.024>.

56. Dluhopolskyi O., Rudan V., Haida Y., Hurysh V. EU policy on the development of renewable energy sources: energy security issues. *Journal of European Economy*. 2025. Vol. 24. No 2. P. 283–301. DOI: <https://doi.org/10.35774/jee2025.02.283>.

57. Parkhomets M., Uniiat L., Chorny R., Chorna N., Hradovyi V. Efficiency of production and processing of rapeseed for biodiesel in Ukraine. *Agricultural and Resource Economics*. 2023. Vol. 9, No 2. P. 245–275. DOI: <https://doi.org/10.51599/are.2023.09.02.11>.

58. Boyko O. O., Napich H. V., Mylostyvyi R. V., Izhboldina O. O., Chernysh Y., Chubur V., Roubík H., Brygadyrenko V. V. Recycling and decontamination of organic waste in Ukraine: Current state, technologies and prospects for the biogas industry. *Biosystems Diversity*. 2024. Vol. 32. № 2. DOI: <https://doi.org/10.15421/012428>.

59. Barron-Gafford G. A., Pavao-Zuckerman M. A., Minor R. L. et al. Agrivoltaics provide mutual benefits across the food–energy–water nexus in drylands. *Nature Sustainability*. 2019. Vol. 2. P. 848–855. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0364-5>.

60. Прохорова В. Реформування енергетичного сектору України в контексті управління енергетичною безпекою. *Адаптивне управління: теорія і практика. Серія Економіка*, 2023. № 15(30). DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-15\(30\)-03](https://doi.org/10.33296/2707-0654-15(30)-03).

61. Про альтернативні джерела енергії: Закон України № 555-IV від 20.02.2003. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

62. Про ринок електричної енергії: Закон України № 2019-VIII від 13.04.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

63. Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану: постанова Кабінету Міністрів України № 823 від 27.07.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

64. Про затвердження Ліцензійних умов провадження господарської діяльності з виробництва електричної енергії: постанова НКРЕКП № 1467 від 27.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

65. Про затвердження Правил ринку: постанова НКРЕКП № 307 від 14.03.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

66. Про затвердження Кодексу системи передачі: постанова НКРЕКП № 309 від 14.03.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

67. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії: постанова НКРЕКП № 311 від 14.03.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.

68. International Electrotechnical Commission. IEC 61724-1: Photovoltaic system performance – Monitoring – Part 1: Monitoring. Geneva: IEC, 2021.

69. Commission Regulation (EU) 2016/631 of 14 April 2016 establishing a network code on requirements for grid connection of generators. *Official Journal of the European Union*. 2016.

70. International Electrotechnical Commission. IEC 61727: Photovoltaic (PV) systems – Characteristics of the utility interface. Geneva: IEC, 2021.
71. International Electrotechnical Commission. IEC 62116: Test procedure of islanding prevention measures for utility-interconnected photovoltaic inverters. Geneva: IEC, 2021.
72. National Renewable Energy Laboratory. Solar forecasting: Methods and applications. Golden, CO: NREL, 2021.
73. National Renewable Energy Laboratory. Advances in solar power forecasting. Golden, CO: NREL, 2023.
74. UABio. Analytical materials on biomass and biomethane potential in Ukraine. Kyiv: Bioenergy Association of Ukraine, 2023.
75. ENTSO-E. Synchronous connection of Continental Europe with Ukraine and Moldova power systems completed. 2022. URL: <https://www.entsoe.eu>.
76. Про внесення змін щодо розвитку виробництва біометану та гарантій походження: Закон України № 1820-IX від 21.10.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
77. International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2023. Abu Dhabi: IRENA, 2024. URL: <https://www.irena.org/publications>.
78. Pandey G., Lyden S., Franklin E., Millar B., Harrison M. T. A systematic review of agrivoltaics: productivity, profitability, and environmental co-benefits. *Sustainable Production and Consumption*. 2025. Vol. 56. P. 13–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2025.03.006>.
79. Chopdar R. K., Sengar N., Giri N. Ch., Halliday D. Comprehensive review on agrivoltaics with technical, environmental and societal insights. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2024. Vol. 197. Article 114416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114416>.
80. Burg V., Bowman G., Erni M., Lemm R., Thees O. An economic evaluation of biogas production from agricultural residues. *Renewable Energy*. 2018. Vol. 116. P. 533–546.

81. Zhang Y. Q., Chen J. J., Wang Y. X., Feng L. Enhancing resilience of agricultural microgrid through electricity–heat–water based multi-energy hub considering irradiation intensity uncertainty. *Renewable Energy*. 2024. Vol. 220. Article 119739. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119739>.

82. Dupraz C., Marrou H., Talbot G., Dufour L., Nogier A., Ferard Y. Combining solar photovoltaic panels and food crops for optimising land use: Towards new agrivoltaic schemes. *Renewable Energy*. 2011. Vol. 36. Issue 10. P. 2725-2732. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.03.005>.

83. International Energy Agency. Empowering Ukraine through a decentralised electricity system. Paris: International Energy Agency, 2024. URL: <https://www.iea.org/reports/empowering-ukrainethrough-a-decentralised-electricity-system>.

