

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МИКИТЮК ОЛЕГ РОМАНОВИЧ

УДК 005:332.872:620.9:658.2

ДИСЕРТАЦІЯ
УПРАВЛІНСЬКИЙ АСПЕКТ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ
ЕФЕКТИВНОСТІ В ЖИТЛОВІЙ СФЕРІ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО
ВІДНОВЛЕННЯ

073 - Менеджмент
07 – Управління та адміністрування

Подається на здобуття наукового ступеня
доктора філософії

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

_____ Микитюк О.Р.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник:
Полянська Алла Степанівна
доктор економічних наук, професор
Професор кафедри менеджменту та адміністрування
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

АНОТАЦІЯ

Микитюк. О. Р. Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 073 – «Менеджмент». – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню наукового завдання, що полягає в теоретичному обґрунтуванні та розробці методичних підходів підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення.

На основі історико-логічного аналізу літературних джерел з проблематики управління енергоефективністю житлових будівель досліджено еволюцію концепцій управління енергоефективністю, що дозволило ідентифікувати п'ять ключових еволюційних фаз, через які пройшла управлінська думка. Це розуміння є критичним для уникнення недоліків та упущень у минулому під час формування стратегічних програмних документів щодо енергоефективності в час післявоєнного відновлення. Запропоновано авторське визначення категорії «управління енергетичною ефективністю в умовах повоєнного відновлення», яке трактується як багаторівнева система цілеспрямованого впливу суб'єктів публічного та приватного секторів на процеси виробництва, розподілу та споживання енергії, яка через механізми міжсекторальної координації, фінансового інжинірингу та цифрової оптимізації забезпечує не лише скорочення питомих витрат ресурсів, а й досягнення енергетичної життєстійкості територіальних громад в умовах перманентних безпекових загроз. Дане визначення на відміну від існуючих, трактується не лише як цілеспрямований вплив на організаційні, фінансові та поведінкові фактори задля економії енергоресурсів, а й як інструмент підвищення стійкості, безпеки життєдіяльності та енергетичної незалежності, що базується на оцінці

поточного стану, враховує різні умови досягнення енергоефективності та передбачає вибір сценаріїв і програм змін.

Встановлено, що ефективна система управління енергетичною ефективністю неможлива без взаємодії та чітких управлінських зв'язків між усіма рівнями забезпечення та підтримання енергоефективності: державного, регіонального, муніципального та колективно-індивідуального. Упущення в минулому були здебільшого невдачами в координації. Тому стратегія повоєнного відновлення має бути зосереджена не лише на фінансуванні, а й на розбудові управлінської спроможності на всіх рівнях управління, особливо на муніципальному та рівні об'єднань співвласників багатоквартирних будинків.

Методологічну основу дослідження становлять синтез теорії стейкхолдерів, концепції багаторівневого врядування та сучасні підходи до ухвалення інвестиційних рішень. У дисертації обґрунтовано, що традиційні лінійні моделі управління, орієнтовані на економічні показники ефективності вимагають інтеграції з операційними показниками функціонування житлового сектору, врахування результатів енергетичного аудиту, узгодження поточних рішень із стратегічними орієнтирами регіонального розвитку для оцінки інвестиційних рішень щодо покращення енергоефективності.

На основі аналізу стану житлового сектору здійснено оцінку ефективності та управлінських практик, зроблено висновок, що житловий сектор України ще до війни характеризувався критичним рівнем фізичного та морального зносу. Питоме енергоспоживання в українських будівлях у 2–3 рази перевищувало середні показники країн ЄС, що створювало тиск на економіку через необхідність імпорту енергоносіїв і субсидування населення. Повномасштабне вторгнення призвело до катастрофічних наслідків. За даними аналізу, проведеного в дисертації з посиланням на звіти міжнародних організацій, прямі збитки житловому фонду перевищують 56,5 млрд доларів США. Окрім фізичного знищення, ідентифіковано проблему «прихованої деградації» – мікропошкоджень конструкцій та інженерних мереж унаслідок вібраційних навантажень від вибухів, що порушують герметичність будівель і зводять

нанівець попередні заходи з термомодернізації. Здійснено аналіз ефективності державних програм підтримки енергоефективності, зокрема «Теплі кредити», програм Фонду енергоефективності «Енергодім» та «ВідновиДІМ».

Проведено кластерний аналіз житлових будинків м. Івано-Франківська демонструє просторову диференціацію будівель за їхніми енергетичними характеристиками. Перший кластер охоплює переважно будівлі 1970–1999 років і характеризується високим енергоспоживанням та нижчими показниками енергоефективності, що визначає їх як основний об'єкт термомодернізації. Другий кластер представлений переважно сучасними або модернізованими будівлями з нижчим питомим споживанням енергії та кращими екологічними характеристиками. Третій кластер включає поодинокі атипові об'єкти з особливою структурою енергоспоживання або специфічним енергетичним міксом. Отримані результати показують, що кластеризація відображає не лише часову диференціацію будівель, а насамперед їх багатовимірну енергетичну структуру, що дає змогу перейти від простого поділу «старі-нові» до функціональної типології житлового фонду.

Отримані результати дослідження узагальнено з допомогою кількісного QUEST-аналізу енергоефективності житлового сектору Івано-Франківської громади, що дозволило оцінити поточний стан системи управління та співвіднести його з орієнтирами 2030 року, визначеними Національним енергетично-кліматичним планом (NECP) і програмами модернізації теплопостачання. Поточний профіль регіону характеризується середнім рівнем готовності (близько 55–60 балів із 100). Основними обмеженнями є кліматичні умови з тривалим опалювальним періодом та значна частка житлового фонду, збудованого до 1990 року, що має низькі теплоізоляційні характеристики і зумовлює високі питомі витрати енергії.

Проведений порівняльний QUEST-аналіз макрорегіонів України показує суттєву нерівномірність розвитку енергоефективності в житловому секторі. Кращі стартові позиції мають західні та частково центральні регіони завдяки вищій інституційній спроможності й нижчому рівню руйнувань. Натомість

південні та східні регіони відстають через пошкодження інфраструктури, обмежений доступ до інвестицій і складні умови модернізації. Попри це, цілі до 2030 року є спільними та передбачають масштабну термомодернізацію, впровадження NZEB-підходу, модернізацію теплопостачання та цифровізацію управління. Досягнення цих орієнтирів у південних і східних регіонах потребує пріоритетного відновлення базової інфраструктури та підвищення її стійкості.

Попри наявність інституційних і фінансових механізмів підтримки модернізації (програми для ОСББ, співфінансування, впровадження індивідуальних теплових пунктів), масштаб змін поки що недостатній. Ключовим обмеженням залишається низький рівень керованості систем теплопостачання та обмежене використання обліку й автоматичного регулювання.

Основними напрямками змін є масштабна термомодернізація житлового фонду, модернізація інженерних систем із впровадженням погодозалежного регулювання та формування цифрової інфраструктури для управління будівлями. Реалізація цих заходів дозволить трансформувати енергоефективність із окремих проєктів у керований регіональний процес, що сприятиме підвищенню енергетичної стійкості та інвестиційної привабливості житлового сектору.

На основі методології МАМСА розроблено та проаналізовано три управлінські сценарії реалізації заходів з енергоефективності для житлових будинків, серед яких, найбільш вагомим стає партнерський, що базується на децентралізації, залученні громад через цифрові платформи, використанні ЕСКО-механізмів та дотриманні стандартів NZEB. Цей сценарій забезпечує найвищу сталість результатів і формує відповідального власника. Проведені розрахунки дозволили сформувати моделі економічної оцінки інвестицій у заходи енергомодернізації на основі врахування показників дисконтної ставки та частки залучених зовнішніх джерел, як-от грантів і субсидій. Розроблено організаційно-економічний механізм управління енергоефективністю, адаптований до умов житлового сектору. Механізм базується на таких

складових: нормативно-регуляторних, фінансово-інвестиційних, організаційно-адміністративних, цифрових і поведінкових. Запропонована інтегрована модель управління, що поєднує механізми публічного адміністрування, цифрові інструменти (Human-AI synergy) та активне залучення стейкхолдерів, дає змогу подолати наявні бар'єри й реалізувати потенціал енергозбереження. Доведено, що практична імплементація розроблених рекомендацій щодо підвищення енергоефективності житлових будівель дозволить скоротити енергетичний розрив з країнами ЄС, забезпечити окупність інвестицій у прийнятні строки та перетворити житловий сектор з «енергетичного тягаря» на драйвер сталого розвитку економіки.

Таким чином, дослідження у роботі теоретичних, методичних і практичних аспектів управління енергоефективністю у житловій сфері дозволило виділити технології такого управління, застосування яких забезпечує прийняття цілеспрямованих, організаційно узгоджених, економічно обґрунтованих та цифрових рішень, що спрямовані не тільки на підтримання існуючого стану енергоефективності на належному рівні, але і на ствердження нових моделей, які на значно вищому від існуючого рівня дозволяють суб'єктам управління комплексно трансформувати житловий сектор відповідно до сучасних вимог відповідно до запропонованого організаційно-економічного механізму.

Ключові слова: енергетична ефективність, управління енергоефективністю, розвиток, житлові будівлі, повоєнне відновлення, будівництво, енергетична безпека, сталий розвиток, енергетичний менеджмент, енергомодернізація, енергетичний сертифікат будівлі, організаційно-економічний механізм управління енергоефективністю, багаторівневе управління, енергоповедінка, штучний інтелект, синергія «Human-AI», енергетична резильєнтність, стейкхолдери, стратегії, онтологія, моделювання, системний підхід, енергетичний аудит, регіон, фінансові інструменти модернізації, партнерська модель управління.

ANNOTATION

Mykytiuk, O. R. The managerial aspect of improving energy efficiency in the housing sector under conditions of post-war recovery. – Qualification scientific work in the form of a manuscript.

Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in specialty – 073 «Management». – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2025.

The dissertation is devoted to solving a scientific problem consisting in the theoretical substantiation and development of methodological approaches to improving energy efficiency in the residential sector under post-war recovery conditions.

Based on a historical and logical analysis of literature on energy efficiency management in residential buildings, the evolution of energy efficiency management concepts has been studied, which made it possible to identify five key evolutionary phases through which managerial thought has passed. This understanding is critical for avoiding past shortcomings and omissions in the formation of strategic policy documents on energy efficiency during post-war recovery. An author's definition of the category "energy efficiency management under post-war recovery conditions" is proposed, which is interpreted as a multi-level system of targeted influence by public and private sector actors on the processes of energy production, distribution, and consumption. Through mechanisms of cross-sectoral coordination, financial engineering, and digital optimization, it ensures not only the reduction of specific resource consumption but also the achievement of energy resilience of territorial communities under permanent security threats. Unlike existing definitions, this approach interprets energy efficiency management not only as a targeted influence on organizational, financial, and behavioral factors aimed at saving energy resources, but also as an instrument for enhancing resilience, safety of living conditions, and energy independence. It is based on the assessment of the current state, takes into account

different conditions for achieving energy efficiency, and provides for the selection of scenarios and programs of change.

It has been established that an effective energy efficiency management system is impossible without interaction and clear managerial links between all levels of ensuring and maintaining energy efficiency: national, regional, municipal, and collective-individual. Past shortcomings were largely failures of coordination. Therefore, the strategy of post-war recovery should focus not only on financing, but also on building governance capacity at all levels, especially at the municipal level and at the level of homeowners' associations.

The methodological basis of the research consists of a synthesis of stakeholder theory, the concept of multi-level governance, and modern approaches to investment decision-making. The dissertation substantiates that traditional linear management models oriented toward economic efficiency indicators require integration with operational indicators of the functioning of the residential sector, consideration of energy audit results, and alignment of current decisions with strategic priorities of regional development for the evaluation of investment decisions aimed at improving energy efficiency.

Based on the analysis of the state of the residential sector, an assessment of efficiency and management practices has been carried out, which led to the conclusion that the residential sector of Ukraine, even before the war, was characterized by a critical level of physical and moral deterioration. Specific energy consumption in Ukrainian buildings was 2–3 times higher than the average in EU countries, creating pressure on the economy due to the need to import energy resources and subsidize the population. The full-scale invasion has led to catastrophic consequences. According to the analysis conducted in the dissertation with reference to reports of international organizations, direct losses to the housing stock exceed USD 56.5 billion. In addition to physical destruction, the problem of “hidden degradation” has been identified – micro-damage to structures and engineering systems caused by vibration loads from explosions, which disrupt the airtightness of buildings and nullify previous thermomodernization measures. An analysis of the

effectiveness of state support programs for energy efficiency has been carried out, including the “Warm Loans” program, as well as the Energy Efficiency Fund programs “Energodim” and “VidnovyDIM”.

A cluster analysis of residential buildings in the city of Ivano-Frankivsk demonstrates spatial differentiation of buildings according to their energy characteristics. The first cluster mainly includes buildings constructed in 1970–1999 and is characterized by high energy consumption and lower energy efficiency, which identifies them as the primary target for thermomodernization. The second cluster is represented mainly by modern or renovated buildings with lower specific energy consumption and better environmental characteristics. The third cluster includes isolated atypical objects with a specific structure of energy consumption or a particular energy mix. The obtained results show that clustering reflects not only the temporal differentiation of buildings but primarily their multidimensional energy structure, which allows moving from a simple “old–new” classification to a functional typology of the housing stock.

The results of the study are summarized using a quantitative QUEST analysis of the energy efficiency of the residential sector of the Ivano-Frankivsk community, which made it possible to assess the current state of the management system and compare it with the 2030 targets defined in the National Energy and Climate Plan (NECP) and heat supply modernization programs. The current profile of the region is characterized by a medium level of readiness (about 55–60 points out of 100). The main constraints are climatic conditions with a long heating period and a significant share of the housing stock built before 1990, which has low thermal insulation characteristics and leads to high specific energy consumption.

The conducted comparative QUEST analysis of the macroregions of Ukraine shows a significant unevenness in the development of energy efficiency in the residential sector. Western and partly central regions have better starting positions due to higher institutional capacity and lower levels of destruction. In contrast, southern and eastern regions lag behind due to infrastructure damage, limited access to investment, and difficult conditions for modernization. Despite this, the targets for

2030 are common and include large-scale thermomodernization, implementation of the NZEB approach, modernization of heat supply systems, and digitalization of management. Achieving these targets in southern and eastern regions requires prioritizing the restoration of basic infrastructure and enhancing its resilience.

Despite the availability of institutional and financial mechanisms to support modernization (programs for homeowners' associations, co-financing, implementation of individual heat substations), the scale of change remains insufficient. The key limitation is the low level of controllability of heat supply systems and the limited use of metering and automatic regulation.

The main directions of transformation include large-scale thermomodernization of the housing stock, modernization of engineering systems with the introduction of weather-dependent regulation, and the formation of digital infrastructure for building management. The implementation of these measures will make it possible to transform energy efficiency from a set of individual projects into a managed regional process, contributing to increased energy resilience and investment attractiveness of the residential sector.

Based on the MAMCA methodology, three management scenarios for the implementation of energy efficiency measures in residential buildings have been developed and analyzed, among which the partnership-based scenario becomes the most significant. It is based on decentralization, community engagement through digital platforms, the use of ESCO mechanisms, and compliance with NZEB standards. This scenario ensures the highest sustainability of results and the formation of a responsible owner.

The calculations carried out made it possible to form models for the economic evaluation of investments in energy modernization measures, taking into account the discount rate and the share of external sources such as grants and subsidies.

An organizational and economic mechanism for energy efficiency management adapted to the conditions of the residential sector has been developed. The mechanism is based on the following components: regulatory; financial and investment; organizational and administrative; digital; and behavioral. The proposed

integrated management model, which combines public administration mechanisms, digital tools (Human–AI synergy), and active stakeholder engagement, makes it possible to overcome existing barriers and realize the energy-saving potential. It has been proven that the practical implementation of the developed recommendations for improving the energy efficiency of residential buildings will reduce the energy gap with EU countries, ensure the payback of investments within acceptable timeframes, and transform the residential sector from an “energy burden” into a driver of sustainable development of the national economy.

Thus, the study of theoretical, methodological, and practical aspects of energy efficiency management in the residential sector made it possible to identify management technologies whose application ensures the adoption of targeted, organizationally coordinated, economically justified, and digitally supported decisions aimed not only at maintaining the current level of energy efficiency but also at establishing new models that will enable management entities to comprehensively transform the residential sector in accordance with modern requirements based on the proposed organizational and economic mechanism.

Keywords: energy efficiency, energy efficiency management, development, residential buildings, post-war recovery, construction, energy security, sustainable development, energy management, energy modernization, building energy certificate, organizational and economic mechanism of energy efficiency management, multi-level governance, energy behavior, artificial intelligence, Human–AI synergy, energy resilience, stakeholders, strategies, ontology, modeling, systems approach, energy audit, region, financial instruments of modernization, partnership-based management model.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ
Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації
Монографії

1. Polyanska, A., Mychajlyshyn K., Psiuk V., Mykytiuk O. Artificial intelligence implication in ensuring efficient use of limited resources. Smart Machines and Technologies at the Service of Mankind: Monograph / Gen. edit. Olha Prokopenko, Kristjan Völk, Anne Neroda, Tallinn: Teadmus OÜ, 2024, PP. 56-70. <file:///C:/Users/HP/Downloads/216639795-1.pdf>. 0,88 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: Характеристика можливості застосування технологій на базі штучного інтелекту в системі управління (0,2 друк. арк.).*

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Полянська А., Микитюк Н., Микитюк О. Концептуальні засади розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості*, №2 (28), 2023. С. 118-132. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2023-2\(28\)-117-132](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2023-2(28)-117-132) 0,78 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: розглянуто концептуальні засади розвитку житлового будівництва (0,28 друк. арк.)*

2. Polyanska, A., Mykytiuk O. Potential and results of sustainable residential heat supply using wastewater heat recovery. *International Scientific Journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-10.094>. 0,94 друк арк. *Особистий внесок здобувача: проаналізовано та обґрунтовано потенціал можливостей досягнення тепlopостачання на засадах сталого розвитку (0,64 друк. арк.).*

3. Полянська А., Микитюк О. Адаптивна модель виробничої безпеки в системі ситуаційного управління. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій*, №2 (32), 2025. С. 21-38. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2\(32\)-21-38](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2(32)-21-38). 1,58 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: запропоновано інструменти управління безпекою в житловому секторі (1,2 друк. арк.).*

4. Полянська А.С., Микитюк О.Р. Передумови та потенціал використання штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житловими будівлями. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*, 2026, Випуск 1 (84), С. 624-630. <https://doi.org/10.32782/business-navigator.84-95>. 1,03 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: визначено, проаналізовано та обґрунтовано передумови використання ШІ в управлінні енергоефективністю в житловому секторі (0,73 друк. арк.).*

5. Полянська А., Микитюк О., Михайлишин Х. Управління енергоефективністю через призму системного підходу. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*, 2026, Том 37 (76) № 1, С.85-91. <https://doi.org/10.32782/2523-4803/76-1-14>. 0,85 друк.арк. *Особистий внесок здобувача: проаналізовано енергоефективність житлових будівель на основі онтологічного моделювання (0,4 друк. арк.).*

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

1. Микитюк О.Р., Полянська А.С. Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері. The process and dynamics of the scientific path : матеріали VI міжнародної науково-теоретичної конференції (Афіни, Грецька Республіка, 5 липня 2024 р.). Athens : International Center of Scientific Research, 2024. С. 35-33. DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-05.07.2024>. 0,25 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: визначено управлінський аспект енергоефективності житлової сфери (0,15 друк. арк.).*

2. Polyanska, A., Mykytiuk O. Justification of the management aspect of energy efficiency in the residential field on the basis of sustainable development. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 130-річчю С.Сейфулліна, (м. Астана, 10 жовтня 2024 р.) Астана: Казахський агротехнічний дослідницький університет ім. С.Сейфулліна, 2024. С.108-110. URL:

<https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%A1%D0%A7-20/Polyanska.pdf> 0,58 друк. арк.

Особистий внесок здобувача: обґрунтовано управлінський аспект енергоефективності житлової сфери на засадах сталого розвитку (0,38 друк арк.).