84. Kubrushko Y. A decentralized power grid can help Ukraine survive Russian bombardment. *Atlantic Council*. 2024. URL: <https://www.atlanticcouncil.org/blogs/ukrainealert/a-decentralized-power-grid-can-help-ukrainesurvive-russian-bombardment/>.

85. Gatto A. Polycentric and resilient perspectives for governing the commons: Strategic and law and economics insights for sustainable development. *Ambio*. 2022. Vol. 51. No. 9. P. 1921–1932. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13280-022-01719-x>.

86. Office of Critical Minerals and Energy Innovation. Consumer vs prosumer: What's the difference? U.S. Department of Energy. 2017. URL: <https://www.energy.gov/cmei/articles/consumervs-prosumer-whats-difference>.

87. Majeed Y., Khan M. U., Waseem M., Zahid U., Mahmood F., Majeed F., Sultan M., Raza A. Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Reports*. 2023. Vol. 10. P. 344-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.032>.

88. Uwaezuoke C. T., Nwulu N. I. Hybrid renewable energy for agriculture. Review of optimising power dispatch and reliability analysis. *Energy Nexus*. 2026. Vol. 21. Article 100679. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2026.100679>.

89. Про затвердження Програми розвитку виробництва біометану на період до 2035 року та операційного плану заходів з її виконання: Постанова Кабінету Міністрів України від 22 квітня 2026 р. № 514. URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/514-2026-п.

90. Burg V., Rolli C., Schnorf V., Scharfy D., Anspach V., Bowman G. Agricultural biogas plants as a hub to foster circular economy and bioenergy. *Resources, Conservation and Recycling*. 2023. Vol. 190. Article 106770. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106770>.

91. MHP SE. Integrated Annual Report and Accounts 2024. URL: mhp.com.ua/en/mhp-se/financial-reports.

92. MHP SE. Financial Results for the Second Quarter and Six Months ended 30 June 2025. URL: mhp.com.ua/en/mhp-se/results-and-presentations.

93. Kernel Holding S.A. Annual Report for the year ended 30 June 2025. URL: www.kernel.ua/investor-relations/financial-reports.

94. Kernel Holding S.A. Annual Report for the year ended 30 June 2024. URL: www.kernel.ua/investor-relations/financial-reports.

95. Kernel Holding S.A. Annual Report for the year ended 30 June 2023. URL: www.kernel.ua/investor-relations/financial-reports.

96. Astarta Holding PLC. Annual Report 2025. URL: astartaholding.com/en/financial-results-annual-results.

97. Astarta Holding PLC. Annual Report 2024. URL: astartaholding.com/en/financial-results-annual-results.

98. Astarta Holding PLC. Annual Report 2023. URL: astartaholding.com/en/financial-results-annual-results.

99. VITAGRO Energy URL: <https://vitagrogroup.com.ua/en/our-businesses/vitagro-energy/>.

100. Synergy and integration URL: <https://vitagrogroup.com.ua/en/>

101. Group of company Vitagro (2025) https://uabio.org/wp-content/uploads/2025/04/10-VITAGRO-BIOMETHANE_04.25.pdf.

102. Reher T., Lavaert C., Ottoy S., Martens J. A., Van Orshoven J., Cappelle J., Diels J., Van de Poel B. Room for renewables. A GIS-based agrivoltaics site suitability analysis in urbanized landscapes. *Agricultural Systems*. 2025. Vol. 224. Article 104266. DOI <https://doi.org/10.1016/j.agry.2025.104266>.

103. Soto-Gomez D. Integration of Crops, Livestock, and Solar Panels. A Review of Agrivoltaic Systems. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. Article 1824. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14081824>.

104. Vitagro. URL: <https://uabio.org/news/14389/>.

105. MHP SE. Integrated Annual Report and Accounts 2023. URL: mhp.com.ua/en/mhp-se/financial-reports.

106. Системи енергетичного менеджменту ISO 50001. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_50001_2020.pdf.

107. Prokhorova V., Yemelyanov O., Koleshchuk O., Slastianykova K., Mashkovsky M. Assessing the impact of energy-saving technological changes on the financial condition of enterprises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2025. № 5/13 (137). P. 6–16. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.341608>

108. Zaniwicz M., Moiseienko D. Ukraine's energy sector is a key battleground in the war with Russia. Brookings Institution. 2025. URL: <https://www.brookings.edu/articles/ukrainesenergy-sector-is-a-key-battleground-in-the-warwith-russia/>.

109. Stewart S. Investing in energy security: Ukraine. FP Analytics. Foreign Policy. 2025.

110. DiXi Group. Lessons of resilience from Ukraine: Olena Pavlenko on decentralized generation and the flexibility of the energy system during the World Bank webinar. DiXi Group. 2024. URL: <https://dixigroup.org/en/lessons-of-resilience-fromukraine-olena-pavlenko-on-decentralizedgeneration-and-the-flexibility-of-the-energy-systemduring-the-world-bank-webinar/>.

111. IRENA. Renewable Capacity Statistics 2025. Abu Dhabi : International Renewable Energy Agency, 2025. URL: <https://www.irena.org/Publications/2025/Mar/Renewable-capacity-statistics-2025>.

112. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Потенціал відновлюваної енергетики України. URL: <https://old.sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potensial>
113. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Біоенергетика. URL: <https://sae.gov.ua/diialnist/vidnovliuvana-enerhetyka/alternatyvna-enerhetyka/bioenerhetyka>
114. Bioenergy Association of Ukraine. Bioenergy transition in Ukraine. URL: <https://uabio.org/en/bioenergy-transition-in-ukraine/>.
115. Vaskina I., Pochwatka P., Vaskin R., Adamski M., Nowak M., Dach J. Ukraine's biogas potential: a comprehensive assessment of energy yields and feedstock availability. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2025. Vol. 81. Article 104412. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2025.104412>.
116. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Діяльність активного споживача на роздрібному ринку електричної енергії. 2024. URL: <https://www.nerc.gov.ua/sferi-diyalnosti/elektroenergiya/diyalnist-aktivnogo-spozhyvacha-na-rozdribnomu-rinku-elektrichnoyi-energiyi-1/diyalnist-aktivnogo-spozhyvacha-na-rozdribnomu-rinku-elektrichnoyi-energiyi>.
117. Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та зеленої трансформації енергетичної системи України: Закон України від 30.06.2023 № 3220-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3220-20>.
118. Dinesh H., Pearce J. M. The potential of agrivoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. Vol. 54. P. 299-308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.024>
119. Sousa T., Soares T., Pinson P., Moret F., Baroche T., Sorin E. Peer-to-peer and community-based markets: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019. Vol. 104. P. 367-378. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.036>.

120. Денисюк С. П., Лисий В. В. Аналіз процесів енергообміну при балансуванні режимів систем енергозабезпечення з розосередженою генерацією. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2023. № 3(73). С. 7-22. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2023.289648>.

121. Бобров Є. Економічні виклики розвитку розподіленої генерації в Україні в умовах енергетичної трансформації у 2025 році. *Вчені записки Університету "КРОК"*. 2025. № 2(78). С. 23-34. DOI: <https://doi.org/10.31732/2663-2209-2025-78-23-34>.

122. Tracksler I. S., Potapova M. V. Review of green hydrogen transformation technologies for increasing biomethane production at existing plants in Ukraine and Europe. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. 2024. Vol. 46. No 4. P. 91–100. DOI: <https://doi.org/10.31472/ttpe.4.2024.10>.

123. Kyzym M., Khaustova V., Horal L., Shpilevskiy V., Zinchenko V. Structural changes in Ukraine's electricity generation and their impact on the reduction of CO₂ emissions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2023, Vol. 1150(1), 012018. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1150/1/012018>.

124. Tokarchuk D., Pryshliak N., Berezyuk S., Tokarchuk O. Advancing sustainable reconstruction in Ukraine after full scale invasion: utilizing a “green” economic approach and essential guidelines for successful implementation. *Polityka Energetyczna*. 2024. Vol. 27, № 2. P. 71-88. DOI: <https://doi.org/10.33223/epj/185209>.

125. Kwilinski A., Lyulyov O., Pimonenko T. The role of green finance in attaining environmental sustainability within a country's ESG performance. *Journal of Innovation & Knowledge*. 2025. Vol. 10, Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jik.2025.100674>.

126. Кузнецова І. Низьковуглецевий розвиток як стратегічний вектор підприємства. *Економічний аналіз*. 2024. Вип. 34 (3). С. 54–63. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.03.054>.

127. Yu Guo, Giulia Bruno, Deming Zhang, Kaikai Han. Analysis of low-carbon technology innovation efficiency and its influencing factors based on triple helix theory: Evidence from new energy enterprises in China. *Helicon*. 2023. Vol. 9, Issue 10, e20308. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.helicon.2023.e20308> .

128. Gouda K. C., Thirumalai Raja R. The benefits of a net-zero emission policy for the environment, energy security, and energy equity (3Es) in developing nations. *Journal of Nonlinear Analysis and Optimization*. 2022. Vol. 13. Issue. 2. No. 2. URL: <https://www.jnao-nu.com/Vol.%2013,%20Issue.%2002,%20July-December%20:%202022/45.2.pdf>.

129. Kozlovskiy S., Zayukov I., Kozlovskiy V., Tregubov O., Storchak S., Mishchenko V., Lavrov R. Relationship Between Organic Farmland Expansion and Greenhouse Gas Emissions in Europe: Implications for the Implementation of the Sustainable Development Goals. *Problemy Ekorożwoju*. 2025. Vol. 20(1). P. 159-173. DOI: <https://doi.org/10.35784/preko.6337>.

130. Dushechkina N., Moroz, V., Yanitskys, V. Environmental consequences of climate change: global challenges and regional responses. *Biota. Human. Technology*. 2024. Vol. 2. P. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.58407/bht.2.24>.

131. Присяжнюк О. І., Маляренко О. А., Lazdiņš A., Мусіч В. В., Гончарук О. М. Математичні моделі прогнозування врожайності біоенергетичних культур. *Новітні агротехнології*. 2024. Т. 12. No 3. DOI: <https://doi.org/10.47414/na.12.3.2024.317422>.