3. Polyanska, A., Mykytiuk O. Shavaraskyi I. The management aspect of improving energy efficiency in the residential sector based on sustainable development. 1st DIM-ESEE Conference (м. Zagreb, 15th October, 2025). Zagreb: University of Zagreb, 2025. P. 32-34. URL: <https://dim-eseeu.eu/wp-content/uploads/1st-DIM-ESEE-Book-of-Abstracts.pdf>. 0,48 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: проаналізовано управлінський аспект підвищення енергоефективності в житловому секторі (0,30 друк. арк.).*

4. Polyanska, A., Mykytiuk O. Sustainable development and preservation of the environment in a smart city: from the point of view of consumers. *Smart machines and systems at the service of mankind: Abstracts of the 12th Annual Entrepreneurship and Innovation Conference* (Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences, Ülemiste City, October 10, 2024), 2024, P.19. URL: <https://conference.euas.eu/2024/wp-content/uploads/2024/10/ConferenceProceedings2024-1.pdf>. 0,08 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: охарактеризовано особливості забезпечення сталого розвитку в розумних містах (0,04 друк. арк.).*

5. Полянська А.С., Микитюк О.Р. Сучасні методи оцінки енергоефективності житлових будинків: вітчизняна та європейська практика. Збірник тез Міжнародного форуму «Нафтогазова енергетика» (Івано-Франківськ, 30 жовтня – 1 листопада 2025 р.). С. 243-246. URL: <https://repo.nung.edu.ua/handle/123456789/11848>. 0,35 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: охарактеризовано методи оцінки енергоефективності житлових будівель (0,20 друк. арк.)*

6. Микитюк О.Р. Актуальність сценарного підходу до залучення стейкхолдерів в управлінні енергоефективністю житлових будівель. Технології, інструменти та стратегії реалізації наукових досліджень: збірник наукових праць з матеріалами XI Міжнародної наукової конференції, м.Чернівці, 6

лютого, 2026 р. Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2026. 318 с. С. 36-40. <https://doi.org/10.62731/mcnd-06.02.2026.001>. (0,48 друк. арк.).

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- ЕЕ – енергоефективність
- УЕЕ – управління енергетичною ефективністю
- ОСББ – об’єднання співвласників багатоквартирних будинків
- ОЕМ – організаційно-економічний механізм
- СППР – система підтримки прийняття рішень
- ЕЕ – енергетична ефективність
- ЕСКО – енергосервісні компанії
- ІІ – штучний інтелект
- ДПП – державно-приватне партнерство
- NZEB – Nearly Zero Energy Building, будівля з майже нульовим споживанням енергії
- ОМС – органи місцевого самоврядування
- BEMS – Building Energy Management System
- ГІС – геоінформаційна система
- EPC – Energy Performance Contract
- ETS2 – Emissions Trading System 2
- ЄС – Європейський Союз
- IFC – International Finance Corporation
- USAID – United States Agency for International Development
- МАМСА – Multi-Actor Multi-Criteria Analysis, багатокритеріальний метод аналізу за участю кількох груп стейкхолдерів
- M&V – Measurement and Verification, вимірювання та верифікація результатів енергозберігаючих заходів
- ІТП – індивідуальний тепловий пункт
- CAPEX – Capital Expenditures, капітальні витрати
- OPEX – Operational Expenditures, операційні витрати

ЗМІСТ

ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ В ЖИТЛОВІЙ СФЕРІ.....	29
1.1. Сутність управління енергетичною ефективністю в житловій сфері.....	29
1.2. Концептуальні засади розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення.....	51
1.3. Сучасні методи оцінки енергоефективності житлових будинків: вітчизняна та європейська практика.....	64
Висновки до розділу 1.....	86
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА УПРАВЛІНСЬКИХ ПРАКТИК ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТИК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ.....	89
2.1. Сучасний стан житлового фонду України в контексті енергоспоживання..	89
2.2. Системний аналіз енергоефективності житлових будівель.....	118
2.3. Дослідження поведінки споживачів у формуванні політики енергоефективності житлових будинків.....	138
Висновки до розділу 2.....	161
РОЗДІЛ 3. ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ В ЖИТЛОВІЙ СФЕРІ З УРАХУВАННЯМ ВИКЛИКІВ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ.....	163
3.1. Організаційно-економічні засади формування ефективної системи управління енергоефективністю в житловій сфері	163
3.2. Інтеграція енергоефективних заходів у стратегії сталого розвитку громад	190
3.3. Визначення ефективності у проєктів з енергоефективності житлових будівель.....	221
Висновки до розділу 3.....	244
ВИСНОВКИ.....	247
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	251
ДОДАТКИ.....	283

ВСТУП

Актуальність теми. Війна в Україні призвела до масштабних руйнувань житлового фонду, загострила проблеми енергетичної безпеки через атаки на критичну інфраструктуру, спричинила зростання вартості енергоресурсів і дефіцит фінансування. У цих умовах держава та громади постали перед необхідністю швидкого відновлення житла з одночасним підвищенням його енергоефективності, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати, скоротити залежність від імпорту енергоносіїв, зменшити навантаження на бюджетну систему субсидій та підвищити стійкість домогосподарств до кризових ситуацій, зокрема відключень енергії. Водночас це створює передумови для модернізації житлового сектору відповідно до стандартів Європейського Союзу.

Разом із тим, проблема енергоефективності житлового фонду в Україні мала системний характер ще до повномасштабного вторгнення. Житловий сектор характеризувався низьким рівнем енергоефективності, що зумовлено значною часткою застарілого житлового фонду, зведеного за енерговитратними стандартами, високим рівнем фізичного та морального зносу будівель і інженерних мереж, а також недостатньою ефективністю управлінських механізмів у цій сфері.

Повномасштабна війна трансформувала цю проблему з площини поступової модернізації у площину відбудови, де енергоефективність набуває статусу базового принципу, а не додаткової опції («Build Back Better»). Однак масштаб руйнувань і складність завдань «зеленої» відбудови виявили обмеженість наявних підходів до управління. Наявні інструменти, зокрема програми Фонду енергоефективності, діяльність ОСББ та механізми ЕСКО, хоча й демонстрували ефективність у довоєнний період, не забезпечують необхідного рівня координації, швидкості та масштабованості в умовах воєнних і повоєнних викликів.

Таким чином, ключова науково-практична проблема полягає у недостатній розробленості теоретичних засад та відсутності комплексних методичних

підходів до управління енергоефективністю житлового сектору в умовах повоєнного відновлення. Зокрема, потребує розвитку теоретичне обґрунтування інтегрованого управління, що поєднує інституційні, економічні та поведінкові аспекти, а також розроблення практичних методик оцінювання стану енергоефективності, формування сценаріїв відновлення та вибору інструментів політики з урахуванням регіональних особливостей і масштабів руйнувань.

У цьому контексті особливої актуальності набуває розроблення методичних інструментів, зокрема адаптованого QUEST-аналізу, який дозволяє системно оцінювати фактори впливу, визначати пріоритети та формувати обґрунтовані управлінські рішення для підвищення енергоефективності житлового сектору в умовах високої невизначеності.

Отже, актуальність дослідження має як теоретичний, так і практичний вимір: з одного боку – у розвитку наукових підходів до управління енергоефективністю в трансформаційних умовах, з іншого – у формуванні прикладних методик та інструментів, що можуть бути використані органами влади, громадами та іншими стейкхолдерами для ефективного реалізації політик повоєнного відновлення.

Проблематика управління енергоефективністю в житловій сфері знайшла відображення у працях багатьох вітчизняних науковців. Міждисциплінарний характер досліджень зумовив актуальність кількох напрямів досліджень науковців та експертів, що стали підґрунтям для проведених у дисертації досліджень. Зокрема, теоретичні основи та стратегічні імперативи управління енергоефективністю досліджували С. Денисюк, В. Борисенко, Л. Бицюра, Ю. Ульянченко, І. Єпіфанова, І. Перезовова, Г. Зелінська. Формуванню організаційно-економічних засад, принципів та механізмів управління енергоефективністю присвячені роботи С. Кіріс, О. Череп, О. Комеліної, С. Щербініної, Д. Паламарчука. Технічні аспекти застосування ШІ в будівлях досліджуються у працях М. Бородіна, Т. Ткача, О. Мартиша. Вагома увага приділена питанню розвитку будівельної галузі у післявоєнному відновленні, зокрема у працях Н. Кондратенко, О. Бочко, І. Білецького. Новий контекст,

зумовлений війною, розвитком житлової сфери, став предметом аналізу у працях О. Рудаченко, В. Смачило, О. Димченко, Я. Хайло, В. Прасол, І. Галюк.

Дослідження також спирається на теоретичний доробок зарубіжних науковців. Фундаментальні праці з економіки енергетики, теорії стратегічного менеджменту та теорії стейкхолдерів сформували загальнометодологічну базу. Розуміння сучасних політик ЕЕ ґрунтується на аналізі міжнародних практик та досвіду ЄС, а також концепцій багаторівневого управління, де особлива роль належить саме муніципальному рівню менеджменту. Критична важливість залучення зацікавлених сторін у процесі енергетичного переходу підтверджується системними оглядами літератури та працями з розробки моделей їх ідентифікації й залучення. Окрему увагу звернено на інноваційну складову дослідження, присвячену застосуванню новітніх цифрових інструментів управління, зокрема інтелектуальних систем і штучного інтелекту (ШІ) в енергетичному менеджменті будівель, що висвітлено в оглядових роботах К. Аланне та С. Сіерла, А. Д'Аміко та ін., С. Хео та Дж. Кім, а також у дослідженнях синергії «Human-AI» (людина-ШІ) у процесах ухвалення управлінських рішень.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, присвячених окремим аспектам енергоефективності, комплексного вирішення наукової проблеми формування системи управління ЕЕ в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення висвітлені поверхово, без розгляду практичних кейсів та обґрунтування рішень, що забезпечують енергоефективність. Існуючі дослідження є фрагментарними: вони зосереджені або на довоєнних моделях управління, або на технічних аспектах застосування ШІ в будівлях, або на загальних теоріях стейкхолдерів, або на оцінці збитків від війни. Відсутні моделі, які б інтегрували ці напрями. Підходи до публічного адміністрування часто ігнорують потенціал новітніх цифрових інструментів підтримки прийняття рішень, тоді як дослідження ШІ рідко враховують складний інституційний контекст публічного управління в умовах відбудови. Крім того, наявні моделі залучення стейкхолдерів не враховують повною мірою нові

поведінкові фактори, внутрішню та зовнішню міграцію, зміну пріоритетів домогосподарств, кризи довіри, що робить стандартні підходи малоефективними.

Таким чином, залишається невирішеною наукова проблема, що полягає у відсутності цілісної теоретико-методологічної бази та інтегрованої моделі управління підвищенням енергоефективності житлового фонду, яка б синергетично поєднувала механізми управління та адміністрування, адаптовані до повоєнних реалій сценарії залучення стейкхолдерів для забезпечення ефективної, прозорої та сталої відбудови.

Вищезазначене визначає виняткову актуальність теми дисертаційного дослідження, її теоретичну значущість для розвитку науки державного управління та менеджменту, а також невідкладну практичну цінність для формування ефективної моделі повоєнного відновлення України.

Наукове завдання дослідження полягає в теоретико-методичному обґрунтуванні та розробці практичних підходів щодо підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертацію виконано згідно з планами наукових досліджень Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу в межах науково-дослідної роботи «Сталий розвиток складних соціально-економічних систем в умовах сучасних змін та викликів» (РК 0123U104471), 2023-2025 рр., де обґрунтовано основні підходи до розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення, зокрема: регіональний підхід, що надає регіонам можливість самостійно приймати рішення щодо технологій відбудови на основі врахування думок членів громад; підхід з позиції сталого будівництва, що пріоритезує можливості вирішення екологічних проблем у процесі будівництва; підхід на засадах розумного будівництва, що використовує сучасні цифрові технології для сталого, безпечного та ефективного будівництва та експлуатації будівель.

Мета і завдання дослідження. *Метою* дисертаційного дослідження є розробка теоретико-методологічних засад та науково-практичних рекомендацій щодо формування й упровадження ефективної системи управління підвищенням енергетичної ефективності в житловій сфері України в умовах повоєнного відновлення.

Досягнення обраної мети обумовило необхідність вирішення таких завдань:

- дослідити сутність управління енергетичною ефективністю в житловій сфері та проаналізувати еволюцію відповідних управлінських концепцій і моделей на основі вітчизняного і міжнародного досвіду
- запропонувати модель розрахунку інтегрального показника енергоефективності житлових будівель із можливістю досліджувати її детермінанти;
- дослідити сучасний стан енергоефективності житлових будівель та проаналізувати фактори, що впливають на нього;
- узагальнити методологічні підходи до управління енергоефективністю в житловому секторі на оперативному та стратегічному рівнях та визначити їх роль у формуванні політики ЕЕ;
- розробити механізми інтеграції енергоефективних заходів у стратегії сталого розвитку територіальних громад на основі формування управлінських сценаріїв та моделей залучення зацікавлених сторін (стейкхолдерів) у проекти з енергоефективності з урахуванням специфіки повоєнного контексту;
- обґрунтувати організаційно-економічний механізм формування інтегрованої системи управління енергоефективністю в умовах відбудови житлового фонду;
- запропонувати модель впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень на основі концепції синергії «Human-AI».

Об'єкт дослідження – процеси управління енергетичною ефективністю в житловій сфері України.

Предмет дослідження – теоретико-методологічні засади, методичні підходи та практичні інструменти формування системи управління підвищенням енергетичної ефективності в житловому секторі України з урахуванням викликів повоєнного відновлення.

Методи дослідження. В основу методології дисертаційної роботи покладено системний підхід, у межах якого застосовано такі методи: метод декомпозиції – для побудови організаційно-економічного механізму управління енергоефективністю житлових будівель; методи порівняння і систематизації – при виділенні та дослідженні сутнісних характеристик енергоефективності та визначенні базових показників дослідження енергоефективності житлових будівель; аналізу та синтезу – при формуванні цілісної інтегрованої багаторівневої системи управління енергоефективністю в житловій сфері; історико-логічний метод – для дослідження еволюції управлінських концепцій енергоефективності; порівняльний аналіз – при вивченні міжнародного досвіду, політик ЄС та зарубіжних моделей управління енергоефективністю; моделювання – для розробки моделей в роботі; метод кластерного аналізу – для побудови кластерів житлових будинків на основі розрахованого показника їх енергоефективності; метод експертних оцінок – для оцінювання результатів опитування респондентів у дослідженні поведінкових аспектів енергоефективності; метод сценарного аналізу – для оцінювання учасні стейкхолдерів у реалізації політики енергоефективності; методи економіко-математичного моделювання для побудови мультифакторної моделі оцінювання енергоефективності будівель; методи статистичного аналізу – для аналізу статистичних даних у сфері енергоефективності та побудови кореляційної матриці для визначення впливу досліджуваних факторів на енергоефективність житлових будівель; морфологічного аналізу – для уточнення понятійно-категоріального апарату у визначення понять енергоефективності; графічний – для наочного подання теоретичного і методичного матеріалу; абстрактно-логічний – для теоретичних узагальнень та формулювання висновків.

Інформаційною базою дослідження слугували законодавчі та нормативні акти Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України, Президента України, офіційні матеріали Державної служби статистики України, результати опитування респондентів, довідкові та інформаційні видання, праці вітчизняних та іноземних науковців і практиків, Інтернет-ресурси.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці та теоретико-методологічному обґрунтуванні цілісної концепції управління енергоефективністю житлового сектору в специфічних умовах повоєнного відновлення України. У процесі дослідження одержано такі найсуттєвіші результати:

удосконалено:

– організаційно-економічний механізм формування інтегрованої системи управління енергоефективністю в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення, який, на відміну від існуючих підходів, що розглядають державний, муніципальний рівні та рівень ОСББ фрагментарно, забезпечує їх системну інтеграцію та поєднує такі ключові компоненти: інституційно-управлінський елемент (державний і муніципальний рівні з урахуванням обмежених ресурсів та пріоритетів відновлення), елемент залучення стейкхолдерів (з урахуванням змінених соціально-економічних та поведінкових умов населення внаслідок війни), елемент інтелектуальної підтримки прийняття рішень, орієнтований на підвищення прозорості, обґрунтованості та ефективності управління енергоефективністю, а також економічну складову, яка охоплює економічну оцінку заходів з енергоефективності, оцінку стану енергоефективності на основі запропонованого інтегрального індексу енергоефективності та моделі фінансової оцінки модернізації;

– концептуальну модель синергії «Human-AI» для підтримки прийняття управлінських рішень у процесі відбору, оцінки та моніторингу проектів енергоефективності, що на відміну від традиційних, дозволяє приймати рішення в умовах невизначеності шляхом поєднання переваг машинного аналізу великих даних та експертного досвіду людини;

– методику розрахунку інтегрального показника енергоефективності житлових будівель на основі використання даних первинного та кінцевого енергоспоживання, вартості енергії, площі опалення, що на відміну від існуючих враховує не тільки технологічні параметри, але і ринкові та соціально-економічні, що дозволяє отримати комплексну оцінку енергоефективності житлових будівель, та є визначальною для формування муніципальних та регіональних програм розвитку

набули подальшого розвитку:

– визначення сутності категорії «управління енергоефективністю» в житловій сфері, що ґрунтується на узагальненні її змісту в еволюції управлінських концепцій і, на відміну від існуючих підходів, трактується не лише як цілеспрямований вплив на організаційні, фінансові та поведінкові фактори задля економії енергоресурсів, а й як інструмент підвищення стійкості, безпеки життєдіяльності та енергетичної незалежності, що базується на оцінці поточного стану, враховує різні умови досягнення енергоефективності та передбачає вибір сценаріїв і програм змін;

– методологічні підходи до управління енергоефективністю в житловому секторі на оперативному рівні, що передбачають заходи технічної модернізації, та на стратегічному рівні, що враховують поведінкові й ринкові аспекти дотримання політики енергоефективності, які, на відміну від існуючих підходів, орієнтованих переважно на технологічні рішення, забезпечують комплексне поєднання технологічних, економічних і поведінкових інструментів, підвищення узгодженості управлінських рішень на різних рівнях управління, а також зменшення енергоспоживання, посилення мотивації домогосподарств до енергоощадної поведінки та підвищення ефективності реалізації державної політики енергоефективності в житловій сфері;

– механізми інтеграції заходів з енергоефективності у стратегії сталого розвитку громад, які на відміну від існуючих, що спираються на інструменти муніципального менеджменту, враховують сценарії взаємодії із стейкхолдерами, що трансформують енергоефективність з вузькотехнічного

завдання на наскрізний елемент стратегічного планування, що забезпечує сталий та безпечний розвиток територій з урахуванням сучасних вимог;

– методика QUEST-аналізу, яка, на відміну від існуючих практик її застосування, сфокусована на сфері житлового сектору, передбачає дослідження факторів, що впливають на енергоефективність житлових будинків з урахуванням особливостей регіонального розвитку та умов повоєнного відновлення, яка забезпечує формування сценаріїв реалізації регіональних політик енергоефективності та визначає пріоритетні інструменти змін у процесах повоєнної відбудови, та базується на врахуванні національних цілей термомодернізації будівель, положень державної програми модернізації систем теплопостачання, а також даних про концентрацію воєнних пошкоджень у регіонах України.

Практичне значення одержаних результатів полягає в обґрунтуванні рекомендацій щодо підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення. Теоретичні висновки, науково-практичні рекомендації та окремі результати наукових досліджень, викладені в дисертаційній роботі, безпосередньо використані такими організаціями: АТ «Івано-Франківський локомотиворемонтний завод» застосовує методику дослідження енергоефективності житлових будівель, яка базується на використанні даних енергетичних сертифікатів будівель та результатів енергоаудиту для формування програми заходів з енергоефективності житлового фонду, що знаходиться на балансі підприємства (довідка б/н від 19.02.2026 р.); ТОВ «ЖЕО «Імперія Сервіс» апробувала запропонований у роботі мультифакторний механізм залучення стейкхолдерів до планування та впровадження заходів з енергозбереження у межах реалізації місцевої політики з підвищення енергоефективності житлового фонду та об'єктів комунальної інфраструктури (довідка № 9-іс/к від 27.02.2026 р.); департамент інфраструктури житлової та комунальної політики Івано-Франківської міської ради використовує методику дослідження енергоефективності житлових будівель під час аналізу енергетичних характеристик житлових будівель;

формування базового енергетичного профілю об'єктів; визначення потенціалу економії енергоресурсів; обґрунтування вибору заходів з термомодернізації та модернізації інженерних систем; оцінки економічної та екологічної ефективності впроваджених заходів (довідка № 64/24-15/17 від 27.02.2026 р.); ТОВ «Кулев Інвест» у дослідженні та розрахунку економічного ефекту від провадження «Системи реконструкції вуличної каналізації» (акт № 1 від 13.11.2025 р).

Наукові розробки та теоретичні узагальнення дисертаційної роботи впроваджені в освітній процес та наукову діяльність кафедри менеджменту та адміністрування Інституту економіки та менеджменту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, зокрема у дисципліну «Сталий розвиток в енергетиці» та «Концепції та моделі розвитку соціально економічних систем» (довідка б/н від 10.03.2026 р.).

Особистий внесок здобувача. Полягає у розробці та обґрунтуванні наукових положень, висновків і рекомендацій щодо підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення.

Дисертаційна робота є самостійно виконаним дослідженням, у якому викладено нові авторські науково-методичні підходи та практичні рекомендації щодо підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення. Внесок у роботах, виконаних у співавторстві, відображено у 12 публікаціях за списком праць.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях: міжнародний науковий форум «Нафтогазова енергетика» (м. Івано-Франківськ, 12-13 травня 2023 р.; 30 жовтня 2025 р.); міжнародна науково-практична конференція, присвячена 130-річчю С.Сейфулліна, (м. Астана, 10 жовтня 2024 р.); 1st DIM-ESEE Conference (м. Zagreb, 15th October, 2025); 12th Annual Entrepreneurship and Innovation Conference (Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences, Ülemiste

City, October 10, 2024); XI Міжнародна наукова конференція (м. Чернівці, 6 лютого, 2026).

Публікації. Положення та висновки, сформульовані у дисертації, опубліковано у 12 наукових працях, серед яких: 1 публікація в монографії, 5 статей у наукових фахових виданнях України категорії «Б»; 6 наукових праць у збірниках за матеріалами конференцій, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації, загальним обсягом 8,28 друкованих аркуша, з них 5,48 друкованих аркуша належить здобувачу.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається з анотації українською та англійською мовами, вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (253 найменування на 32 сторінках) і 16 додатків, розміщених на 26 сторінках. Загальний обсяг наукової роботи становить 309 сторінок, з яких основний текст – 282 сторінки, що містить 30 рисунків та 39 таблиць.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ В ЖИТЛОВІЙ СФЕРІ

1.1. Сутність управління енергетичною ефективністю в житловій сфері

Підвищення енергетичної ефективності (ЕЕ) є одним із ключових глобальних пріоритетів, що визначає траєкторію розвитку сучасного менеджменту. Він зумовлений комплексом викликів, зокрема стратегічною потребою у зміцненні енергетичної безпеки держав через диверсифікацію джерел та зниження енергетичної залежності, а також міркуваннями про економічну конкурентоспроможність. Житловий сектор, як один із найбільших кінцевих споживачів енергії у світі, перебуває в центрі уваги політик енергоефективності. Для України, яка має статус кандидата на вступ до Європейського Союзу, особливої ваги набуває імплементація європейських стратегічних ініціатив, зокрема пакета «Fit for 55» [1] та плану «REPowerEU» [2]. Ці ініціативи вимагають радикального підвищення стандартів енергоефективності будівель, що закріплено у відповідних директивах ЄС [3].

Повномасштабна військова агресія радикально змінила усталений контекст, трансформувавши проблему з площини поступової модернізації у площину відбудови [4]. Зазначимо, що війна в Україні, за результатами руйнувань житлового фонду та цілеспрямованих терористичних атак на критичну енергетичну інфраструктуру, створила прецедент, коли ця ситуація дає можливість для реалізації відбудови за принципом «відбудувати краще, ніж було» (Build Back Better) [5]. У цій парадигмі енергоефективність перестає бути однією з опцій, а стає фундаментальним, обов'язковим елементом відновлення [6].

Світова енергетична криза, що загострилася у 2022 році та повномасштабна військова агресія проти України, що супроводжувалася цілеспрямованими атаками на енергетичну інфраструктуру посилюють виклик

підвищення ЕЕ та визначили ЕЕ як «перше паливо» (first fuel) – найшвидший, найдешевший і найнадійніший спосіб вирішення «трилеми» – одночасного забезпечення енергетичної безпеки, підвищення доступності енергії для споживачів та досягнення кліматичних цілей [7, 8].

Поняття «енергетична ефективність», закріплене у Законі України «Про енергетичну ефективність» [9], характеризує кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході. У цьому ж законі зазначено, що енергія охоплює всі види палива та енергії, які використовуються в національній економіці, зокрема природний газ, вугілля, нафту, нафтопродукти, скраплений газ, відновлювані джерела енергії, теплову та електричну енергію, а також інші форми енергії. Водночас Міжнародна енергетична агенція (МЕА) трактує ЕЕ як використання меншої кількості енергії для надання тієї ж послуги або того ж рівня результату [10], що робить акцент на співвідношенні «витрати-результат». ЕЕ розглядають як форму діяльності, спрямованої на досягнення максимально можливого корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів за умови мінімізації негативного впливу на довкілля. У науковій літературі з'явився термін «енергетична економіка», який ширше трактує ЕЕ. Зокрема, С. Бхаттачарія визначає його як діяльність, що досліджує, як люди та суспільства долають дефіцит енергетичних ресурсів [11].

Важливо чітко розрізнити суміжні, але не тотожні поняття «енергозбереження» (energy conservation) та «енергоефективності» (energy efficiency). Енергозбереження пов'язують із зміною поведінки, спрямованої на скорочення споживання шляхом обмеження послуги. Наприклад, зниження температури в приміщенні нижче комфортного рівня, рідше увімкнення світла або скорочення використання побутових приладів. Натомість, ЕЕ передбачає технологічну та управлінську оптимізацію процесу для надання послуги з меншими витратами енергії. ЕЕ зазвичай дає стійкіший результат, але частина економії може «з'їдатися» поведінкою, коли люди підвищують комфорт, довше опалюють тощо. Це явище відоме як ефект часткового повернення споживання.

У кліматичних звітах підкреслюється, що енергозбереження досягається як технічними, так і поведінковими змінами, а також можливим «rebound effect» [12]. Таким чином, ЕЕ досягається не лише за рахунок економії шляхом самообмеження, а й за рахунок раціональності, оптимізації та продуктивного використання енергії. Це концептуальна різниця між «менше споживати» і «розумніше споживати».

У контексті житлового сектору, який є одним із найбільших кінцевих споживачів енергії у світі (близько 40% загального енергоспоживання у розвинених країнах) [13,14], ЕЕ набуває соціально-економічного значення. Вона безпосередньо впливає на рівень витрат домогосподарств через доступність комунальних послуг, якість і комфорт життя, стан здоров'я мешканців (відсутність плісняви, належна якість повітря), а також на рівень енергетичної бідності. Дослідження доводять, що політики ЕЕ не можуть бути успішними, якщо вони ігнорують соціальний вимір, зокрема концепцію «енергетичної справедливості» (energy justice), яка вимагає справедливого розподілу вигод і витрат від енергетичних політик [15].

Масштаб руйнувань та завдання «зеленої» відбудови висувують управлінський аспект проблеми, який полягає на комплексному врахуванні технічних, економічних, організаційних, поведінкових і якісних характеристик функціонування будівель та енергетичних систем та використанні результатів для прийняття рішень щодо управління енергоефективністю.

Основними етапами становлення сучасної системи управління енергоефективністю в житловій сфері виділено періоди, які від технічних стандартів, далі ринкових механізмів, розвитку комплексних програм, формування сучасних систем енергоменеджменту та інтеграції у європейський енергетичний простір забезпечать потреби у енергоресурсах, враховуючи виклики та вимоги тогочасності.

У табл. 1.1 представлено основні етапи еволюції концепцій енергоефективного управління.

Таблиця 1.1 - Матриця еволюції концепцій та моделей енергоефективного управління

Фаза та період	Ключовий драйвер і домінуюча ідея	Домінуюча модель управління	Типові інструменти, практичні акценти та управлінські уроки
1	2	3	4
Фаза 1, 1970-ті і 1980-ті роки	<p>Головним драйвером виступає національна безпека через вразливість до цінових шоків і залежність від імпортованих енергоносіїв.</p> <p>Енергетична ефективність у цей період фактично ототожнюється з консервацією, тобто з обмеженням споживання заради зменшення залежності, а не з підвищенням продуктивності використання енергії</p>	<p>Командно-адміністративна централізована модель, де держава директивно втручається в ринок, встановлює правила і вводить обмеження, оскільки проблема трактується як кризова і така, що потребує швидкої реакції на рівні країни. Рішення ухвалюються зверху вниз, акцент робиться на виконанні вимог, а не на взаємодії учасників</p>	<p>Запровадження перших технічних стандартів для приладів і будівель, регламентація теплового захисту, прямі обмеження попиту, адміністративні режими економії, а також інвестиції у власні енергетичні ресурси, включно з розвитком атомної енергетики</p>
Фаза 2, 1990-ті і початок 2000-х	<p>Драйвер зміщується до кліматичної політики та ідеї сталого розвитку.</p> <p>Енергетична ефективність починає розглядатися як інструмент пом'якшення наслідків зміни клімату та як найдешевший шлях скорочення викидів, оскільки найчистішою енергією вважається та, яку не потрібно виробляти</p>	<p>Нормативно ринкова модель, яка спирається на припущення, що ринок реагуватиме на правильні цінові сигнали, а споживачі та інвестори діятимуть раціонально, якщо отримають інформацію та обмежену фінансову мотивацію</p>	<p>Розвиток ринкових інструментів, зокрема вуглецевих податків або торгівлі квотами, посилення будівельних норм через директиви Європейського Союзу щодо енергетичної ефективності будівель, масове енергетичне маркування і сертифікація будівель, розвиток добровільної зеленої сертифікації на ринку нерухомості</p>

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Фаза 3, середина 2000- х і 2010-ті роки	<p>Драйвером стає усвідомлення соціотехнічної природи енергетичної ефективності.</p> <p>Проблема трактується як складна система взаємодії технологій, інституцій, правил, поведінки та інтересів, а не як суто інженерне або суто економічне завдання.</p> <p>В центрі уваги опиняється врядування, тобто здатність організувати узгоджені дії багатьох учасників і рівнів.</p>	<p>Інтегрована мережева модель управління, що визнає необхідність координації багатьох суб'єктів і рівнів, а також спирається на три рамки. Це політичні суміші як синергійні комплекси інструментів, багаторівневе врядування з ключовою роллю муніципалітетів та управління через стейкхолдерів, де фокус зсувається на відносини, довіру та узгодження інтересів.</p>	<p>Комплексні програми, де стандарти поєднуються з пільговими кредитами, грантами, обов'язковими аудитами, сертифікацією та розвитком інституційної спроможності, як у німецьких програмах за участю банку розвитку Kreditanstalt für Wiederaufbau. Важливим стає інструментарій ідентифікації та залучення стейкхолдерів, а також поява посередників, наприклад енергетичних агенцій та енергосервісних компаній, які переводять політику у проекти і зменшують транзакційні витрати</p>
Фаза 4, кінець 2010-х і до 2022 року	<p>Драйверами стають цифровізація і перехід до управління в режимі даних, що відкриває можливість оптимізації в реальному часі й точнішого планування інвестицій.</p> <p>Енергетична ефективність розглядається як розумне управління і системна інтеграція, де якість рішень залежить від доступу до даних, моделей і аналітики</p>	<p>Управління на основі даних і рішення підтримуються цифровими платформами, сенсорами, аналітикою великих даних, прогнозними моделями та інструментами оптимізації.</p> <p>Важливим принципом стає синергія людини і технологій на базі штучного інтелекту, де технології підсилюють управління, але не замінюють</p>	<p>Поширення систем енергоменеджменту будівель нового покоління, використання технологій на базі штучного інтелекту для прогнозування споживання, оптимізації роботи інженерних систем і діагностики несправностей, розвиток інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень для менеджерів</p>

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4
Фаза 5, 2022 рік і донині	Війна в Україні та пов'язана з нею енергетична криза посилюють енергетичну безпеку, але вже у поєднанні з кліматичними та соціальними цілями. Енергетична ефективність визначається як інструмент резильєнтності територій, стратегічної автономії, доступності енергії для населення та зменшення імпортозалежності	Кризове антикрихке управління, яке поєднує безпекові цілі, соціальний захист і інституційну швидкість рішень, а також використовує напрацювання багаторівневого врядування і цифрових підходів. Важливою стає спроможність швидко масштабувати заходи енергозбереження, не знижуючи стандартів якості і справедливості	План REPowerEU як комплексна відповідь Європейського Союзу з трьома опорами: диверсифікація, прискорення переходу на відновлювані джерела і різке прискорення енергоефективності та енергозбереження. Підкреслюється теза МЕА про енергоефективність як найкращу першу відповідь, бо вона одночасно знижує попит на імпортний газ, зменшує рахунки домогосподарств і скорочує викиди

Джерело: Сформовано автором на основі аналізу даних [115-118]

Незважаючи на доведену економічну та технічну доцільність багатьох заходів з ЕЕ, наприклад, термомодернізації, на практиці спостерігається «розрив енергоефективності» (energy efficiency gap). Цей термін описує суттєву різницю між економічно оптимальним рівнем впровадження ЕЕ та фактичним, значно нижчим, рівнем її реалізації [16]. Причини цього розриву лежать не лише в технічній, а й в управлінській, економічній та поведінковій площині. Саме існування цього «розриву» зумовлює необхідність переходу від простої фіксації технічного потенціалу ЕЕ до активного управління цим процесом. У науковій літературі виділяють цілий комплекс бар'єрів, подолання яких і є сутністю управління енергоефективністю.

1. Ринкові та економічні бар'єри. Вони включають високі початкові капіталовкладення, необхідні для глибокої термомодернізації, та обмежений доступ до довгострокового і дешевого капіталу для домогосподарств та ОСББ

[17]. Навіть за наявності фінансування, довгі терміни окупності та високі дисконтні ставки, які застосовують для споживачів, роблять інвестиції непривабливими у порівнянні з іншими потребами. В Україні ця проблема загострюється через низьку платоспроможність населення, особливо в умовах війни [18]. Додатковими ринковими загрозами є «розділені стимули» (split incentives), коли власник будівлі (орендодавець) не зацікавлений інвестувати в ЕЕ, оскільки рахунки сплачує орендар, а також відсутність чітких цінових сигналів через субсидування енергоносіїв [19].

2. Інформаційні бар'єри. Ця група бар'єрів пов'язана з асиметрією інформації. Споживачі часто не володіють достовірною та зрозумілою інформацією про реальний потенціал економії від тих чи інших заходів. Їм бракує знань про доступні технології, наприклад, аерогельні утеплювачі [20] чи сучасні системи ВЕМs, вартість цих заходів, а також про надійність підрядників та якість матеріалів. Енергетичне маркування будівель за сертифікатами ЕЕ покликане вирішити цю проблему, але його ефективність залежить від рівня довіри до системи сертифікації, прозорості методології та розуміння споживачами змісту цих сертифікатів.

3. Інституційні та політичні бар'єри. До цих бар'єрів належать недосконалість та нестабільність законодавства, адміністративні зміни, що підвищує ризики для інвесторів. Важливим фактором є доступі до програм підтримки енергоефективності. Ефективність політики ЕЕ критично залежить від якості інституційного середовища та інституційної спроможності на місцевому рівні – як в муніципалітетах, так і на рівні самих ОСББ. Особливе значення в цьому процесі має фінансова децентралізація, яка посилила автономію громад і стимулювала їх до раціонального використання ресурсів, формування резервних фондів та залучення інвестицій [21].

4. Поведінкові та соціальні бар'єри. Це один із найскладніших та найменш очевидних блоків бар'єрів. Класичні економічні моделі часто виходять з ідеї «раціонального споживача», який, отримавши повну інформацію, прийме економічно оптимальне рішення. Однак дослідження з поведінкової економіки

доводять хибність цього припущення [22]. В реальності рішення людей про інвестиції в ЕЕ є значно складнішими і включають:

- когнітивні упередження, що породжують інерцію та опір змінам, «статус-кво упередження», надмірне дисконтування майбутніх вигод;
- «ефект відскоку» (rebound effect), який характеризує ситуацію, коли підвищення ЕЕ, наприклад, утеплення призводить не до очікуваної економії, а до зростання споживання, коли мешканці починають сильніше відкривати вікна, насолоджуючись «дешевим» теплом;
- соціальні та культурні норми, коли рішення часто приймаються під впливом того, як діють сусіди, а не на основі розрахунків [23];
- нерозуміння споживачами одиниць виміру енергії: дослідження В. Кемптона та Л. Монтгомері виявили феномен «фольклорного кількісного визначення» енергії (folk quantification), коли люди оперують не кіловатами чи гігакалоріями, а абстрактними грошовими сумами в платіжках, що ускладнює раціональний вибір [24];
- пріоритизація неекономічних факторів, що характеризує важливість комфорту, естетичного вигляду будинку після ремонту, підвищення соціального статусу чи покращення здоров'я за рахунок економії [25].

Враховуючи викладене вище, можемо підсумувати, що подолання зазначених бар'єрів є можливим і доцільним для розгляду як управління ЕЕ.

Проблематика управління ЕЕ знайшла відображення у працях багатьох вітчизняних науковців. Теоретичні основи та стратегічні імперативи управління ЕЕ досліджували Денисюк С., Борисенко В. [26], Бицюра Л.О. [27], Ульяновченко Ю. О. [28], Єпіфанова та ін. [29]. Формуванню організаційно-економічних засад, принципів та механізмів управління ЕЕ присвячені роботи Кіріс С. [30], Череп, О. Г. та ін. [31], Комеліної О., Щербіної С. [32], Паламарчк Д. [33] тощо. Питання управління ЕЕ у контексті використання вторинних джерел енергії та сталого розвитку житлових громад досліджено у працях І. Галюк [34]. Новий контекст, зумовлений війною, оцінкою збитків та викликами повоєнного відновлення, став предметом аналізу у працях Чернова І. та ін. [35], Ковтуна О.

[36]. Аналіз повоєнних викликів досліджується у працях Семененко О. [37] та авторського колективу [38]; питання трансформації бізнес-моделі будівельних підприємств на засадах енергоефективності, циркулярності та цифровізації розглянуто у працях І. Галюк [39].

Обґрунтування принципів ЕЕ відбудови розглядається в праці Власенко В., Мартинова В. [40]. Отже, наявні дослідження зосереджені на довоєнних моделях управління, окремих аспектах механізмів управління ЕЕ в будівлях або на оцінці збитків від війни. Таким чином, залишається необхідність у подальшому розвитку системної моделі управління підвищенням ЕЕ житлового фонду.

Проблема створення, відновлення та експлуатації сучасної будівлі полягає в тому, що в більшості випадків фактор енергозбереження взагалі не враховується або враховується недостатньо під час проєктування. Врахування енергоефективності особливо важливе під час реконструкції, а саме в орієнтації на створення будівель нового покоління, які відповідають цілям сталого розвитку та економічним, екологічним і соціальним аспектам розвитку [41].

Сьогодні основним джерелом енергопостачання в житловому секторі є викопні ресурси. Частка викопної та альтернативної енергії в житловому секторі варіюється залежно від регіону та країни, але в усьому світі енергетика житлових приміщень все ще значною мірою базується на викопному паливі. Ось деякі відповідні цифри: близько 80% світової енергії у 2022 році надходило з викопних джерел: нафти, природного газу та вугілля. У багатьох країнах, таких як США та ЄС, викопні джерела все ще становлять близько 60–70% енергопостачання житлового сектору. Однак їхня частка поступово зменшується через перехід до більш екологічних варіантів. 20% світового споживання енергії в житловому секторі припадає на відновлювані джерела, такі як сонячна, вітрова, гідроенергетика, біомаса тощо. У країнах ЄС частка відновлюваних джерел для потреб житлового сектору зросла до 27% у 2021 році. Цей показник зростає завдяки політиці підтримки зеленої енергетики та цілям кліматичної стратегії. У багатьох країнах метою є значне збільшення

частки відновлюваних джерел та зменшення використання викопного палива для потреб житлового сектору до 2030-2050 років, що сприятиме зменшенню викидів CO₂ та підвищенню енергоефективності.