132. Kaletnik G., Pryshliak N., Tokarchuk D. Potential of Production of Energy Crops in Ukraine and their Processing on Solid Biofuels. *Ecological Engineering Environmental Technology*. 2021. Vol. 3. P. 59–70. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/135447>.

133. Mäki E., Kannari L., Hannula I., Shemeikka J. Decarbonisation of a district heating system with a combination of solar heat and bioenergy: A techno-economic case study in the Northern European context. *Renewable Energy*. 2021. Vol. 175. P. 1174-1199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.116>.

134. Стан біоенергетичного ринку у 9-ти областях України (Волинська, Житомирська, Закарпатська, Івано-Франківська, Львівська, Рівненська, Тернопільська, Хмельницька, Чернівецька). Аналітичне дослідження (за підтримки EU4Business у рамках ініціативи EU4Business). Підготовлено Володимир Воробей та Назарій Гудз. Львів, листопад 2017 р. 39 с.

135. Шманько Н. Закономірності функціонування та принципи управління об'єктами відновлюваної генерації в аграрній сфері. *Економічний аналіз*. 2024. Том 34. № 4. С. 701–716. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2024.04.701>.

136. Шманько Н. Інституціоналізація управління об'єктами генерації енергії з відновлюваних джерел у аграрній сфері. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 4. С. 597–610. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.04.597>.

137. Фреїшин М., Брич В., Шевчук С., Шманько Н. Парадигма децентралізації енергетичної системи України в умовах воєнних ризиків. *Економічний аналіз*. 2025. Том 35. № 2. С. 693–714. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2025.02.693>.

138. Шманько Н. Р. Архітектура управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі: інституційно-економічна модель координації виробничих та енергетичних контурів. *Інноваційна економіка*. 2025. № 3. С. 280-291. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2025.3.33>.

139. Шманько Н. Р. Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлювальних джерел в аграрній сфері: досвід ЄС. *Інноваційна економіка*. 2026. №1. С. 126-134. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2026.1.12>.

140. Шманько Н. Р., Ткач М. Є. Економічна природа управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. *Сталий розвиток економіки на засадах ресурсоефективності: збірник матеріалів XI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів і молодих вчених (м. Запоріжжя, 18-19 грудня 2025 р.)*. За ред. А. В. Череп. Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2025. С. 63-64.

141. Shmanko N. R. Electricity generation management at agricultural facilities. *Сучасні підходи до креативного управління економічними процесами: матеріали*

XVI Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Київ, 16 квітня 2025 р.). К. : ДУ «КАІ», 2025. С. 296-298.

142. Шманько Н. Інституційно-технологічні засади управління відновлюваною генерацією в агропромисловому комплексі. *Синергія науки та бізнесу: виклики, трансформації, перспективи*: матеріали XV Національної науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 29 травня 2025 р). Тернопіль: ФОП Осадца Ю.В., 2025. С. 80-82.

143. Шманько Н. Теоретичні аспекти управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. *Синергія науки та бізнесу: виклики, трансформації, перспективи*: матеріали XVI Національної науково-практичної конференції (м. Тернопіль, 15 жовтня 2025 р). Тернопіль: ФОП Осадца Ю.В., 2025. С. 30-31.

144. Шманько Н. Методичні підходи до архітектури управління об'єктами відновлюваної генерації в агропромисловому комплексі. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти*: збірник матеріалів IX Міжнародної науково-практичної конференції. (м. Київ, 24 березня 2026 р.). К. : Науково-методичний центр ВФПО, 2026. С.74-76.

145. Прохорова В., Ус В. «Зелена» енергетика в концепції циркулярної економіки: відновлення та використання поновлюваних джерел у нестабільних умовах. *Адаптивне управління: теорія і практика. Серія Економіка*. 2024. № 18(36). DOI: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-18\(36\)-05](https://doi.org/10.33296/2707-0654-18(36)-05).

ДОДАТКИ**Додаток А**

Таблиця А.1

Баланс компанії МНР за 2020-2025 роки

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Необоротні активи	2108, 5	2448,8	2252,6	2298,0	2761, 0	3281,0
Оборотні активи	1174, 3	1654,9	1556,1	1588,0	1665, 0	2164,0
Усього активи	3282, 8	4103,8	3808,7	3886,0	4426, 0	5445,0
Власний капітал	1254, 2	1794,2	1445,7	1567,0	1966, 0	2214,0
Довгострокові зобов'язання	1653, 7	1780,3	1830,4	1469,0	1795, 0	1600,0
Поточні зобов'язання	374,9	529,3	532,6	850,0	665,0	1631,0
Усього зобов'язання	2028, 6	2309,6	2363,0	2319,0	2460, 0	3231,0
Усього пасиви	3282, 8	4103,8	3808,7	3886,0	4426, 0	5445,0

Джерело: сформовано за даними [91]