В умовах обмеженості енергетичних ресурсів та загострення екологічних проблем через їх використання існує необхідність вивчення управлінського аспекту енергоефективності для всебічного врахування критеріїв сучасного розвитку – економічних, екологічних та соціальних – у підвищенні енергоефективності в житловому секторі. Досягнення сталого розвитку забезпечується економічною, екологічною та соціальною стійкістю, яку ми пропонуємо розглянути детальніше, з урахуванням управлінського аспекту. Економічна стійкість досягається завдяки підвищенню енергоефективності та сприяє зниженню витрат на енергію як для мешканців, так і для держави. Це може включати фінансові стимули для енергомодернізації будівель, знижки на енергозберігаюче обладнання або підтримку відновлюваних джерел енергії. У свою чергу, екологічний аспект полягає в скороченні споживання викопних ресурсів, що допомагає зменшити залежність від нестабільних ринків викопного палива та сприяє сталому економічному розвитку. Економічна стійкість забезпечується завдяки оптимізації витрат на енергію, що також відповідає Цілі 7 сталого розвитку ООН – «Доступна та чиста енергія».

Управління екологічною стійкістю базується на впровадженні технологій відновлюваної енергетики (сонячні панелі, вітрові турбіни, теплові насоси), що дозволяє підвищити ефективність житлових будівель, зменшити споживання енергії та вплив на навколишнє середовище. Це сприяє зменшенню викидів парникових газів, що є важливим кроком у боротьбі зі зміною клімату, а також зниженню рівня забруднення повітря, води та ґрунту. Екологічна стійкість є ключовою складовою Цілі 13 – «Боротьба зі зміною клімату», а також Цілі 11 – «Сталий розвиток міст та громад».

Управлінський аспект соціальної стійкості забезпечує підвищену доступність енергоефективних технологій для різних соціальних верств, рівний доступ до якісних житлових умов та зменшення енергетичної бідності. Як

результат, покращення якості житла досягається завдяки енергоефективним технологіям, які сприяють поліпшенню здоров'я та благополуччя громадян. Зменшення забруднення повітря (завдяки скороченню викидів) позитивно впливає на здоров'я населення, що є частиною Цілі 3 – «Здоров'я та благополуччя».

Інтеграція згаданих управлінських аспектів у житловому секторі реалізується шляхом використання стратегії сталого будівництва та модернізації житлового фонду, що дозволяє зменшити споживання ресурсів, забезпечує довговічність будівель та ефективне використання енергії протягом усього життєвого циклу будівлі. Створення «зелених будівель», які є енергоефективними та мають мінімальний вплив на навколишнє середовище, сприяє формуванню більш сталих міст, що відповідає принципам Цілі 11.

Застосування ідеї сталого розвитку в житловому будівництві супроводжується розробкою управлінських рішень для адаптації житлових будівель до кліматичних умов. В умовах обмежених енергетичних ресурсів та загострення екологічних проблем внаслідок їх використання виникає необхідність дослідження управлінського аспекту з метою комплексного врахування важливих критеріїв сучасного розвитку – економічного, екологічного та соціального, – у підвищення енергоефективності в житловій сфері. Такий підхід звертає увагу на засади сталого розвитку, які передбачають збалансоване вирішення економічних, соціальних та екологічних проблем, що особливо актуально у сфері енергетики та житлового сектору.

На сьогодні основним джерелом енергопостачання у житловій сфері є викопні ресурси. Частка викопних і альтернативних джерел енергії у житловому секторі залежить від регіону та країни, але в глобальному масштабі енергетика житлового сектора все ще значною мірою базується на викопних джерелах. Ось деякі актуальні цифри: близько 80% світової енергії у 2022 році було отримано з викопних джерел: нафти, природного газу та вугілля. У багатьох країнах, наприклад, у США та ЄС, викопні джерела все ще складають близько 60-70% у постачанні енергії для житлового сектору, хоча їхня частка

поступово зменшується завдяки переходу на більш екологічні варіанти. 20% глобального енергоспоживання у житловому секторі припадає на відновлювані джерела, такі як сонячна, вітрова, гідроенергія, біомаса тощо. У країнах ЄС частка відновлюваних джерел для житлових потреб зросла до 27% у 2021 році [42]. Цей показник зростає внаслідок політик підтримки зеленої енергетики та цільових показників кліматичної стратегії [43]. У багатьох країнах мета полягає в тому, щоб до 2030-2050 років значно збільшити частку відновлюваних джерел і скоротити використання викопних видів палива для житлових потреб, що допоможе знизити викиди CO₂ і покращити енергетичну ефективність [44].

Адаптація до кліматичних змін передбачає використання технологій, які споживають менше енергії, зберігаючи комфортні умови проживання, що також сприяє зниженню навантаження на енергетичні системи. Це відповідає Цілі 13 – «Боротьба зі зміною клімату», яка підкреслює необхідність адаптаційних заходів для забезпечення сталого розвитку. Наслідок такого підходу дасть змогу зменшити відходи та підвищити ресурсоефективність. Модернізація житлових будівель включає перехід на матеріали, що сприяють енергоефективності та зменшують викиди відходів, а також використання відновлюваних джерел енергії, що знижує навантаження на довкілля. Використання технологій повторної переробки та відновлюваних ресурсів допомагає зберегти природні ресурси та зменшити кількість відходів. Цей аспект підтримує Ціль 12 – «Відповідальне споживання та виробництво», що підкреслює важливість зменшення відходів і ефективного використання ресурсів.

Таким чином, поєднання управлінських та екологічних аспектів енергоефективності в житловій сфері з принципами сталого розвитку забезпечує не лише економічну доцільність, а й сталий розвиток суспільства та екосистем. Це допомагає досягати балансу між ефективним використанням ресурсів, соціальною рівністю та екологічною безпекою, що є основою довгострокової стабільності й добробуту.

Для обґрунтування зв'язку між управлінськими та розглянутими аспектами підвищення енергоефективності в житловій сфері і принципами сталого розвитку можна навести приклади конкретних проєктів або ініціатив, які реалізуються в різних країнах. Ось кілька прикладів, які допоможуть краще зрозуміти, як ці аспекти працюють на практиці. Німеччина має довгострокову стратегію підвищення енергоефективності житлових будівель. Проєкт KfW (Кредитна програма розвитку) пропонує домогосподарствам пільгові кредити на модернізацію будинків за допомогою енергозберігаючих технологій. Заміна вікон, утеплення стін, встановлення високоефективних систем опалення дозволяють суттєво знижувати витрати на енергію та одночасно зменшувати викиди CO₂. Надання фінансових стимулів домогосподарствам для оновлення будинків підвищує економічну доцільність модернізації [45]. Це також дозволяє створювати нові робочі місця у сфері енергоефективного будівництва. Зниження споживання енергії і відповідних викидів сприяє боротьбі зі зміною клімату, що відповідає екологічним цілям сталого розвитку [46].

Країни, як-от Норвегія та Швеція, активно впроваджують теплові насоси для опалення житлових приміщень. Ця технологія використовує енергію навколишнього середовища (тепло з повітря або ґрунту) для обігріву будинків, що значно знижує споживання викопного палива. Ефективне планування інвестицій у теплові насоси та їх підтримка на рівні держави сприяють зниженню витрат на опалення й підвищенню комфорту проживання. Використання відновлюваних джерел енергії зменшує викиди парникових газів, що робить систему опалення екологічно безпечною.

Україна запровадила програму «зелений тариф», що дозволяє домогосподарствам, які використовують відновлювані джерела енергії, продавати надлишкову електроенергію в загальну мережу за вигідною ціною. Це стимулює громадян встановлювати сонячні панелі або вітрогенератори. Надання фінансових інструментів для інвестування у відновлювані джерела енергії, а також можливість заробітку мотивує населення впроваджувати нові

технології. Використання чистої енергії на побутовому рівні сприяє зменшенню загальних викидів CO₂ в атмосферу.

У Франції реалізовано проєкт адаптації житлових будівель до зміни клімату, що передбачає встановлення енергоефективних технологій, таких як сонячні панелі, утеплення будівель і системи вентиляції з рекуперацією тепла. Проєкт спрямований на підвищення стійкості будинків до кліматичних умов, зокрема до спекотних літніх періодів. Планування та інвестування в модернізацію житлових будівель дозволяють домогосподарствам зменшити витрати на охолодження в літні періоди. Підвищення енергоефективності зменшує потребу у викопних джерелах енергії, що сприяє боротьбі зі зміною клімату.

У Данії активно використовують матеріали вторинного перероблення під час модернізації житлових будівель. У межах проєктів реконструкції старих будівель часто використовують повторно перероблене скло, сталь і бетон. Це допомагає зменшити кількість відходів і викидів під час будівництва. Розробка стратегії використання вторинних матеріалів не лише знижує будівельні витрати, а й сприяє екологічній відповідальності. Зменшення обсягів відходів і скорочення використання нових природних ресурсів сприяють зниженню екологічного навантаження.

У Сполучених Штатах активно впроваджуються смарт-технології для автоматизованого контролю енергоспоживання в будинках. Завдяки системам «розумного дому» мешканці можуть контролювати витрати енергії на опалення, освітлення та інші побутові потреби. Мешканці можуть ефективніше використовувати ресурси, а також оптимізувати витрати, що є економічно вигідним. Зниження енергоспоживання позитивно впливає на довкілля через скорочення викидів CO₂ і зменшення споживання ресурсів.

Програма «Теплі кредити» в Україні дозволяє отримати фінансову підтримку для впровадження енергоефективних заходів у приватних будинках. Це можуть бути нові вікна, утеплення будинків, сучасні системи опалення або встановлення сонячних панелей. Держава стимулює енергоефективні ініціативи

шляхом надання пільгових кредитів домогосподарствам. Це мотивує громадян модернізувати свої будинки. Покращення енергоефективності будинків допомагає зменшити енергоспоживання і, відповідно, знизити навантаження на електромережі та викиди парникових газів.

Всі ці приклади показують, як управлінські рішення в поєднанні з екологічними цілями можуть підвищити енергоефективність у житловому секторі. Ці проєкти мають позитивний вплив як на сталий економічний розвиток, так і на екологічну безпеку, забезпечуючи сталість у довгостроковій перспективі.

Управління енергетичною ефективністю (УЕЕ) в сучасних умовах слід розглядати не як сукупність окремих технічних заходів або регуляторних рішень, а як безперервний, багаторівневий та інституційно складний процес цілеспрямованого впливу на систему енергоспоживання. Сутність УЕЕ полягає у переході від пасивного обліку потенціалу енергозбереження до активного формування умов для його реалізації. Йдеться не про одноразовий акт (ухвалення закону, встановлення лічильника чи утеплення фасаду), а про циклічну систему управління, що охоплює стратегічне планування, інституційне забезпечення, реалізацію та моніторинг, а також інформаційно-поведінковий вплив.

На стратегічному рівні УЕЕ включає розроблення національних і муніципальних планів дій, встановлення стандартів енергоефективності, імплементацію міжнародних зобов'язань, зокрема директив ЄС (наприклад, Директива про енергоефективність та Директива про енергетичні характеристики будівель). Держава формує нормативно-правову рамку через профільні закони (зокрема, Закон України «Про енергетичну ефективність») та стратегічні документи розвитку енергетики й кліматичної політики. У цьому контексті науковці підкреслюють роль держави як «архітектора правил гри» та гаранта інституційної стабільності. Ключовою характеристикою УЕЕ є його багаторівневність. Концепція багаторівневого врядування (multi-level governance), широко представлена в сучасній теорії публічного управління,

доводить, що складні трансформації, зокрема енергетичний перехід, не можуть бути ефективно керовані лише «згори-донизу» або «знизу-догори» [47, 48] .

Другий компонент – формування інституційного середовища – передбачає створення та підтримку спеціалізованих інституцій (Фонд енергоефективності, інститут ОСББ), розробку прозорих механізмів фінансування (грантові програми, компенсації відсотків, «теплі кредити»), а також стимулювання ринку енергосервісних компаній (ESCO). Дослідження інституційної економіки доводять, що саме якість інституцій визначає здатність суспільства трансформувати технічний потенціал у реальний економічний результат, зокрема в українському контексті – роботи щодо інституційної спроможності громад [21].

Третій компонент – реалізація та моніторинг – охоплює безпосереднє впровадження проєктів, управління попитом, запровадження систем енергоменеджменту будівель (BEMS), а також процедури вимірювання і верифікації (M&V). Саме моніторинг дозволяє перетворити енергозбереження з декларативної мети на вимірюваний результат. У літературі з управління проєктами та енергетичного менеджменту наголошується, що відсутність системної верифікації економії є одним із ключових бар'єрів інвестицій у житловому секторі.

Четвертий компонент – інформаційно-поведінковий вплив – пов'язаний із подоланням інформаційної асиметрії та впливом на поведінкові патерни споживачів. Дослідження в межах поведінкової економіки [49, 50] показують, що рішення домогосподарств щодо інвестування в енергоефективність часто визначаються не раціональним розрахунком, а соціальними нормами, довірою, страхами та очікуваннями.

На макрорівні держава формує нормативну рамку, визначає цілі та забезпечує імплементацію міжнародних зобов'язань. На мезорівні муніципалітети трансформують національні цілі у конкретні проєкти, інтегруючи енергоефективність у стратегії розвитку громад. Саме інституційна спроможність муніципалітетів визначає здатність реалізовувати політику на практиці. На мікрорівні відбуваються прийняття рішень і реалізація заходів – як

у корпоративному секторі (менеджмент, ESCO, девелопери), так і на рівні домогосподарств та ОСББ.

Особливість житлового сектору полягає у його соціотехнічній природі. На відміну від промисловості, де рішення приймає один суб'єкт, житловий сектор характеризується фрагментацією власності та необхідністю колективного ухвалення рішень. Наявність великої кількості співвласників з різними інтересами значно ускладнює процес модернізації [51]. Крім того, житло має високу соціальну значущість – будь-які втручання пов'язані з питаннями комфорту, безпеки та приватності. Важливу роль відіграють поведінкові та соціальні фактори, а також складна мультистейкхолдерна взаємодія [52]. Теорія стейкхолдерів [53, 54] доводить, що ігнорування інтересів хоча б однієї ключової групи підвищує ризик провалу проєкту.

У контексті повоєнного відновлення сутність управління ЕЕ набуває додаткового виміру. Енергоефективність перетворюється з інструменту економії на інструмент забезпечення стійкості (resilience) та безпеки громад. В умовах пошкодження енергетичної інфраструктури здатність будівель утримувати тепло за відсутності централізованого опалення стає фактором національної безпеки. Водночас модернізація існуючого фонду доповнюється масштабною реконструкцією зруйнованого житла, що створює можливість реалізації принципу «Build Back Better» [55] – закладання високих стандартів енергоефективності на етапі відбудови. Разом із тим, до класичних бар'єрів (фінансових, інформаційних, інституційних) додаються нові: ресурсний дефіцит, психологічна втома населення, міграційні процеси, висока невизначеність інвестиційного середовища. Зростає роль міжнародних донорів і фінансових інституцій, які, окрім ресурсів, привносять вимоги до прозорості та ефективності управління [56].

Узагальнюючи, енергетична ефективність еволюціонувала від вузького технічного показника до комплексної соціально-економічної категорії, що поєднує економічні, екологічні, соціальні та безпекові аспекти. Існування «розриву енергоефективності» (energy efficiency gap), на який вказують численні дослідження, зумовлене переважно управлінськими та поведінковими

бар'єрами, а не технічною недосяжністю оптимального рівня. Таким чином, управління енергетичною ефективністю визначається як цілісна, багаторівнева та безперервна система цілеспрямованого впливу держави, муніципалітетів, ринкових гравців і домогосподарств на процеси споживання енергії з метою подолання бар'єрів і реалізації економічного, соціального та безпекового потенціалу енергоефективності. В умовах повоєнного відновлення ця система трансформується з управління оптимізацією у управління кризовим відновленням на засадах стійкості, прозорості та багаторівневої координації (рис. 1.1).

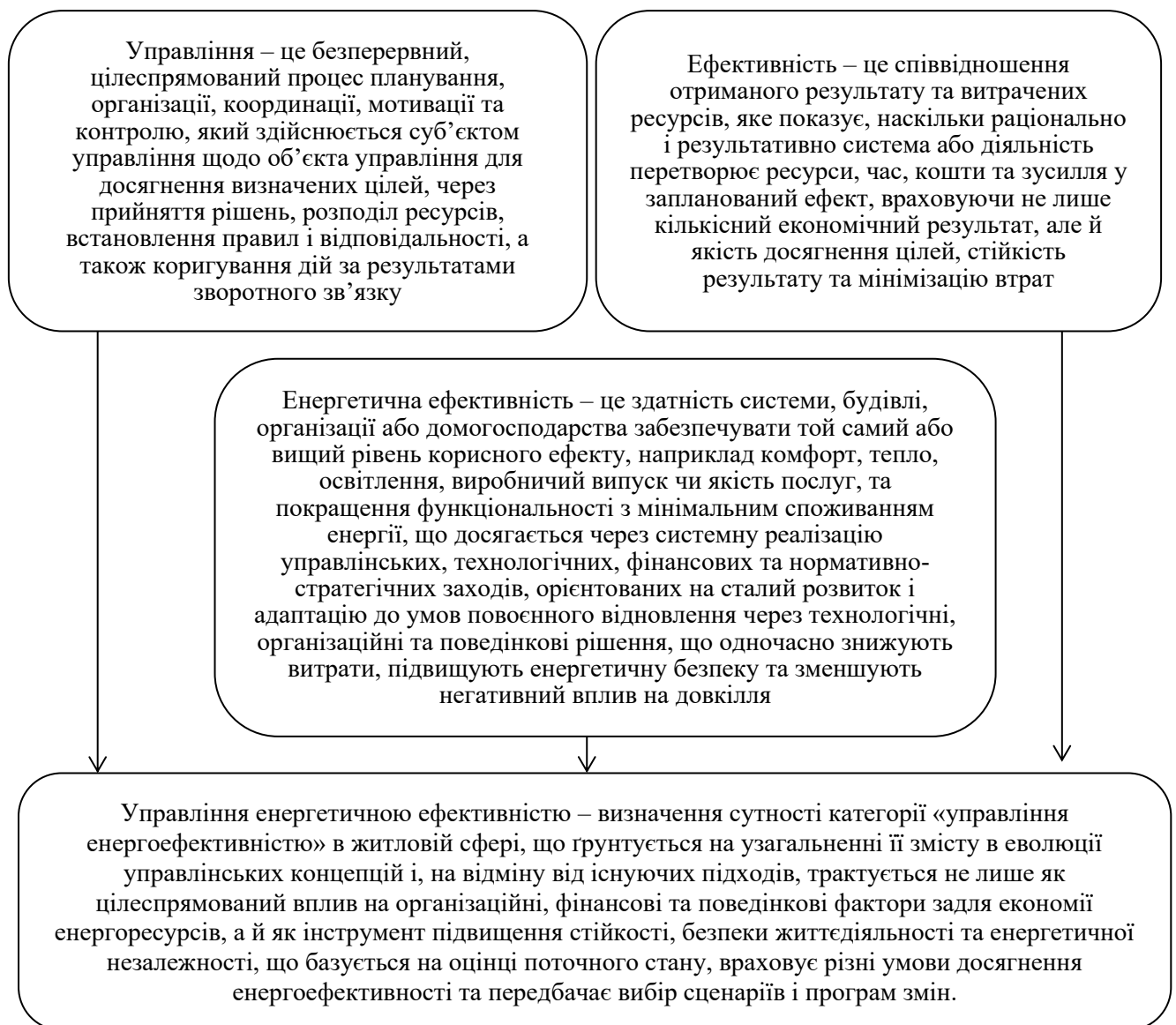


Рис.1.1 - Теоретичний базис визначення сутності «управління енергетичною ефективністю»

Джерело: Сформовано автором

На основі врахування традиційних та сучасних підходів до енергоефективності у табл. 1.2 здійснено порівняння традиційного та удосконаленого управлінського підходу.

Таблиця 1.2 – Порівняння традиційного та удосконаленого управлінського підходу до енергетичної ефективності

Критерій	Традиційний підхід	Удосконалений підхід
Сутність	Управління, що спрямоване на оптимізацію відношення між обсягом використаної енергії та отриманим результатом	Комплексний управлінський процес досягнення сталого енергоспоживання через інституційні, технологічні, фінансові та людські ресурси
Фокус	Технічна або інженерна ефективність окремих елементів	Системне управління енергетичними ресурсами на рівні організації, об'єкта, політики
Одиниця виміру	Кіловат-години на квадратний метр, енергоємність продукції тощо	Ключові показники ефективності (KPI), рівень цифровізації, вплив на ESG-показники
Інструменти	Теплоізоляція, модернізація обладнання	Енергетичний аудит, система енергетичного менеджменту (ISO 50001), smart-технології
Застосування	Переважно в технічному обґрунтуванні	У стратегіях розвитку, політиці сталого відновлення, бюджетуванні, цифровому моделюванні
Приклад формулювання	«Зниження енергоспоживання на 15% завдяки теплоізоляції»	«Інтеграція управлінської системи енергоефективності для досягнення стратегічних та кліматичних цілей у будівельному секторі»

Джерело: сформовано автором

Таким чином, із табл. 1.2 бачимо, що удосконалений підхід відповідає еволюційному шляху управління енергоефективністю. Розглянемо основні параметри системи управління енергетичною ефективністю:

1. Стратегічне планування і постановка цілей полягають у визначенні довгострокового бачення енергоефективності, формуванні політики, виборі пріоритетів і цільових показників, а також у побудові дорожньої карти заходів для будівель, інженерних мереж і поведінкових практик споживачів. У системі сучасного менеджменту ця функція обов'язково поєднує енергоефективність із

фінансовим плануванням, соціальними цілями, вимогами безпеки та стійкістю до ризиків, щоб енергоефективні рішення були не разовими, а системними і підтримувалися ресурсами.

2. Організація і розподіл відповідальності охоплює створення управлінської структури, у якій визначені ролі керівництва, енергоменеджера, технічних служб, бухгалтерії, закупівель, управителів будинків і підрядників, а також правила їх взаємодії. Ця функція забезпечує, щоб рішення не гальмувались між підрозділами, а виконувалися через чіткі процедури, стандарти якості, графіки робіт і зрозумілу відповідальність за результат на рівні організації, громади або будинку.

3. Інформаційно-аналітичне забезпечення і облік енергії передбачають системний збір даних про споживання, втрати, режими роботи обладнання, стан огорожувальних конструкцій, а також аналіз причин перевитрат і потенціалу економії. У сучасному менеджменті ця функція дедалі більше спирається на цифрові інструменти, розумні лічильники, автоматизовані системи диспетчеризації, цифрові моделі будівель і системи підтримки прийняття рішень, а технології на базі штучного інтелекту можуть підсилювати прогнозування, виявлення аномалій і пріоритизацію заходів за ефектом та ризиками.

4. Бюджетування і управління інвестиціями означає відбір заходів за критеріями економії, строків повернення коштів, впливу на комфорт і безпеку, а також формування портфеля проєктів із поєднанням різних джерел фінансування. Функція включає підготовку фінансових моделей, підбір інструментів підтримки, наприклад пільгового кредитування, грантів, гарантій, револьверних фондів, і побудову механізмів, які зменшують бар'єри для власників житла і дають можливість масштабувати модернізацію без втрати якості.

5. Проєктування і реалізація енергоефективних рішень охоплюють підготовку технічних завдань, енергоаудит, вибір пакета заходів, закупівлі, управління підрядниками, технічний нагляд і введення об'єкта в експлуатацію.

У сучасному менеджменті ця функція важлива тим, що перетворює стратегію на практичні зміни, а також зменшує ризики неякісних рішень, коли впроваджуються лише окремі заходи без комплексного підходу до огорожувальних конструкцій, мереж і систем керування.

6. Координація і управління зацікавленими сторонами полягає у налагодженні взаємодії між державними інституціями, громадами, об'єднаннями співвласників багатоквартирного будинку, управителями, бізнесом, банками, донорами та мешканцями. Для житлового сектору це критично, бо без координації виникають провали колективної дії, конфлікти інтересів і затримки в ухваленні рішень, а сучасний менеджмент робить акцент на прозорій комунікації, участі людей у прийнятті рішень, зрозумілих правилах співфінансування і підзвітності.

7. Мотивація, комунікація і управління змінами спрямовані на те, щоб енергоефективність стала частиною щоденної управлінської культури, а не окремим проєктом. Вона включає навчання персоналу і мешканців, формування стимулів, підтримку лідерства в об'єднаннях співвласників багатоквартирного будинку, роботу з недовірою до інвестицій, а також запобігання ефекту відскоку, коли після модернізації люди несвідомо збільшують споживання через відчуття «дешевшої енергії».

8. Контроль, верифікація результатів і коригувальні дії забезпечують перевірку фактичної економії, оцінку якості виконаних робіт, контроль режимів експлуатації та, за потреби, коригування налаштувань і управлінських рішень. У сучасному менеджменті ця функція є основою безперервного поліпшення, оскільки дозволяє відділити заявлений ефект від підтвердженого, зберігати результат у часі, підвищувати довіру до програм і контрактів і постійно уточнювати стратегію на основі реальних даних та ризиків.

Виокремимо, також основні параметри системи управління енергетичною ефективністю (табл.1.3).

Таблиця 1.3 - Основні параметри системи управління енергетичною ефективністю

Параметри	Характеристика
Цілі, політика та критерії результативності	Система має починатися з чітко сформульованої політики енергоефективності і набору довгострокових та короткострокових цілей, які пов'язані з фінансовими можливостями, соціальними пріоритетами і безпековими потребами. Важливо визначити критерії результативності не лише через економію коштів, але й через підвищення комфортності, зменшення вразливості до перебоїв, скорочення питомого споживання енергії, підвищення класу енергоефективності будівель
Інституційна архітектура і розподіл відповідальності	Параметр означає наявність чіткої організаційної структури та правил взаємодії між усіма учасниками, від державних органів і громад до управителів, об'єднань співвласників багатоквартирного будинку, підрядників і енергосервісних компаній. Тут критично важливі визначені ролі, повноваження, процедури ухвалення рішень і механізми підзвітності, а також спроможність, яка включає кадри, навчання, типові документи, консультаційну підтримку для об'єднань співвласників багатоквартирного будинку і здатність координації між рівнями, щоб уникнути провалів, які виникають через розрізненість і слабку комунікацію.
Дані, облік, аналітика і цифрова підтримка рішень	Ефективна система має спиратися на регулярний і порівнюваний облік енергоспоживання, стану будівель, параметрів мереж та результатів модернізації, а не на оцінки «на око». Потрібні якісні дані з лічильників, енергетичних сертифікатів, аудитів і технічних обстежень, цифрові реєстри та панелі моніторингу, а також аналітичні інструменти для пріоритизації заходів, прогнозування споживання і виявлення перевитрат
Фінансові механізми і логіка стимулів	Параметр охоплює джерела фінансування, правила співфінансування і набір стимулів, які роблять термомодернізацію і енергоефективні рішення доступними для домогосподарств та привабливими для бізнесу. Йдеться про поєднання грантів, пільгових кредитів, місцевих програм підтримки, гарантій, револьверних фондів і енергосервісних контрактів, а також про прив'язку підтримки до підтвердженого результату, щоб уникати неефективних заходів. У повоєнних умовах додатково важливими стають механізми зниження ризиків, включно з воєнними, і прозорість витрат, щоб довіра до програм зростала, а інвестиції масштабувалися.
Цикл реалізації, контроль якості і безперервне поліпшення	Система має працювати як безперервний цикл, де планування переходить у реалізацію проєктів, потім – у технічний нагляд і приймання робіт, далі – у верифікацію фактичної економії та коригування управлінських рішень і режимів експлуатації. Параметр включає стандарти і регламенти якості, вимоги до підрядників, процедури перевірки, прозору звітність, а також механізми навчання і комунікації з мешканцями для підтримки ефекту після завершення робіт

Джерело: Сформовано автором

Отже, теоретичний базис визначення сутності «управління енергетичною ефективністю» формується через поєднання трьох взаємопов'язаних понять, де управління задає логіку безперервного цілеспрямованого впливу, тобто хто і як приймає рішення, координує дії, розподіляє ресурси та контролює результат на різних рівнях, ефективність визначає критерій раціональності цього впливу через співвідношення досягнутого результату та витрат, враховуючи якість і сталість отриманого ефекту, а енергетична ефективність конкретизує, який саме результат має бути забезпечений, тобто досягнення потрібного рівня послуг і комфорту за меншого споживання енергії та з меншими ризиками для економічної і безпекової стійкості.

1.2 Концептуальні засади розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення

Розвиток ринку нерухомості, зокрема у секторі житлового будівництва, є важливим чинником та наслідком економічного розвитку і добробуту в країні. Проте, в Україні сьогодні цінності, що визначають потребу в житлі суттєво змінилися та враховують як сучасні глобальні виклики: глобальне потепління через викиди CO₂, дефіцит енергії, стихійні лиха (Туреччина), так і стан війни у країні: за попередніми даними обласних військових адміністрацій, станом на 24 лютого 2023 року, загальна кількість зруйнованих або пошкоджених об'єктів житлового фонду становить близько 153,86 тис. будівель, з них 136 тис. – приватних (індивідуальних) будинків; 17,5 тис. – багатоквартирних будинків; 0,3 тис. – гуртожитків [57].

Прогнозується, що до 2060 року глобальна будівельна площа подвоїться, і лише 3% інвестицій у нове будівництво є екологічними та ефективними, що призведе до високих викидів протягом десятиліть. Швидкість реконструкції існуючих будівель становить ледве 1%, менше третини темпів, необхідних для досягнення Паризьких кліматичних цілей. У довоєнних умовах для досягнення мети скорочення викидів парникових газів (ПГ) у будівлях загальні витрати

становили приблизно 1,3 млрд євро на рік. Крім того, передбачалася щорічна потреба у 340 млн євро для заміни та оновлення наявних індивідуальних котлів і систем опалення в будівлях. Таким чином, за попередніми даними, загальні витрати до 2030 року мали становити приблизно 16 млрд євро [58], і це не враховуючи наслідків війни. Враховуючи вартість втрат і руйнування житлових будинків, обсяги інвестицій будуть значно більшими. Проте, зменшення викидів вуглецю в будівлях буде мати вирішальне значення для досягнення Паризької кліматичної цілі та досягнення чистих нульових викидів до 2050 року, беручи до уваги те, що на будівлі в Україні припадає 39% глобальних викидів парникових газів, у тому числі 28% у викидах під час експлуатації та 11% у будівельних матеріалах і конструкціях.

Слід зазначити, що розвиток сфери будівництва в умовах війни в Україні визначається першочергово загрозами та слабкими сторонами галузі, а також уже оціненими наслідками російської агресії. Відтак пріоритети перерозподілу факторів, що формують попит на житло за такими класами, як «комфорт» або «преміум», зміщуються у бік врахування можливості жити не лише комфортно, а й безпечно [59]. Звідси, процес відновлення житлового фонду, який відбуватиметься згідно програм та планів повоєнної відбудови, на нашу думку, повинен враховувати не тільки будівництво та відновлення зруйнованих та пошкоджених будинків, але створювати умови для задоволення такої базової потреби як безпека, якій в умовах війни та потенційної загрози з боку росії належить особлива увага, а також враховувати перспективи розвитку ринку нерухомого майна у європейських країнах, зокрема, реалізації нових технологій енергоефективності, смарт та сталого будівництва. Важливість цієї проблеми посилюється ще тим, що з початку війни до західних країн мігрувало близько 6 млн осіб, а кількість внутрішньо переміщених осіб перевищила 5 млн осіб. І хоча частина населення повертається, для створення умов їх повернення, особливо для мешканців територій, де будинки повністю чи частково зруйновано і продовжують руйнуватись під російськими обстрілами, питанням будівництва є визначальним, і відбудова на засадах енергоефективності

залишається актуальним питанням. Попри те, що питання будівництва належить до складних технічних рішень, дослідження концепцій сучасного будівництва є актуальними для галузі управління та адміністрування, оскільки дозволяє розглянути сучасні концепції розвитку будівництва та дослідити можливості та передумови їх реалізації в умовах України. Усе це потребує аналізу та дослідження факторів, що визначають перспективи розвитку сфери будівництва та відновлення житлового фонду в Україні, з урахуванням думок і ставлення до цього питання всіх зацікавлених сторін. Дослідники у питаннях післявоєнного відновлення зазначають, що існують ризики, пов'язані з нераціональним використанням ресурсів під час відновлення, спорудженням тимчасового житла для вимушених внутрішніх переселенців, а також частковими рішеннями в інфраструктурі. Кейси післявоєнного відновлення, такі як Сараєво в Боснії та Герцеговині або столиця Лівану м. Бейрут говорять про випадки, коли інвестиції у відновлення будівель так і не призвели до економічного підйому міста та покращення у ньому умов життя. З вітчизняного досвіду відомі «хрущівки» є прикладом того, як тимчасове житло з обмеженими зручностями перетворилося на постійне житло та створило відповідні містобудівні проблеми, що й досі не мають однозначного вирішення. Відтак важливо узагальнити можливості, спрямовані на глобальне оновлення будівельної індустрії та відновлення зруйнованої війною інфраструктури на нових принципах із урахуванням «зеленої» та смарт-складової будівництва [60].

Питанню післявоєнного відновлення присвячені праці вітчизняних науковців та експертів у галузі будівництва. Покровська Н. обґрунтовує заходи щодо стабілізації економічної системи України у післявоєнний період на основі трьох стадій реконструкції та за допомогою розробки відповідних стратегій, а саме: стабілізації економічної системи, швидкого відновлення економічної інфраструктури та послуг і закладення фундаменту для майбутнього зростання та модернізації економіки України з послідуною інтеграцією в ЄС [61]. Відновлення та модернізації житла та інфраструктури

регіонів включено у національну програму Плану відновлення України, на яку передбачено 150-250 млрд. дол. [1]. Регіональний аспект є одним із важливих підходів до відбудови, оскільки відбудова міст є справою громади, людей, які проживають на даній території, за підтримки держави та міжнародних організацій. За даними Державної служби статистики України, до 2020 року частка регіонів, що затвердили і впроваджують регіональні стратегії розвитку та плани заходів з їх реалізації, розроблені за участю громадськості становила 100 % відповідно до 11 Цілі стратегії сталого розвитку «Сталий розвиток міст і громад» (рис.1.2).

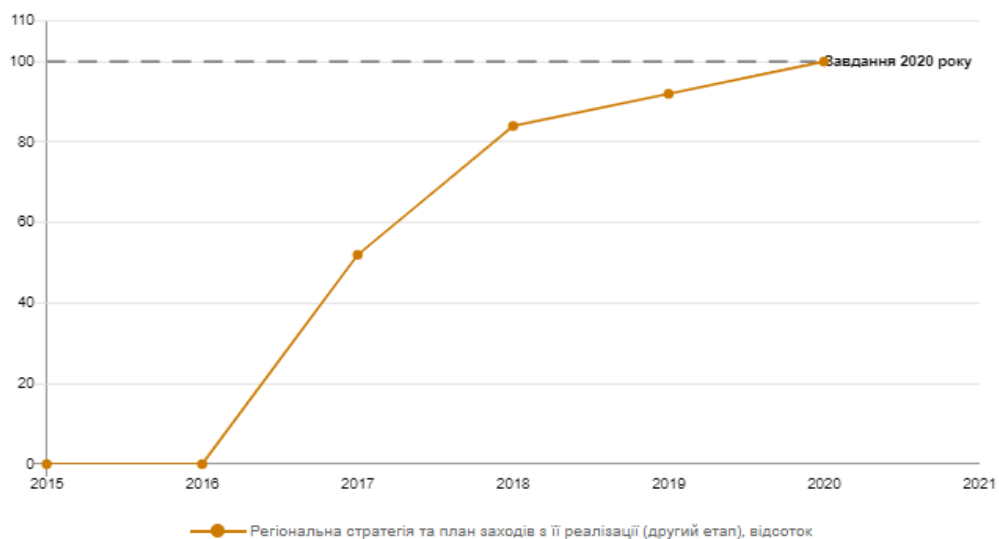


Рисунок 1.2 - Частка регіонів, що затвердили і впроваджують регіональні стратегії розвитку та плани заходів з їх реалізації, розроблені за участю громадськості, %

Джерело: <https://www.ukrstat.gov.ua/>

Автори публікації, які досліджують сучасний стан будівельної галузі України та деталізують найважливіші фактори, що впливають на динаміку розвитку будівництва, зазначають, що «...аби відбудувати країну, необхідно зробити внесок кожному українцю. Тому успіх залежатиме від ініціативи місцевої влади та суспільства...» [62].

Ідея сталого будівництва також є актуальною в умовах повоєнного відновлення. Вона є продовженням ініціатив, спрямованих на зменшення

викидів CO₂ у будівельному секторі, та стосується питання модернізації житла. Реалізація принципів сталого будівництва потребує системного підходу, що охоплює не лише технічні рішення, а й логістичне управління будівельним циклом. Застосування «зеленої логістики» як інструменту мінімізації екологічного навантаження на кожному етапі будівництва є одним із перспективних напрямів для відповідності галузі цілям сталого розвитку [63].

Так, у 2020 році Кабмін розробив і ухвалив Концепцію державної політики щодо забезпечення енергоефективності будівель [64] та нормативно встановив обов'язкові базові вимоги до будівель. Так, у нових та оновлених об'єктів після реконструкції або капітального ремонту клас енергоефективності повинен бути не нижче «С» (усього виділяють сім рівнів, де «А» – найвищий, «G» – відповідно найнижчий). У джерелі [4] зазначається, що станом на 2022 рік із 6 тис. перевірених будинків у країні майже половина належить до класу «G». Крім того, у Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [65] передбачено зменшити втрати тепла та електроенергії за рахунок використання енергоефективнішого устаткування та приладів, а також комплексної термомодернізації будівель на 15 %.

Іншим підходом у сфері відбудови є ідея смарт-будівництва, яка дозволяє поєднати потреби соціального й гуманітарного розвитку із сучасними тенденціями цифровізації. Концепція смарт-міста почала широко розглядатися ще перед початком війни та розглядає можливі два шляхи її реалізації, зокрема: створення нових міст із самого початку та зміна технологічного устрою уже існуючої у місті інфраструктури. Технічна складова охоплює широке впровадження цифрових технологій, однак гуманістичний складник у розвитку міст, який переважає у сучасних програмах «розумного» міста, що реалізуються у світі, активно впливає на трансформації технічних аспектів. Згідно із баченням Європейського економічного і соціального комітету, модель «розумного» міста має розглядатися не тільки через розгляд питань «інформаційних технологій», «покращення довкілля» чи «енергоефективності»,

а як частина нової європейської промислової політики, у якій зростання створює зайнятість і соціальний розвиток [66, 67].