Таблиця А.2

Звіт про фінансові результати MHP SE Group за 2020–2025 рр., млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Виручка	1911,1	2372,3	2642,0	3021,0	3046,0	3766,0
Чиста зміна справедливої вартості біологічних активів і сільськогосподарської продукції	30,5	184,9	-127,8	-48,0	135,0	32,0
Собівартість реалізації	-1544,1	-1812,7	-1906,0	-2334,0	-2333,0	-2898,0
Валовий прибуток	397,5	744,5	608,2	639,0	848,0	900,0
Витрати на збут, адміністративні та загальні витрати	-187,8	-228,2	-254,4	-270,0	-348,0	-461,0
Інші операційні доходи	16,5	11,8	13,4	19,0	16,0	31,0
Інші операційні витрати	-23,4	-11,6	-83,3	-49,0	-76,0	-94,0
Збиток від знецінення гудвілу / основних засобів	-1,7	-10,6	-29,2	0,0	-27,0	0,0
Операційний прибуток	201,1	506,0	254,7	339,0	413,0	376,0
Фінансові доходи	13,6	10,5	6,0	37,0	21,0	19,0
Фінансові витрати	-144,3	-150,4	-154,7	-163,0	-160,0	-171,0
Курсовий прибуток / збиток	-203,7	40,5	-365,0	-40,0	-125,0	-12,0
Інші витрати	-3,5	-2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Прибуток / збиток до оподаткування	-136,7	403,7	-259,0	173,0	149,0	212,0
Податок на прибуток / податковий ефект	5,1	-6,9	28,1	-31,0	-5,0	-25,0
Прибуток / збиток від діяльності, що триває	-131,6	396,8	-230,9	142,0	144,0	187,0
Збиток від припиненої діяльності	-1,5	-3,5	0,0	0,0	0,0	0,0
Чистий прибуток / збиток за рік	-133,1	393,3	-230,9	142,0	144,0	187,0
Прибуток / збиток, що належить власникам материнської компанії	-136,5	375,5	-225,6	144,0	134,0	175,0

Джерело: сформовано за даними [91]

Звіт про рух грошових коштів МНР SE Group за 2020–2025 рр., млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Прибуток / збиток до оподаткування	-136,7	403,7	-259,0	173,0	149,0	212,0
Операційні грошові потоки до змін оборотного капіталу	374,7	521,0	609,0	567,0	505,0	603,0
Грошові кошти, отримані від операцій	221,1	275,9	269,0	628,0	408,0	461,0
Отримані відсотки	9,8	10,2	3,0	11,0	10,0	14,0
Сплачені відсотки	-144,9	-148,1	-126,0	-178,0	-157,0	-169,0
Сплачений податок на прибуток	-15,3	-13,3	-8,0	-23,0	-15,0	-35,0
Чисті грошові потоки від операційної діяльності	70,7	124,8	138,0	438,0	246,0	271,0
Придбання основних засобів	-72,8	-140,1	-159,0	-212,0	-290,0	-275,0
Надходження від вибуття основних засобів / необоротних активів	3,5	4,7	5,0	7,0	5,0	27,0
Придбання нематеріальних та інших необоротних активів	-6,1	-15,5	-6,0	-4,0	-15,0	-18,0
Придбання дочірніх компаній, за вирахуванням отриманих коштів	0,0	-1,8	0,0	0,0	-14,0	-276,0
Чисті грошові потоки, використані в інвестиційній діяльності	-128,6	-100,0	-174,0	-228,0	-333,0	-541,0
Надходження від банківських позик	113,2	329,5	232,0	280,0	589,0	674,0
Погашення банківських позик	-118,4	-203,3	-160,0	-208,0	-202,0	-335,0
Погашення облігацій	0,0	0,0	0,0	-128,0	-342,0	0,0
Погашення орендних зобов'язань	-15,5	-20,5	-14,0	-28,0	-28,0	-41,0
Дивіденди та інші виплати у межах фінансової діяльності	-30,9	-70,8	-1,0	-2,0	0,0	0,0
Чисті грошові потоки від фінансової діяльності	-51,7	34,7	57,0	-86,0	17,0	298,0
Чисте збільшення / зменшення грошових коштів	-109,6	59,6	21,0	124,0	-70,0	28,0
Курсові різниці за грошовими коштами	-13,5	-1,9	4,0	12,0	-11,0	32,0
Грошові кошти та їх еквіваленти на початок року	340,7	217,6	275,0	300,0	436,0	355,0
Грошові кошти та їх еквіваленти на кінець року	217,6	275,2	300,0	436,0	355,0	415,0

Джерело: сформовано за даними [91]

Звіт про власний капітал MHP SE Group за 2020–2025 рр., млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Власний капітал на початок року	1 595,9	1 254,2	1 794,2	1 446,0	1 567,0	1 966,0
Чистий прибуток / збиток за рік	-133,1	393,3	-231,0	142,0	144,0	187,0
Інший сукупний дохід / збиток	-180,2	216,6	-115,0	-20,0	254,0	47,0
Сукупний дохід / збиток за рік	-313,3	609,9	-346,0	122,0	398,0	234,0
Дивіденди, оголошені материнською компанією	-30,0	-60,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Дивіденди, оголошені дочірніми компаніями	0,0	-10,8	-2,0	0,0	0,0	0,0
Зміни неконтрольованих часток / бізнес-комбінації	1,6	0,9	0,0	-1,0	1,0	14,0
Власний капітал на кінець року	1 254,2	1 794,2	1 446,0	1 567,0	1 966,0	2 214,0

Джерело: сформовано за даними [91]

Структура власного капіталу МНР SE Group на кінець року, млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Статутний капітал	284,5	284,5	285,0	285,0	285,0	285,0
Казначейські акції	-44,6	-44,6	-45,0	-45,0	-45,0	-45,0
Додатковий оплачений капітал	174,0	174,0	174,0	174,0	174,0	174,0
Резерв переоцінки	649,0	811,7	792,0	706,0	960,0	850,0
Нерозподілений прибуток	1 195,1	1 557,3	1 559,0	1 793,0	2 052,0	2 337,0
Резерв перерахунку валют	-1020,2	-1018,5	-1337,0	-1356,0	-1486,0	-1439,0
Капітал, що належить власникам материнської компанії	1 237,8	1 764,4	1 428,0	1 557,0	1 940,0	2 162,0
Неконтрольовані частки	16,4	29,8	18,0	10,0	26,0	52,0
Усього власний капітал	1 254,2	1 794,2	1 446,0	1 567,0	1 966,0	2 214,0

Джерело: сформовано за даними [91]

Додаток Б

Таблиця Б.1

Баланс Kernel Holding S.A. за 2020–2025, млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Оборотні активи	1 531,0	2 283,7	2 523,2	2 442,1	2 155,4	2 004,3
Необоротні активи	1 633,7	1 712,9	1 662,5	1 443,1	1 241,6	1 316,1
Усього активи	3 164,7	3 996,6	4 185,6	3 885,2	3 396,9	3 320,4
Поточні зобов'язання	412,6	916,8	2 238,2	1 898,8	1 367,1	666,9
Довгострокові зобов'язання	1 258,0	1 130,9	261,2	242,4	163,6	574,6
Усього зобов'язання	1 670,6	2 047,7	2 499,4	2 141,2	1 530,6	1 241,4
Власний капітал	1 494,1	1 948,9	1 686,2	1 744,0	1 866,3	2 079,0
Усього пасиви	3 164,7	3 996,6	4 185,6	3 885,2	3 396,9	3 320,4

Джерело: сформовано за даними [93-95]

Звіт про фінансові результати Kernel Holding S.A. за 2020–2025, млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Виручка	4 106,8	5 594,8	5 331,5	3 455,1	3 581,5	4 115,0
Чиста зміна справедливої вартості біологічних активів і сільськогосподарської продукції	-21,0	132,6	12,5	-114,7	-10,4	6,6
Собівартість реалізації	-3628,6	-4 821,9	-4 692,0	-2 704,0	-2 889,0	-3 553,2
Валовий прибуток	457,2	905,6	652,1	636,4	682,1	568,5
Інші операційні доходи	7,0	111,3	63,7	53,5	76,6	67,8
Інші операційні витрати	0,0	0,0	-44,7	-34,9	-28,4	-46,4
Адміністративні, загальні та збутові витрати	-126,9	-318,3	-230,4	-205,0	-213,4	-235,3
Чисте знецінення / відновлення фінансових активів	-3,8	-4,7	-33,0	4,1	-11,2	-2,5
Знецінення / відновлення знецінення активів	н/д	-4,6	-317,0	-14,7	-229,2	8,9
Операційний прибуток	337,3	689,3	90,7	439,5	276,4	361,0
Фінансові витрати	-147,2*	-147,7	-130,5	-153,2	-119,1	-77,7
Фінансові доходи	5,8	6,0	11,3	30,8	49,8	45,4
Курсовий прибуток / збиток, нетто	-1,0	-6,3	10,1	62,7	33,0	-5,2
Інші доходи / витрати, нетто	-50,5	-3,3	-25,1	-11,8	-29,1	-36,3
Частка прибутку / збитку спільних підприємств	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Прибуток / збиток до оподаткування	144,8	538,0	-43,5	367,8	211,1	287,2
Податок на прибуток / податковий ефект	-22,1	-32,3	2,8	-69,1	-43,4	-49,6
Чистий прибуток / збиток за період	122,8	505,7	-40,7	298,8	167,6	237,6
Прибуток / збиток, що належить власникам Kernel Holding S.A.	117,9	512,7	-41,1	299,2	168,0	238,2
Неконтрольовані частки	4,9	-7,0	0,4	-0,4	-0,3	-0,6
ЕБИТДА	443	806	220	544	381	466

Джерело: сформовано за даними [93-95]