Автори публікації [68], досліджуючи основні підходи до визначення «розумного» міста, його складників, функціонального наповнення і формування стратегій розвитку, зазначають, що сучасні підходи до формування стратегій «розумного» міста базуються збалансованому поєднанні економічних, соціальних та екологічних чинників міського розвитку. Слід зазначити, що поряд із технічними основами розвитку «розумних» міст у сучасних концепціях розвитку значна увага приділяється гуманістичному складнику. Такий «гуманістичний» акцент пов'язують з іншими спорідненими дискурсами «розумних» спільнот, такими як соціальна схильність, освіта та соціальний капітал для розвитку «розумного» міста. Відтак дослідники зазначають, що прогресивні «розумні» міста мають починати з людей і людського капіталу, а не сліпо вірити, що ІКТ самі можуть автоматично трансформувати та покращувати міста [69]. Слід зазначити, що стратегія «Європа 2020» сприяє розвитку «розумних» міст по всій Європі через інвестиції в інфраструктуру ІКТ, людський капітал, а також у рішеннях, які використовують можливості, що виникають завдяки новим технологіям і цифровізації, щоб: покращити стійкість і якість життя та роботи для окремих осіб і підприємств; підвищити ефективність та доступність послуг, зменшити бідність, безробіття, соціальне відчуження, забруднення та шкоду навколишньому середовищу [70]. Власне, таке перспективне бачення відбудови на засадах смарт-будівництва доцільно пов'язувати із вирішенням екологічних питань у будівництві, зокрема, як зазначалося вище, у концепції сталого будівництва. На виконання вимог Паризької конвенції передбачено скорочення викидів ПГ з боку будівель до 19,8 млн т CO₂-екв. у 2030 році, що становить скорочення викидів на 10% від рівня 2019 року. Крім того, значна частина будівель потребує термомодернізації, оновлення наявних індивідуальних котлів і систем опалення. Відтак дослідження можливостей застосування технологій сталого та розумного будівництва дозволить не лише підтримати галузь, а й створити

передумови для реалізації інноваційних ідей, що ґрунтуються на сучасних концепціях розвитку [71].

Оцінюючи наслідки війни в Україні, зазначимо, що за попередніми оцінками вартісний вираз прямих збитків для житлового фонду становить \$53,6 млрд. Лише для повернення житла до попереднього стану, потрібно буде здійснювати витрати на наступні напрями: поточний ремонт житлових будівель; капітальний ремонт чи реконструкція житлових будівель; нове будівництво; відновлення прибудинкової території біля житлових будівель (парканів, лавок, озеленення, дитячих та спортивних майданчиків тощо); закупівлю предметів довготривалого користування (меблів, побутова техніка) [1]. При цьому, за наявності інвестицій, виникає унікальна можливість створити по суті нове сучасне «розумне» місто, що, спираючись на світовий досвід стратегічно підходитиме до розвитку шести основних сфер діяльності, зокрема це – «розумне середовище»; «розумні люди»; «розумна мобільність»; «розумний образ життя»; «розумна економіка»; «розумне управління» [72].

Розглядаючи переваги та можливості смарт-будівництва, дослідники зазначають, що розроблені концепції смарт-міст розраховані на їх реалізацію «згори донизу». Через недостатню поінформованість громади про можливості такого будівництва потенціал реалізації цих програм не був належним чином використаний. Реалізація завдань будівництва на рівні містобудівних комплексів та окремих споруд, а не лише міст, дасть відчутний ефект. Запропоновані підходи для досягнення цілей розумного будівництва під час відбудови України дозволять досягти не миттєвого, а поступового, тривалого в часі ефекту із забезпечення сталості середовища [73].

Дослідники питання сталого будівництва зазначають, що для забезпечення інноваційного сталого розвитку житлового будівництва як економічної системи потрібна взаємодія всіх зацікавлених сторін: уряду, приватних інвесторів, архітекторів і девелоперів, промислових постачальників, професійних асоціацій і громадських організацій безпосередньо з жителями й місцевими спільнотами. Реалізація такої моделі вимагає: аналізу й розуміння

факторів, які роблять місто унікальним; фокусування на найважливіших питаннях, розгляду готових і доступних рішень; оцінки вкладу кожного проєкту в загальну ефективність і стійкість міста в майбутньому, впливу на фінансово-економічні, соціальні й екологічні показники; розстановки пріоритетів для ключових проєктів, побудови адекватної реаліям фінансової й операційної моделі й упровадження, а також ув'язування проєктів у часі [74].

Таким чином, розгляд питання повоєнного відновлення житлових будинків для українців вимагає глибшого дослідження глобальних тенденцій розвитку будівельної галузі, дослідження потреб і побажань населення і стейкхолдерів житлового бізнесу з точки зору врахування якісних критеріїв і вимог до будівництва, а також потенційних запитів до їх задоволення. Навіть у умовах, коли увесь зруйнований житловий фонд прирівнюється до обсягу новобудов за сім довоєнних років [75], дослідження та врахування потреб споживачів і глобальних викликів, зокрема таких, як зменшення викидів CO₂ та енергодефіцит, дозволить девелоперам створювати такий дизайн відновленого житла, що стане привабливим для потенційних інвесторів, зручним для користування й привабливим для тих, хто втратив майно і потребує його відновлення.

Враховуючи викладене вище, на даному етапі є важливим огляд ситуації на ринку житлового будівництва в умовах війни в Україні, характеристика факторів, що формують попит на житло та визначення можливостей його задоволення, враховуючи наслідки військової агресії, сучасні тенденції розвитку житлового будівництва та глобальні виклики сталого будівництва і цифрового розвитку.

Сучасний етап розвитку управлінських технологій у сфері енергетичної ефективності характеризується фундаментальним переходом від статичних, регламентованих моделей до динамічних адаптивних систем, що базуються на обробці великих масивів даних (Big Data) та використанні алгоритмів штучного інтелекту (ШІ). В умовах повоєнного відновлення житлового сектору України, який зазнав безпрецедентних руйнувань та структурних деформацій [76],

традиційні методи менеджменту, що спираються виключно на ретроспективний аналіз та експертну інтуїцію, стають недостатньо ефективними. Високий рівень невизначеності, стохастичність процесів енергоспоживання в умовах пошкодженої інфраструктури та необхідність швидкого реагування на змінні параметри середовища актуалізують потребу впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Ключовим вектором розвитку таких систем стає концепція синергії людського та штучного інтелекту (Human-AI synergy), яка передбачає не заміну менеджера алгоритмом, а створення гібридного інтелектуального зовнішнього середовища, де обчислювальна потужність ШІ доповнюється когнітивною гнучкістю та ціннісними орієнтирами людини.

Досліджуючи управлінські аспекти [77] у сфері енергоефективності житлового сектору Дмитрук В.І. підкреслює необхідність формування нової управлінської парадигми, орієнтованої на партнерство людини і машини, розвиток цифрової культури, етичне регулювання та відповідальне використання ШІ в межах організаційної політики. Дослідники вивчають особливості використання технологій штучного інтелекту та виокремлюють його основні переваги й недоліки [78]. Науковий дискурс останніх років фокусується на пошуку оптимального балансу між застосуванням штучного та людського інтелекту [79,80]. У розвиток даної тематики Печенюк А.В. досліджує перспективні напрями застосування штучного інтелекту в енергетиці, як прогнозування попиту на енергію, оптимізація енергоспоживання на підприємствах і населенням, використання «розумних» мереж, розвиток аналізує основні перешкоди, що стримують активніше впровадження технологій штучного інтелекту в енергетичну сферу України [81]. Увага науковців приділена цифровій культурі, розвитку управлінських компетенцій і підтримці з боку державних інституцій для досягнення високих показників результативності в умовах цифрової економіки [82]. Ігнат'єва М. В. наголошує, що цифрова економіка трансформує роль управлінця від адміністративного контролера до аналітика та координатора рішень на основі

даних, що є ключовою передумовою впровадження інтелектуальних систем підтримки управління [83].

У статті Василюка Д. систематизовано нові виклики та можливості використання штучного інтелекту в управлінні організаціями, підкреслено необхідність поєднання технологічних рішень з інституційними та етичними механізмами для досягнення стійкого ефекту цифровізації [84]. Черненко Н. зазначає, що ШІ відкриває якісно нові можливості в галузі багатьох управлінських процесів, підвищуючи ефективність їх виконання на всіх рівнях і доповнюючи обмежені можливості людини [85]. У статті [86] розглядаються концептуальні основи цифрової компетентності персоналу як ключового внутрішнього фактора формування цифрової ефективності підприємства в контексті поточної економічної, технологічної та суспільної трансформації [87].

Таким чином, науковці підкреслюють важливість цифрових технологій в управлінні організаціями та досліджують їх у контексті сучасної парадигми менеджменту. Розглядаються різні сфери діяльності, де впроваджується ШІ та аргументується тісний зв'язок цифрових змін із людиною, зокрема керівником, виконавцем чи споживачем. В умовах інформаційної асиметрії щодо застосування ШІ в різних сферах діяльності для вирішення управлінських завдань недостатньо досліджено передумови та потенціал використання штучного інтелекту для управління енергоефективністю житлових будівель.

Таким чином, важливо узагальнити передумови, деталізувати потенціал використання нової парадигми управління на основі концепції синергії людського та штучного інтелекту та інтегрувати її в механізми управління енергетичною ефективністю для житлової сфери .

Досягнення справедливого та швидкого енергетичного переходу передбачає не лише зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а й системне підвищення ефективності використання наявних енергетичних ресурсів на всіх стадіях – виробництва, транспортування та споживання [88]. У цьому контексті ресурсозбереження стає ключовим управлінським пріоритетом, особливо в житловій сфері. Одним із перспективних напрямів є

залучення вторинних енергетичних ресурсів, зокрема теплоти стічних вод, яка в більшості випадків втрачається без корисного використання.

Емпіричні дослідження підтверджують, що впровадження відновлюваної генерації без паралельного підвищення енергоефективності не забезпечує очікуваного ефекту: зростають системні витрати, збільшуються технологічні втрати, уповільнюються темпи декарбонізації. Тому поряд із розвитком сонячної, вітрової та біоенергетики важливо активніше використовувати локальні низькопотенційні джерела теплоти – зокрема стічні води, промислове відпрацьоване тепло, вентиляційні викиди. Такі рішення не потребують значних площ, дозволяють скоротити споживання викопного палива в системах опалення будівель і сприяють формуванню циркулярної моделі міського енергозабезпечення.

З позиції енергетичної системи підвищення ресурсної ефективності є інструментом балансування попиту та пропозиції. Технології рекуперації теплоти та теплові насоси, що використовують тепло стічних вод, здатні зменшувати пікові навантаження на електромережу, стабілізувати споживання та скорочувати викиди CO₂. Такий підхід інтегрує альтернативну енергетику з принципами циркулярної економіки, де енергія відходів стає складовою комплексної системи енергоефективності міста або підприємства.

Отже, ефективність споживання енергії – зокрема через залучення теплоти стічних вод – слід розглядати як невід’ємний елемент управління енергоефективністю в житловому секторі. Це забезпечує зниження загальних енергетичних витрат, підвищення енергетичної безпеки, доступності та екологічності тепlopостачання, а також формує основу для сталого розвитку локальної енергетичної інфраструктури.

Проблематика енергоефективності житлових територій широко висвітлена в сучасних наукових дослідженнях. Бібліометричний аналіз публікацій [89] засвідчує, що підвищення енергоефективності як складова сталого розвитку будівель залишається одним із найактуальніших напрямів досліджень і потребує подальшого поглиблення. У праці [90] проаналізовано принципи

сталого проектування будівель із використанням новітніх джерел енергії – сонячної, вітрової, водневої, геотермальної. У дослідженні [91] доведено, що «зелена» модель будівлі забезпечує на 25% більше енергозбереження та на 46,8% менші викиди CO₂ порівняно з традиційною. Автори роботи [92] акцентують увагу на ролі альтернативних технологій у підвищенні енергоефективності, а перспективи їх упровадження визначені в нормативних документах [93].

Практичні аспекти використання альтернативних джерел теплопостачання також активно досліджуються. У роботі [94] розглянуто концепцію теплопостачання четвертого покоління, у якій каналізаційні та теплові мережі інтегруються в єдину систему міського життєзабезпечення. Дослідження [95] демонструє потенціал рекуперації теплоти на різних етапах водного циклу з використанням теплообмінників і теплових насосів, проте зазначає, що на рівні окремої будівлі економічна доцільність потребує комплексного аналізу енергетичних, економічних та екологічних параметрів. У статті [96] представлено кейс польської очисної станції з оцінкою потенціалу відбору тепла.

Міжнародна статистика підтверджує актуальність наряду. За даними Міжнародного енергетичного агентства [97], централізоване теплопостачання забезпечує близько 10% потреб у теплопостачанні будівель у світі. У Європі функціонує понад 6 000 тепломреж, що покривають близько 11% попиту на опалення. У Швейцарії системи на основі теплоти стічних вод дозволили зменшити споживання природного газу на 70% і викиди CO₂ на 40% [98,99]. У Стокгольмі майже 98% тепла виробляється з відновлюваних або вторинних джерел. У Парижі (проект Seine Amont) теплообмінники в каналізаційній мережі забезпечують опалення муніципальних будівель [100]. В Амстердамі впроваджено масштабну систему рекуперації теплоти зі стічних вод у межах стратегії кліматичної нейтральності до 2050 року [101]. У Токіо тепло стічних вод використовується для обігріву станцій метро та муніципальних об'єктів за підтримки державних програм [102].

Дослідження наявних систем утилізації тепла стічних вод (WWHR) свідчать про можливість скорочення первинного енергоспоживання до 50% [103]. У низьковуглецевих районах поблизу Парижа теплонасосна система покривала близько 75% річних потреб у теплі, а викиди CO₂ були у чотири рази нижчими порівняно з газовою системою [104].

Систематизацію основних видів ВДЕ та напрямів їх використання у житловому секторі України здійснено у дослідженнях [105], де підтверджено потенціал скорочення споживання первинної енергії до 40-55% при комплексному підході.

Сучасні наукові підходи розширюють розуміння енергоефективності від суто технічного показника (кВт·год/м²) до стратегічного інструменту сталого розвитку [106-108]. Управлінська модель включає організаційні, фінансові та поведінкові чинники [109]. У цьому контексті оцінювання технічних, економічних, енергетичних та екологічних параметрів використання теплоти стічних вод відповідає принципам сталого розвитку. З огляду на необхідність структурних змін, важливим є аналіз готовності до впровадження таких рішень з урахуванням міжнародного досвіду та національного потенціалу, зокрема в Україні.

Отже, використання теплоти стічних вод є інноваційним, але вже апробованим у розвинених країнах рішенням. В українських умовах, особливо в період воєнних викликів і обмеженого доступу до традиційних енергоресурсів, цей напрям має вагомий потенціал для посилення енергетичної незалежності, зниження викидів CO₂ та оптимізації витрат на теплопостачання житлових будівель.

Таким чином, сучасні концепції житлового будівництва мають визначальний вплив на управління енергоефективністю. Перехід від регламентних підходів до гнучких, орієнтованих на врахування вимог ринку, розвиток цифрових технологій, використання альтернативних джерел енергії для цілей енергозабезпечення – визначальний перелік концепцій, які сьогодні

доцільно використовувати у вирішенні питання енергоефективності житлових будівель.

1.3 Сучасні методи оцінки енергоефективності житлових будинків: вітчизняна та європейська практика

Житлові будинки є одними із найбільших споживачів енергії та джерел викидів, тому саме методи оцінки енергоефективності визначають швидкість і якість реновації. У будівлях ЄС споживають близько 40% енергії та генерують приблизно 36% енергопов'язаних викидів, при цьому близько 77,6% енергії домогосподарств іде на опалення та гарячу воду. Отже, точні методи вимірювання та сертифікації енергоефективності впливають на формування попиту та рахунків домогосподарств [110]. Реформована EPBD (Директива (ЄС) 2024/1275) задає курс на будівлі з нульовими викидами, уніфікує підходи до EPC і вимагає реновації. Відтак оновлені методики оцінки стають обов'язковою умовою доступу до ринку нерухомості та фінансування [111]. Для України ця тема особливо актуальна через післявоєнну відбудову та гармонізацію з законодавством ЄС. На даний час діє Закон України «Про енергоефективність будівель», а з 1 квітня 2025 р. офіційно запроваджено вимоги NZEB, що потребують сучасних методів розрахунку, верифікації та сертифікації [112]. На глобальному рівні сектор будівель залишається ключовим для досягнення кліматичних цілей, тому вдосконалення методів оцінки енергоефективності житлових будинків є критичним інструментом для таргетування інвестицій і контролю прогресу [113].

Масштаб потреб у відбудові формує необхідність переходу від фрагментарних проєктів до портфельного управління програмами, де кожен інструмент має чітко визначену цільову групу, правила відбору, прозоре співфінансування, узгоджені технічні вимоги та вимірювані результати. У цьому контексті важливим є обґрунтування управлінських моделей енергоефективної модернізації житла у повоєнному відновленні на основі

програмно-цільового управління, портфельного підходу, системи ключових показників результативності, контролю ефективності витрат і прозорості [114].

Враховуючи викладене вище, оцінка енергоефективності будівлі є важливим етапом управління енергоефективністю [115], яка складається із набору процедур, що дозволяють визначити рівень енергоспоживання будівлею (опалення, гарячої води, вентиляції, освітлення); оцінити втрати енергії через огорожувальні конструкції (стіни, дах, підвал, вікна), а також ефективність інженерних систем; порівняти це використання з нормативними або еталонними показниками; присвоїти клас або рейтинг енергоефективності; сформулювати рекомендації щодо заходів із підвищення ефективності (теплоізоляція, модернізація систем, відновлювані джерела) тощо.

В Україні практика оцінки енергоефективності житлових будівель реалізується шляхом проведення енергоаудиту та сертифікації. У світі існують стандарти, директиви та системи сертифікації, що включають подібні елементи оцінювання. Важливість оцінки полягає у тому, що вона важлива не лише як технічний акт, а й як ринковий чи інвестиційний інструмент. Адже, будівля з вищим класом енергоефективності має кращу «ринкову ліквідність», нижчі експлуатаційні витрати і менші ризики. В Україні це теж помічається, зокрема, у джерелі [116] зазначається, що енергоефективність може підвищити вартість нерухомості на 10-25% .

Проведений аналіз практики оцінювання енергоефективності будівель дозволив узагальнити такі практики оцінювання енергоефективності житлових будівель в Україні та за кордоном. Найпоширенішими методами такої оцінки є енергоаудит (енергетичне обстеження) та сертифікація енергоефективності будівель. Відповідно, щодо першочергово згаданого методу, згідно з українським законодавством, будівля повинна пройти енергоаудит під час реконструкції або для великих будівель. Під час аудиту перевіряються теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, інженерні системи (опалення, вентиляція, ГВП), теплові втрати та конкретне споживання енергії. Щодо сертифікації енергоефективності будівель, то виданий

енергетичний сертифікат містить клас енергоефективності, показники споживання. Закон України «Про енергоефективність будівель» встановлює основи оцінювання енергоефективності. Встановлено мінімальні вимоги до енергоефективності нових будівель чи реконструкцій, встановлених принаймні на рівні класу «С». З 1 квітня 2025 року в Україні введено норму щодо будівель із «майже нульовим споживанням енергії» (NZEB) для нових і реконструйованих будівель.

Попри успішні результати трансформації, український житловий фонд значною мірою застарілий. Практично 80 % житла вважається мало енергоефективним, при цьому існує величезна ресурсна база для економії, наприклад, очікуються знижки на споживання енергії у розмірі 10-20 % від заходів малої вартості та до 50-60 % при глибокій модернізації. Відчувається недостатня кількість енергоаудиторів, а також слабка база даних. Часто спостерігається ситуація, коли існує розрив між розрахунковими показниками та фактичними умовами функціонування житлових будинків (кімнатні умови, поведінка мешканців, стан систем). У дослідженнях [117] наголошено на необхідності вдосконалення освітніх ініціатив, упровадження інформаційних кампаній і залучення фахівців до реалізації енергоефективних заходів у житловому будівництві.

Головним методом та системою, що використовуються у європейській практиці, є енергетичне сертифікування (Energy Performance Certificate – EPC). Зокрема, у країнах ЄС будівлі підлягають сертифікації з класами від А до G. Сертифікат включає показники споживання енергії та надає інформацію орендарям. Методика розрахунку базується на інтегрованій енергоефективності, яку використовують усі країни-члени ЄС. У методиці оцінки передбачено цілі нульового або майже нульового енергоспоживання (NZEB), а також визначено, що в ЄС нові будівлі з 2020 року повинні бути NZEB до 2030 року; встановлено мінімальні енергетичні стандарти для існуючих будівель та визначено траєкторії модернізації. Набуває поширення методика оцінки, що спирається на технологічні та цифрові інструменти з

використанням великих даних, машинного навчання та дистанційного зондування, наприклад, для оцінки енергоефективності за вуличними зображеннями чи LiDAR-даними. LiDAR-дані важливі, бо забезпечують високоточні 3D-моделі для міст і будівель для оцінки сонячного потенціалу та затінення, підвищують безпеку й ефективність енергетичної інфраструктури, дають змогу оцінювати висоту й біомасу лісу, моделювати паводки та дренаж і навіть виявляти приховані під рослинністю археологічні об'єкти. Заслуговує на увагу приклад систем британської сертифікації BREEAM, яка орієнтована на оцінку сталого будівництва, а саме, будівлі оцінюються за багатьма критеріями, а саме: енергія, вода, матеріали, управління та енергоефективність. Прикладом іншої національної методики є італійська сертифікація ClimateHouse (CasaClima) для житла з високою енергоефективністю.

Можемо підсумувати, що підхід європейських країн характеризується низкою переваг, серед яких слід виділити такі: ринок житлової нерухомості все частіше враховує клас енергоефективності як частину вартості; сертифікація створює прозорість для покупців та орендарів; мінімальні енергетичні стандарти стимулюють модернізацію; використання даних і цифрових методів дозволяє оцінювати великі обсяги будівель швидше та дешевше.

Враховуючи викладене вище, у табл. 1.4 представлено порівняння української практики із практикою ЄС.

Серед викликів ми виділимо значний перелік старих житлових будинків, збудованих до 1970-х років. Їх модернізація є складною, вартісною. Будівлі ЄС, старші за 50 років, часто мають низькі енергетичні характеристики. Нерівномірність між країнами-членами щодо стандартів, методик і класів, а також неповність даних заслуговують на увагу. У реальності поведінка мешканців, стан експлуатації та системи обліку часто не враховуються належним чином. Фінансування модернізації також є великим бар'єром.

Таким чином, в Україні існує досить розвинена нормативно-правова база, є механізми аудиту та сертифікації, але ще багато роботи щодо масштабної

модернізації житлового фонду, точності даних і фінансування реалізації заходів.

Таблиця 1.4 - Порівняння інструментів оцінки ЕЕ житла в Україні та практик ЄС

Аспект	Україна	Світ / ЄС
Нормативна база та вимоги	Закон України №2118-VIII «Про енергоефективність будівель»: мінімальні вимоги, енергосертифікація, базові процедури. Уряд затвердив Довгострокову стратегію термомодернізації будівель до 2050 р.; з 1 квітня 2025 набули чинності вимоги NZEB (наказ Мінінфраструктури №168 від 06.02.2025).	Переглянута EPBD (EU/2024/1275) набрала чинності 28 травня 2024: підвищення темпів реновації, фокус на найгірших 15-25% будівель, гармонізація EPC (Energy Performance Certificate), рух до зеровикидних будівель.
Сертифікація та класифікація	Енергосертифікація передбачена законом; класи енергоефективності зазначаються в сертифікаті; інституційно – SAEE, Фонд енергоефективності тощо.	У багатьох країнах ЄС: обов'язковий EPC при продажі чи оренді житла, шкала A-G (із узгодженням під EPBD-2024), розширені вимоги до змісту EPC.

Джерело: складено на основі [118]

Для дослідження управління ЕЕ житлових будівель через призму системного підходу використано методику, що складається з 7 етапів. На першому етапі використовуємо онтологічне моделювання [119]. Воно представлене моделлю понять і зв'язків та виступає інструментом формалізації знань, що забезпечує єдину мову опису ЕЕ, узгодження термінів, показників і процесів, а також інтеперабельність між різними інформаційними та управлінськими системами.

Запропонована методика оцінки ЕЕ спирається на базові індикатори енергоефективності:

- Питоме споживання (кінцева енергія) на опалення, гарячу воду, охолодження $EP_{\text{фінальне}}$ (кВт.год/м² · рік);
- Питоме споживання первинної енергії $EP_{\text{первинне}}$ (кВт.год/м² · рік);

– Коефіцієнт первинності, що оцінює “якість” енергопостачання, що визначається як:

$$k_{PE} = \frac{EP_{\text{первинний}}}{EP_{\text{фінальний}}}, \quad (1.1)$$

Зміст коефіцієнта первинності k_{PE} показує, скільки первинної енергії потрібно, щоб забезпечити одиницю кінцевої енергії в будівлі. Значення більше 1 означає, що помітна частка «втрат» або енергетичного навантаження знаходиться поза будівлею (генерація, мережі, тип енергоносія). Це вказує, що ЕЕ залежить не лише від оболонки, а й від джерела енергії та системи постачання. Коефіцієнт k_{PE} використовується як ключова ознака «якості» енергопостачання: за однакової FE вищий k_{PE} означає гірший результат на рівні первинних ресурсів і, як правило, більший кліматичний слід.

ЕЕ будівлі проявляється не лише в загальному обсязі споживання енергії, а й у тому, як розподіляється енергія між системами. У роботі досліджено структуру споживання, що відображає якість використання енергетичних ресурсів. Для врахування поведінкових змін споживачів у модель енергоефективності було включено змінну середньорічної ціни енергоресурсів. Таким чином, запропонована комплексна оцінка ЕЕ дозволяє обґрунтовано визначати пріоритети енергоефективних заходів і формувати ефективну стратегію управління енергоспоживанням будівель.

Таксономія онтології вибудовується у вигляді ієрархії, у якій загальні поняття деталізуються на нижчих рівнях (рис. 1.3). Наприклад, загальний клас показників ЕЕ поділяється на енергетичні, економічні та екологічні показники, а клас інженерних систем деталізується за функціональним призначенням. Мережа відношень між класами відображає реальні причинно-наслідкові зв'язки у системі: будівля складається з приміщень, приміщення обслуговуються інженерними системами, системи споживають енергію, а споживання енергії формує відповідні показники ефективності та рівень комфорту тощо. Як бачимо із рис. 1.3 пропонована модель складається з приміщень або зон, у яких функціонують інженерні системи. Кожна система

виконує певну функцію та споживає енергію, формуючи відповідні енергетичні потоки.

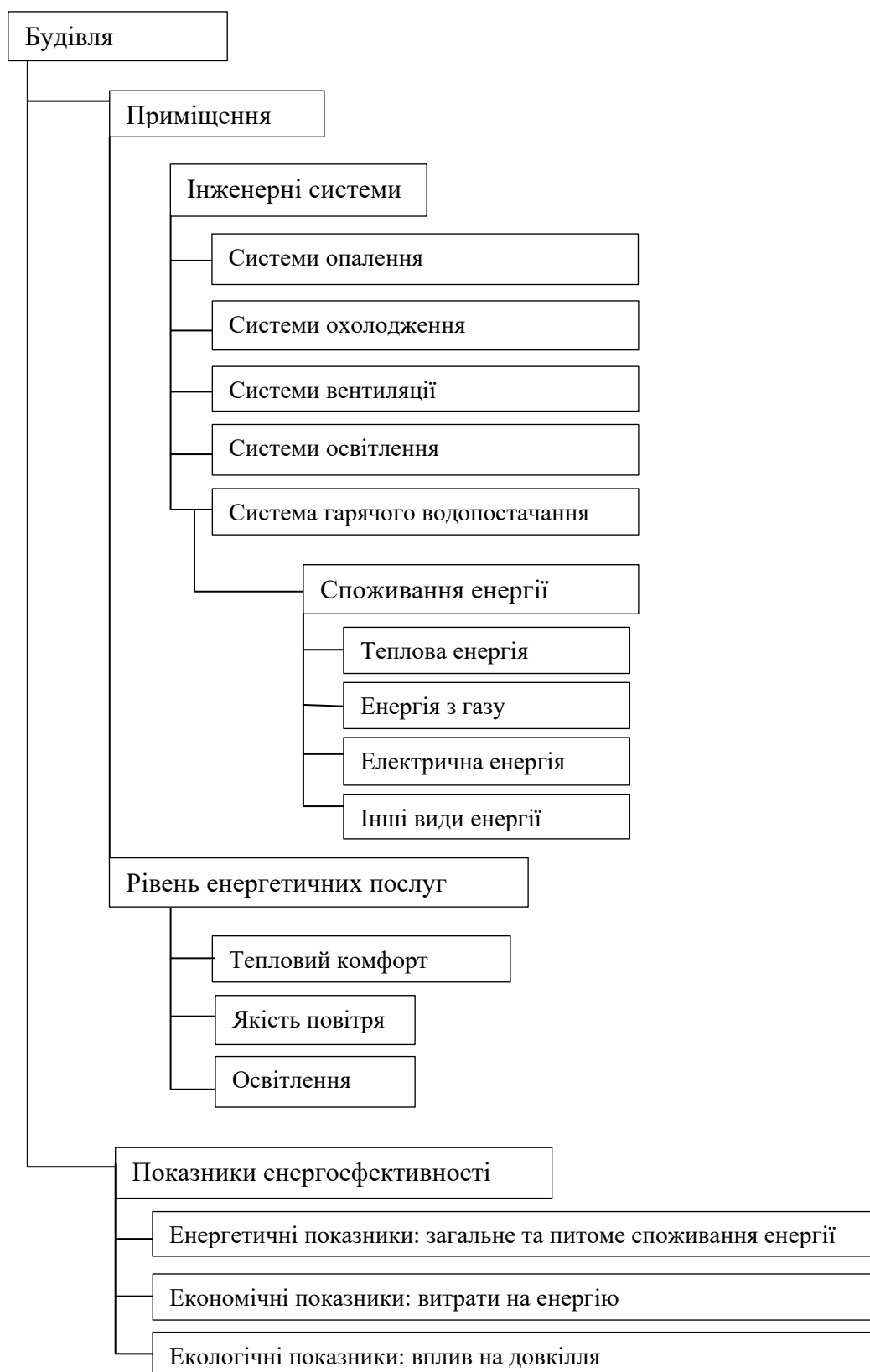


Рисунок 1.3 - Онтологічна модель дослідження енергоефективності будівель

Джерело: [119]

Результатом роботи систем є не лише витрати енергії, а й рівень енергетичних послуг, що визначає комфорт і якість середовища для користувачів. Саме поєднання обсягів споживання енергії та досягнутого рівня послуг формує показники ЕЕ, які в онтології структуровані за енергетичними, економічними та екологічними ознаками.

Результатом роботи систем є не лише витрати енергії, а й рівень енергетичних послуг, що визначає комфорт і якість середовища для користувачів. Саме поєднання обсягів споживання енергії та досягнутого рівня послуг формує показники ЕЕ, які в онтології структуровані за енергетичними, економічними та екологічними ознаками.

Результатом роботи систем є не лише витрати енергії, а й рівень енергетичних послуг, що визначає комфорт і якість середовища для користувачів. Саме поєднання обсягів споживання енергії та досягнутого рівня послуг формує показники ЕЕ, які в онтології структуровані за енергетичними, економічними та екологічними ознаками.

Таким чином, онтологія ЕЕ будівель у системному підході виступає формалізованою моделлю знань, що поєднує технічні, економічні та експлуатаційні аспекти в єдиній логічній структурі. Вона дозволяє узгоджувати дані різної природи, забезпечувати прозорість оцінювання ЕЕ та створювати підґрунтя для обґрунтованих управлінських рішень щодо модернізації будівель і підвищення їхньої стійкості.

Вихідною базою виступають дані енергетичних сертифікатів, зведені у таблицю: клас ефективності, рік введення, питоме кінцеве споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання й охолодження (кВт·год на квадратний метр на рік), питоме споживання первинної енергії (кВт·год на квадратний метр на рік), питомі викиди парникових газів (кілограм на квадратний метр на рік), середня ціна енергії (гривня за кВт·год) та опалювальна площа (квадратний метр), а також тип інженерної системи опалення.

На другому етапі з питомих показників формується річний баланс для кожного будинку, щоб перейти від «на квадратний метр» до реальних обсягів

енергії, витрат і викидів. Річне кінцеве енергоспоживання на потреби опалення, гарячого водопостачання й охолодження визначається як:

$$E_i^{final} = FE_i \cdot A_i [\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}], \quad (1.2)$$

де A_i – опалювальна площа.

Аналогічно розраховується річне первинне енергоспоживання:

$$E_i^{primary} = PE_i \cdot A_i [\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}]. \quad (1.3)$$

Для економічної інтерпретації вводиться річна вартість енергії:

$$C_i = E_i^{final} \cdot Price_i [\text{грн}/\text{рік}], \quad (1.4)$$

де $Price_i$ береться відповідно до типу енергоносія (теплопостачання, електроенергія, газ).

Для екологічної інтерпретації вводиться річний обсяг викидів:

$$G_i = GHG_i \cdot A_i [\text{кг}/\text{рік}]. \quad (1.5)$$

Саме ці три величини (енергія-вартість-викиди) створюють «системний трикутник» оцінки енергоефективності у житловій сфері: технічний результат (менше кВт·год), економічний результат (менше грн), екологічний результат (менше кг).

На третьому етапі виконується стратифікація об'єктів для порівняння «як систем». Будинки групуються:

- а) за періодом забудови
- б) за класом енергоефективності,
- в) за типом інженерної системи (теплопостачання, газові котли, електричні котли).

Далі у кожній групі обчислюються середні та медіанні значення FE , PE , k_p , GHG , а також площезважені показники, для того, щоб об великі будинки мали адекватну вагу):

$$\bar{FE}_w = \frac{\sum_i FE_i A_i}{\sum_i A_i}, \quad (1.6)$$

$$GHG_w = \frac{\sum_i GHG_i A_i}{\sum_i A_i}, \quad (1.7)$$

$$Price_w = \frac{\sum_i Price_i A_i}{\sum_i A_i}. \quad (1.8)$$

Врахування площі важливе, бо інакше невеликі об'єкти «перекривлять» картину, хоча управлінський ефект дають саме великі площі.

На четвертому етапі формується узагальнений індикатор енергоефективності, який дозволяє робити висновок не лише «хто кращий», а й «чому кращий» з урахуванням первинності, ціни та викидів. Практичний варіант – побудувати інтегральний бал на основі нормалізації трьох ключових негативних критеріїв: FE , C/A та GHG . Наприклад, для кожного критерію будується нормований показник у діапазоні від 0 до 1:

$$z_i^{FE} = \frac{FE_i - \min(FE)}{\max(FE) - \min(FE)}, \quad (1.9)$$

$$z_i^C = \frac{(C_i/A_i) - \min(C/A)}{\max(C/A) - \min(C/A)}, \quad (1.10)$$

$$z_i^G = \frac{GHG_i - \min(GHG)}{\max(GHG) - \min(GHG)}. \quad (1.11)$$

Тоді інтегральний «індекс неефективності» можна задати як:

$$I_i = w_1 z_i^{FE} + w_2 z_i^C + w_3 z_i^G, \quad (1.12)$$

а «індекс ефективності» як:

$$EE_i = 1 - I_i. \quad (1.13)$$

Ваги w_1, w_2, w_3 задаються відповідно до цілі аналізу: якщо пріоритет – енергозбереження, збільшується w_1 ; якщо соціальна чутливість до тарифів – w_2 ; якщо кліматична політика – w_3 . Системний сенс підходу в тому, що одна й та сама будівля може бути «кращою» за кінцевою енергією, але «гіршою» за первинною та викидами через енергоносії.

Визначимо вагомість факторів методом Сааті. Кроки методу Сааті (АНР) :

1. Обираємо критерії (фактори), для яких потрібні ваги (наприклад: кінцева енергія FE , вартість C , викиди GHG , первинна енергія PE або коефіцієнт первинності k_p).

2. Заповнюємо матрицю парних порівнянь $A = [a_{ij}]$ за шкалою Сааті: 1 (однаково), 3 (трохи важливіше), 5 (важливіше), 7 (значно), 9 (надзвичайно), а також 2, 4, 6, 8. Якщо критерій i важливіший за j , то $a_{ij} > 1$, а $a_{ji} = 1/a_{ij}$.

3. Рахуємо ваги w (нормований власний вектор або через геометричне середнє).

4. Перевіряємо узгодженість: CI , CR . Якщо $CR < 0.10$ – матриця узгоджена.

На п'ятому етапі здійснюється аналіз системних чинників: типу опалення, енергетичного класу, періоду забудови чи реконструкції та цінового фактора, а також аналіз їхнього впливу на індекс ефективності.

По-перше, енергоефективність коректно трактувати як поєднання трьох результатів: зниження кінцевого споживання (FE), зниження первинного навантаження (PE та k_p) і зниження викидів (GHG); тому «кращий» клас або менший FE ще не гарантує низькі PE та GHG , якщо система має високий коефіцієнт первинності.

По-друге, річна вартість C_i показує поведінковий і соціальний вимір: за однакових технічних показників будинки з дорожчим енергоносієм мають вищі рахунки, отже, саме там очікується більша мотивація до модернізації та більший ефект від управлінських рішень.

По-третє, площа A_i визначає «масштаб впливу»: однакове скорочення питомого споживання в великому будинку дає незрівнянно більший

абсолютний ефект, тому пріоритизацію заходів потрібно робити за очікуваною економією $\Delta E = \Delta FE \cdot A$ та $\Delta C = \Delta E \cdot Price$, а не лише за класом енергоефективності.

На шостому етапі здійснюємо кластерний аналіз, який дозволить виокремити групи житлових будівель, що відрізняються за ключовими параметрами енергоефективності. Обґрунтовуємо доцільність формування регіональних кластерів підприємств життєзабезпечення міста на основі інтеграції водопостачання, водовідведення, теплопостачання та інформаційно-аналітичних структур, і на основі результатів кластеризації пропонуємо стратегічні напрями розвитку [120]. У цьому дисертаційному дослідженні на цьому етапі формулюються висновки і пріоритети, які мають бути безпосередньо виведені з розрахунків енергоефективності житлових будівель. У підсумку методика дозволяє не просто описати різницю між старими й новими будинками, а системно показати, як інженерна система, первинність енергії, ціни та масштаб площі формують техніко-економіко-екологічний профіль енергоефективності, і на цій основі обґрунтувати управлінські рішення: які будинки модернізувати першими, які системи дають найбільший вигравш, і де ризики високих викидів та високих платежів є найбільш критичними.

Для формування кластерів використано метод кластеризації к–середніх за формулою:

$$J = \sum_{j=1}^K \sum_{x \in S} \|x_n - \mu_j\|^2. \quad (1.14)$$

де J – функція втрат;

K – кількість кластерів;

S_j – множина об'єктів у кластері j ;

x_n – вектор ознак об'єкта;

μ_j – центроїд кластеру j ;

$\|\cdot\|^2$ – квадрат евклідової відстані

На цьому етапі формуються стратегічні напрями підвищення енергоефективності. Науковцями [121] обґрунтовано методологічний підхід до формування стратегій розвитку підприємств, який передбачає послідовний перехід від концептуального бачення до визначення складових елементів, вибору методів моделювання, побудови логіко-структурної схеми та реалізації через систему заходів і цільових показників. З метою уникнення фрагментарності запропонована у роботі методологія забезпечує системну інтеграцію концепцій, планів і програм, створюючи основу для формування комплексних стратегій інноваційного розвитку.

У розробці та реалізації відповідних змін пріоритетне значення відводиться стратегічному плануванню, результатами якого є розроблення національних нормативних актів з енергетичної ефективності та перегляд чинних. Стратегічне планування встановлює цілі та пріоритети щодо підвищення енергетичної ефективності, зокрема житлових будівель, а також визначає способи інтеграції планів енергетичної ефективності в національні плани відновлення та розвитку. Окрім цього, удосконалення та формування нормативно-правової бази мають спрямовуватись на підтримку енергетично ефективних заходів у житловому секторі. Існуючі проблеми, які перешкоджають здійсненню заходів з енергоефективності, є міжгалузевими та не можуть бути розв'язані лише ринковими механізмами [122]. Зокрема, класичні теорії стратегічного менеджменту наголошують на необхідності поєднання довгострокового раціонального планування з тактичною гнучкістю та адаптивністю, що є критично важливим для мінливого й невизначеного повоєнного зовнішнього середовища. Ресурсний підхід доводить, що стратегія має бути сфокусована на розбудові нематеріальних компетенцій – інституційної спроможності громад та соціального капіталу в ОСББ (рис.1.4).