Таблиця Б.3

Звіт про рух грошових коштів Kernel Holding S.A. за 2020–2025, млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Чистий грошовий потік від операційної діяльності	269,4	459,8	-305,5	716,1	472,1	241,7
Придбання основних засобів	-215,7	-178,3	-119,7	-77,1	-142,6	-73,0
Надходження від вибуття основних засобів	5,5	5,9	5,9	2,7	10,2	4,8
Чистий грошовий потік від інвестиційної діяльності	-202,7	-205,1	-293,7	9,6	-112,5	-40,3
Надходження від позик / кредитів	513,0	296,1	1 073,6	54,9	245,0	149,6
Погашення позик / кредитів	-536,9	-257,4	-230,2	-247,7	-790,5	-223,5
Погашення корпоративних облігацій	0,0	-286,9	-213,1	0,0	0,0	-300,0
Дивіденди	-21,0	-35,3	-34,1	0,0	0,0	0,0
Погашення орендних зобов'язань	-37,7	-32,7	-9,7	-23,2	-20,0	-34,2
Чистий грошовий потік від фінансової діяльності	225,7	-47,9	476,3	-215,8	-505,5	-393,7
Ефект курсових змін на грошові кошти	-1,6	-0,1	-3,4	-3,4	1,4	0,4
Чисте збільшення / зменшення грошових коштів	290,8	206,6	-126,3	506,5	-144,5	-192,1
Грошові кошти на початок року	76,4	367,2	573,9	447,6	954,1	809,6
Грошові кошти на кінець року	367,2	573,9	447,6	954,1	809,6	617,5

Джерело: сформовано за даними [93-95]

Звіт про власний капітал Kernel Holding S.A. за FY2020–FY2025, млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Власний капітал на початок року	1 346,0	1 494,1	1 948,9	1 686,2	1 744,0	1 866,3
Чистий прибуток / збиток за період	122,8	505,7	-40,7	298,8	167,6	237,6
Інший сукупний дохід / збиток	32,2	-4,2	-62,7	-241,0	-105,3	-18,3
Сукупний дохід / збиток за період	154,9	501,6	-103,4	57,8	62,3	219,3
Збільшення статутного капіталу	13,6	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0
Дивіденди	-21,0	-35,3	-34,1	0,0	0,0	0,0
Вибуття дочірніх компаній	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Зміни неконтрольованих часток	0,0	0,0	15,8	0,0	0,0	0,0
Визнання / викуп платежів на основі акцій	0,6	-11,5	-46,1	0,0	0,0	0,0
Викуп казначейських акцій	0,0	0,0	-96,9	0,0	0,0	0,0
Трансфер резерву переоцінки при вибутті ОЗ	0,0	0,0	2,1	0,0	0,0	0,0
Інші зміни	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,6
Власний капітал на кінець року	1 494,1	1 948,9	1 686,2	1 744,0	1 866,3	2 079,0
Капітал, що належить власникам Kernel Holding S.A.	1 492,7	1 946,2	1 683,2	1 741,9	1 864,6	2 077,9
Неконтрольовані частки	1,5	2,8	3,0	2,1	1,7	1,1
Усього власний капітал	1 494,1	1 948,9	1 686,2	1 744,0	1 866,3	2 079,0

Джерело: сформовано за даними [93-95]

Структура власного капіталу Kernel Holding S.A. на кінець року, млн дол. США

Показник	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Статутний капітал	2,2	2,2	2,2	2,2	7,7	7,7
Емісійний дохід	500,4	500,4	500,4	500,4	457,9	457,9
Додатковий оплачений капітал	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9	39,9
Казначейські акції	0,0	0,0	-96,9	-96,9	0,0	0,0
Резерв переоцінки	62,2	57,3	104,3	104,3	96,2	103,8
Інші резерви	-3,5	-0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
Резерв перерахунку валют	-697,6	-703,0	-816,5	-932,1	-1 029,1	-1 055,0
Нерозподілений прибуток	1 584,3	2 048,4	1 949,7	2 124,0	2 292,0	2 523,5
Капітал власників	1 492,7	1 946,2	1 683,2	1 741,9	1 864,6	2 077,9
Неконтрольовані частки	1,5	2,8	3,0	2,1	1,7	1,1
Усього власний капітал	1 494,1	1 948,9	1 686,2	1 744,0	1 866,3	2 079,0

Джерело: сформовано за даними [93-95]

Додаток В

СП «Сенатор»
Адреса юридична: 46002, м. Тернопіль, пров. Галицький, буд. 15
ППІ 211580819187, свідоцтво 200052400, ЄДРПОУ 21158082
п/р UA67325365000000260050005364 у банку АТ «Кредобанк» МФО 325365
тел. (0352) 52-42-88
elektrostul@gmail.com

Довідка**№ 15 від 11.05.2026**

про впровадження результатів дисертаційної роботи на тему «Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлювальних джерел в аграрній сфері»

Автор роботи Шманько Н. Р. розкриває потенціал аграрних підприємств для генерації електроенергії з відновлюваних джерел енергії, що є достатньо складною економічною категорією, що поєднує природно-ресурсні, виробничі, інфраструктурні, фінансові, інституційні та управлінські характеристики. Його не можна зводити лише до площі земель, кількості сонячної радіації чи обсягу біомаси. В роботі доказано, що реальна спроможність підприємства створити ефективний ВДЕ-об'єкт визначається тим, наскільки ресурс може бути інтегрований у виробничий цикл, енергетичну інфраструктуру та систему управління підприємством. Вважаємо, що дана робота сприятиме ефективнішому управлінню підприємства для досягнення енергонезалежності, тому її результати використовуються в практичній діяльності.

Комерційний директор СП «Сенатор»



Ковальський А.А.

СМП «Маркет»

Адреса юридична: 46008, м. Тернопіль, вул.Подільська, 5

ПІН 140495719184, свідоцтво 200052401, ЄДРПОУ 14049576

р/р 2600001510236 в відділення № 2 у м. Тернопіль ЦФ ПАТ «Кредобанк» МФО 325365

тел. (0352) 52-75-89

524288@ukr.net**Довідка****№34 від 20.05.2026**

видана Шманьку Н. Р. про те, що результати його роботи на тему «Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлювальних джерел в аграрній сфері» використовуються в діяльності підприємства.

Актуальність теми посилюється умовами функціонування української енергетичної системи. Воєнні ризики, пошкодження енергетичної інфраструктури, волатильність цін на енергоресурси та потреба підтримання безперервності аграрного виробництва зумовлюють попит на локальні джерела енергії. Для підприємств, що мають холодильні потужності, елеваторне обладнання, молочнотоварні ферми, тепличні комплекси або переробні цехи, перебої електропостачання можуть спричиняти прямі виробничі втрати. Відтак ВДЕ-проекти доцільно оцінювати не тільки через показники окупності, а й через внесок у енергетичну безпеку, операційну безперервність і довгострокову конкурентоспроможність.

Заступник директора СМП
«Маркет»



Дзюбинська В.В.



Товариство з обмеженою відповідальністю "Агропродсервіс інвест"

47631, Тернопільська обл., Тернопільський рн., с-ще. Козлів,
вул. Зарудка, буд. 1В, ЄДРПОУ – 34653281, E-mail: investagroprod@ukr.net

вих. № 184 від 02.06. 2026р.

Довідка

видана Шманьку Н. Р. щодо результатів дослідження.

Сучасний розвиток відновлюваної енергетики у аграрному секторі супроводжується формуванням нових економічних і організаційних моделей взаємодії між виробничими системами сільського господарства та енергетичною інфраструктурою. У таких умовах об'єкти генерації енергії з відновлюваних джерел дедалі частіше інтегруються у структуру аграрних підприємств і набувають ознак економічних активів, функціонування яких залежить не лише від технічних характеристик генеруючих установок, але й від інституційного середовища енергетичного ринку. Це зумовлює необхідність теоретичного обґрунтування механізмів управління відповідними об'єктами та визначення їх місця у системі виробничо-економічних відносин аграрного сектору. Тому результати роботи на тему «Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлювальних джерел в аграрній сфері» є науково обґрунтованими і використовуються в діяльності підприємства.

Директор



Юрій МАЛЮТА



**ЛЬВІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕПАРТАМЕНТ АГРОПРОМИСЛОВОГО РОЗВИТКУ**

пр. В. Чорновола, 4, м. Львів, 79019, тел. факс (032) 255-50-62,
www.loda.gov.ua, e-mail: apr@loda.gov.ua, Код ЄДРПОУ 38557602

27.05.2026р. № 01-37/16

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи Назара Шманька
на тему: «Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлювальних
джерел в аграрній сфері»

В роботі представлена сучасна трансформація енергетичних систем, що змінює економічну роль підприємств, які традиційно розглядалися переважно як кінцеві споживачі електроенергії. Поширення відновлюваних джерел енергії, здешевлення сонячних фотоелектричних технологій, розвиток біоенергетики, систем накопичення електроенергії та цифрового обліку створюють передумови для формування розподіленої генерації. У такій моделі підприємства можуть не тільки купувати електроенергію на ринку, а й виробляти її для власного споживання, продавати надлишки, підвищувати автономність критичних процесів і знижувати вплив енергетичних ризиків на собівартість продукції.

Для аграрного сектору ця зміна має особливе значення. Аграрні підприємства поєднують у межах однієї виробничої системи земельні ресурси, біологічні активи, сезонні енергетичні навантаження, органічні відходи, залишки рослинництва, тваринницькі комплекси, складську та переробну інфраструктуру. Це формує багатоконпонентний потенціал для виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Тому результати дослідження становлять значний науковий і практичний інтерес та слугують базою для стратегічного розвитку аграрних підприємств регіону.

Директор



Людмила ГОНЧАРЕНКО



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46009; тел./факс +380 (352) 51-75-75;
www.wunu.edu.ua; rektor@wunu.edu.ua; ідентифікаційний код за ЄДРПОУ 33680120

126-31/1293

25 05 2026

ДОВІДКА

про впровадження

Видана Шманьку Назару Романовичу, аспіранту кафедри міжнародного туризму та готельного бізнесу Західноукраїнського національного університету, про те, що отримані результати і висновки дисертаційної роботи на тему «Управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері» використовуються при читанні курсів: «Енергетичний менеджмент», «Альтернативні та відновлювальні джерела енергії», «Економіка та організація енергетичного виробництва». В лекціях розглядаються питання впровадження енергоефективних технологій, відновлювальних джерел енергії, особливості системи управління об'єктами генерації електроенергії з відновлюваних джерел в аграрній сфері.

Проректор
з науково-педагогічної роботи



Віктор ОСТРОВЕРХОВ

Виконавець:
Оксана ГУГУЛ
+38 (067) 378-17-15