В підсумку маємо, що більш сучасні методологічні підходи до стратегічного управління енергоефективністю в житловому секторі логічно доповнюють один одного і мають застосовуватися як єдина управлінська система, оскільки раціонально планувальний підхід забезпечує

структурованість цілей, інструментів і ресурсів та задає вимірювані орієнтири для держави і громад, адаптивний підхід додає необхідну гнучкість і здатність швидко коригувати програми в умовах високої невизначеності повоєнного відновлення, а підхід мережевого врядування робить можливими координацію і відповідальність між усіма ключовими суб'єктами, без яких у житловому секторі неможливо масштабувати термомодернізацію, забезпечити якість і довіру, а також отримати стійкий енергетичний і соціальний ефект.

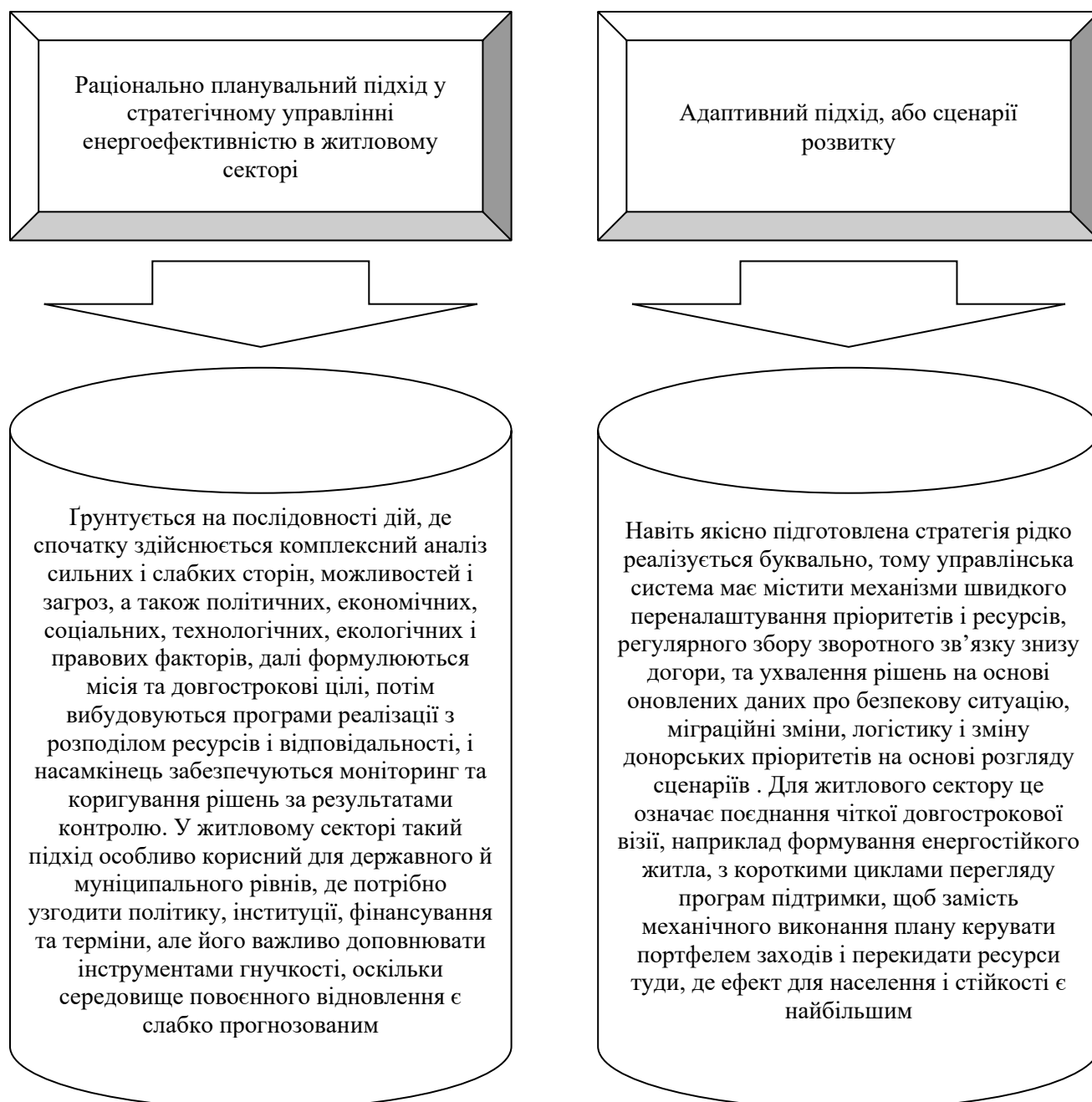


Рисунок 1.4 - Методологічні підходи до стратегічного управління енергоефективністю в житловому секторі

Джерело: Сформовано автором

Стратегічне управління енергоефективністю передбачає не лише досягнення поточних показників економії енергії, а й формування довгострокової траєкторії розвитку енергетичної системи через сценарне планування. У цьому контексті сценарії виступають інструментом оцінки альтернативних шляхів модернізації: інерційний сценарій зберігає існуючу модель споживання ресурсів; сценарій часткової модернізації передбачає впровадження окремих технологічних рішень; інноваційний або трансформаційний сценарій інтегрує відновлювані джерела енергії, вторинні ресурси (зокрема тепло стічних вод), цифровий моніторинг і управлінську координацію. Такий підхід дозволяє оцінити ризики, інвестиційні потреби, вплив на викиди CO₂ та рівень енергетичної безпеки. Отже, стратегічне управління енергоефективністю базується на виборі оптимального сценарію розвитку, що поєднує технічні, економічні та екологічні критерії й забезпечує ресурсозбереження та сталий розвиток житлової інфраструктури.

Таким чином, в сучасних умовах енергетичного переходу, зростання вартості енергоресурсів, кліматичних зобов'язань та соціально-економічних викликів, енергоефективність житлових будівель набуває стратегічного значення для забезпечення енергетичної безпеки, зниження енергетичної бідності та досягнення цілей сталого розвитку. Водночас практика реалізації програм термомодернізації свідчить, що технічні рішення самі по собі не гарантують досягнення очікуваного ефекту, а фактичні результати значною мірою залежать від якості управління та рівня залучення зацікавлених сторін. Саме тому управління енергоефективністю житлових будівель доцільно розглядати не як суто інженерну або фінансову задачу, а як соціально-управлінський процес, у якому беруть участь численні стейкхолдери з різним рівнем впливу, інтересів і відповідальності. За таких умов ефективним аналітичним інструментом виступає сценарний підхід, що дозволяє моделювати різні рівні взаємодії між зацікавленими сторонами – від мінімального інформування до повноцінного партнерства – і оцінювати їхній вплив на економічні, енергетичні та соціальні результати 78проектів.

Розгляд рівнів системи управління енергоефективністю житлових будівель дозволить виокремити стейкхолдерів, які впливають на прийняття й виконання рішень у сфері енергоефективності, а також визначити стратегії взаємодії, які необхідно застосовувати для досягнення завдань управління (таб. 1.5).

Таблиця 1.5 – Ролі, функції та точки координації у стратегічному управлінні енергоефективністю житлового сектору в логіці багаторівневого врядування

Управлінська ланка у житловому секторі	Ключові функції та інструменти стратегічного управління енергоефективністю	Типові обмеження, ризики та управлінські акценти для повоєнного відновлення
1	2	3
Державний менеджмент на макрорівні, роль архітектора системи	Формує правила гри через законодавчу та регуляторну рамку, встановлює обов'язкові стандарти для будівництва і реконструкції, розвиває систему енергетичної сертифікації як інструмент прозорості на ринку, визначає національні цілі та пріоритети через стратегії й плани дій, створює спеціалізовані інституції посередники, зокрема оператора грантових програм, фінансує розбудову спроможності через навчання та сертифікацію фахівців	Найвразливіше місце – це стабільність і послідовність політики, оскільки часті зміни пріоритетів, слабка міжвідомча координація і непередбачуваність програм підривають довіру та інвестиційну готовність. В умовах війни особливо важливо узгодити довгострокову модернізацію з терміновими потребами відбудови, щоб відновлення не відтворювало старі енерговитратні практики та одразу закладало енергоефективні вимоги у 79роектів рішення, бюджетування і контроль якості
Муніципальний менеджмент на мезорівні, роль фасилітатора і хабу імплементації	Перекладає національні цілі на мову місцевих потреб через інтеграцію енергоефективних пріоритетів у стратегії розвитку громади, організовує координацію між національними програмами, донорами, банками, підрядниками і великою кількістю об'єднань співвласників багатоквартирного будинку, забезпечує супровід заявок і документів, проводить консультації та навчання	Основний ризик це дефіцит інституційної спроможності у громадах, зокрема нестача підготовлених енергоменеджерів і перевантаженість органів місцевого самоврядування завданнями реагування на наслідки війни

Продовження 80табл. 1.5

1	2	3
	розвиває моделі державно приватного партнерства для великих інфраструктурних і квартальних реновацій, залучає банки через спеціалізовані кредитні продукти, а також підвищує якість управління житловим фондом через професійних управителів і сервісні компанії	ресурсів, але потребує передбачуваних правил, гарантій прозорості та зрозумілих стандартів результату
Приватний сектор і корпоративний менеджмент, роль виконавця, інвестора та інноватора	Реалізує 80проекти як ринковий гравець, що виконує енергоаудит, 80проектів80нсу, постачання матеріалів і робіт, а також пропонує моделі фінансування. Використовує механізми енергосервісних компаній, де інвестиція повертається за рахунок досягнутої економії,	Найскладніші питання у житловому секторі – це довгострокові контракти і ризики неплатежів, що ускладнюють масштабування енергосервісних моделей саме в багатоквартирних будинках. У повоєнний період приватний сектор є критично важливим через брак бюджетних
Управління на рівні об'єднань співвласників багатоквартирного будинку, 80проектів80нс реалізації і колективного рішення	Є кінцевим замовником і бенефіціаром модернізації, ухвалює рішення про участь у програмах, організовує 80проектів80 менеджмент, взаємодію з підрядниками і фінансовими установами, забезпечує внутрішню комунікацію з мешканцями, проводить збори і формує легітимні рішення, відповідає за прозору звітність і контроль виконання робіт	Головний бар'єр – це проблема колективної дії, коли багатьом людям з різними інтересами важко дійти згоди щодо складного і дорогого 80проекті. У воєнних умовах це посилюється міграцією мешканців, падінням платоспроможності та скороченням горизонту планування. Тому для повоєнного відновлення ключовими стають лідерство правління, соціальний капітал і довіра, а також термінове підсилення компетенції
Міжрівнева синергія, координаційний контур системи, де формується результат	Забезпечує узгоджені управлінські зв'язки між правилами і фінансами на національному рівні, організацією і даними на місцевому рівні, 80проектів80 реалізацією приватним сектором та колективним рішенням у будинку	Висновок полягає в тому, що провали у сфері енергоефективності найчастіше є наслідком координації, а не браку технологій. У повоєнному відновленні це означає, що поряд із коштами потрібні управлінська спроможність, стабільні правила, чіткий розподіл відповідальності

Джерело: сформовано автором

На нижньому рівні системи управління ключову роль відіграють власники квартир і мешканці, для яких характерний високий інтерес до результатів енергомодернізації, але відносно низький індивідуальний вплив на ухвалення рішень.

Коллективно, через загальні збори або участь в ОСББ, їхній вплив зростає, однак без належної інформаційної підтримки він залишається фрагментарним. Для цієї групи доцільним є сценарій інформування та стимулювання, що реалізується через роз'яснення платіжок і економічних ефектів, калькулятори енергоощадності, інформаційні кампанії, мобільні додатки моніторингу споживання та прості гіді щодо впливу утеплення, ІТП чи балансування. Основна мета такого сценарію полягає у формуванні усвідомленої енергетичної поведінки та підтримці колективних рішень, необхідних для подальших інвестицій.

Коллективно, через загальні збори або участь в ОСББ, їхній вплив зростає, однак без належної інформаційної підтримки він залишається фрагментарним. Для цієї групи доцільним є сценарій інформування та стимулювання, що реалізується через роз'яснення платіжок і економічних ефектів, калькулятори енергоощадності, інформаційні кампанії, мобільні додатки моніторингу споживання та прості гіді щодо впливу утеплення, ІТП чи балансування. Основна мета такого сценарію полягає у формуванні усвідомленої енергетичної поведінки та підтримці колективних рішень, необхідних для подальших інвестицій.

Наступним рівнем є ОСББ та управителі будинків, які поєднують високий інтерес і високий вплив, оскільки саме вони ініціюють 81роєкти, організують фінансування та відповідають за їхню експлуатацію. Для цієї групи характерний сценарій консультування та участі, що передбачає залучення до енергоаудитів із колективним обговоренням, створення робочих груп з модернізації, використання програм 81роєктів81нсування, навчання керівників ОСББ та впровадження цифрових панелей КРІ. Метою є перехід від пасивного

обслуговування будинку до активного енергоменеджменту, орієнтованого на довгострокову ефективність.

На вищому рівні управління знаходяться муніципалітети та органи місцевої влади, які мають високий вплив і середньо-високий інтерес, оскільки відповідають за розвиток житлового фонду загалом. Для них доцільним є сценарій участі та партнерства, що реалізується через місцеві програми енергоефективності, муніципальні фонди підтримки, системи енергомоніторингу житлового фонду, стандарти енергореновації та стратегічні дорожні карти міста. У цьому випадку ключовою метою є масштабування рішень, системне зниження енергетичної бідності та інтеграція енергоефективності в політику сталого розвитку громади.

Ще вищий рівень взаємодії представлений державними органами, зокрема міністерствами та агентствами, які характеризуються дуже високим впливом за середнього рівня інтересу. Їхня участь реалізується у форматі партнерства через формування законодавчої бази, зокрема сертифікацію, енергетичні стандарти, державні програми підтримки, податкові стимули, інтеграцію з кліматичною політикою та створення національних реєстрів енергоспоживання. Метою такого сценарію є створення інституційного середовища, у якому енергоефективність стає нормою, а не винятком.

Окрему групу становлять енергосервісні компанії (ESCO) та аудитори, для яких характерні високий інтерес і помірний вплив. Їхнє залучення відбувається у сценарії участі та партнерства через енергосервісні контракти, механізми оплати за результат, цифрові системи обліку та гарантії досягнення економії. Такий підхід дозволяє перетворити енергоефективність на ринковий продукт, зменшуючи фінансові ризики для співвласників будинків.

Важливу роль у сценаріях відіграють також фінансові інституції, зокрема банки, фонди, донори, які мають високий вплив на середній інтерес. Для них характерний сценарій консультування та партнерства, що включає «зелені» кредити, гарантійні фонди, механізми змішаного фінансування та застосування ESG-критеріїв [123]. Їхня участь спрямована на зниження інвестиційних

бар'єрів і підвищення доступності капіталу для житлової модернізації. Постачальники технологій залучаються переважно у форматі консультування, через демонстраційні 83роєкти, технічні консультації та стандартизацію рішень. Їхня роль полягає у підвищенні якості впровадження та довіри до технологічних рішень, що впливає на досягнення результатів.

Таким чином, восьмим етапом оцінки методики енергоефективності житлових будівель є формування сценаріїв залучення зацікавлених сторін, що дозволяють формалізувати управлінську складову енергоефективності та кількісно пов'язати рівень взаємодії стейкхолдерів з економічними й сталими результатами 83роєктів. Енергоефективність визначається не лише технологіями, а передусім архітектурою управління та партнерства. Управління здійснюється через різні сценарії взаємодії, що відрізняються глибиною залучення зацікавлених сторін, рівнем відповідальності та формою участі в ухваленні рішень. Кожен сценарій є інструментом управління, який доцільно застосовувати до певних груп стейкхолдерів залежно від їхнього впливу та інтересу. У таб. 1.6 представлено сценарії залучення стейкхолдерів із відповідними стратегіями взаємодії.

Таблиця 1.6 – Узагальнююча таблиця сценаріїв залучення стейкхолдерів

Сценарій залучення	Ключові зацікавлені сторони	Характер взаємодії	Основні інструменти	Роль стейкхолдерів	Управлінська мета
1	2	3	4	5	6
Інформування та стимулювання	Власники квартир, мешканці	Одностороння та адресна комунікація	Роз'яснення платіжок, інформаційні кампанії, калькулятори енергоспоживання, мобільні сервіси моніторингу, прості гіді щодо заходів	Пасивні отримувачі інформації, формування ставлення	Формування усвідомленої енергетичної поведінки та підтримки колективних рішень
Консультування та участь	Об'єднання співвласників, управителі будинків	Двостороння взаємодія з можливістю впливу	Енергоаудити з обговоренням, робочі групи, навчання керівників, консультаційні центри, співфінансування	Активні учасники планування та реалізації	Перехід від обслуговування до активного енергетичного управління будинком

Продовження табл. 1.6

1	2	3	4	5	6
Участь та партнерство	Органи місцевого самоврядування, об'єднання співвласників	Спільне планування та реалізація	Місцеві програми енергоефективності, муніципальні фонди, стандарти модернізації, енергомоніторинг житлового фонду	Співвідповідальні за досягнення результатів	Масштабування рішень і системне зниження енергетичної бідності
Партнерство	Державні органи, місцева влада	Інституційна взаємодія на стратегічному рівні	Законодавство, державні програми підтримки, податкові стимули, національні реєстри енергоспоживання	Формування правил і умов ринку	Створення стабільного інституційного середовища енергоефективності
Участь та партнерство через енергосервісні договори	Енергосервісні компанії, об'єднання співвласників, місцева влада	Договірна взаємодія з розподілом ризиків	Енергосервісні договори, оплата за досягнутий результат, гарантії економії, системи обліку	Інвестори та виконавці з відповідальністю за результат	Перетворення енергоефективності на ринковий механізм
Консультація та партнерство	Банки, фонди, донорські організації	Фінансово-експертна взаємодія	Пільгові кредити, гарантійні механізми, змішане фінансування, критерії сталого розвитку	Постачальники фінансових ресурсів і зниження ризиків	Підвищення доступності інвестицій для модернізації
Консультація	Постачальники технологій, проектні організації	Технічна експертна підтримка	Демонстраційні проекти, технічні консультації, стандартизація рішень	Постачальники знань і технологій	Підвищення якості впровадження та довіри до технологій

Джерело [124]

У табл. 1.6 представлено ієрархію управління енергоефективністю, сформовано на основі об'єднання сценаріїв: від інформування мешканців до активної участі об'єднань співвласників та до партнерства з органами влади, фінансовими інституціями та енергосервісними компаніями. Перехід між сценаріями означає зростання відповідальності, координації та довгострокового ефекту.

Таким чином, використовуючи методику сценарного планування, зроблено висновок, що енергоефективність житлових будівель реалізується через послідовну систему сценаріїв залучення зацікавлених сторін, кожен з яких

виконує окрему управлінську функцію. Поєднання цих сценаріїв дозволяє перетворити енергоефективність із разових технічних заходів на стійку соціально-економічну систему розвитку житлового фонду.

На дев'ятому етапі методики енергоефективності досліджуємо ефективність інвестиційних ресурсів для реалізації заходів з енергетичної модернізації, враховуючи потенційні джерела фінансування, як основні, так і додаткові:

$$CAPEX_{net} = CAPEX \cdot (1 - g), \quad (1.15)$$

$CAPEX$ - капітальні вкладення в енергомодернізацію; g - додаткові фінансові інструменти, що зменшують фінансове навантаження.

Для розрахунку грошових потоків та їх дисконтування використано такі формули:

1. Розрахунок грошових потоків:

- чистий річний потік:

$$CF_t = Saving_t - OPEX_t, \quad (1.16)$$

- чиста теперішня вартість (NPV):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (1.17)$$

Для сталого CF застосовано фактор ануїтету:

- фактор поточної вартості ануїтету:

$$PVAF(r, n) = \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r}, \quad (1.18)$$

$$PV = CF \cdot PVAF(r, n), \quad (1.19)$$

$$NPV = CF \cdot PVAF(r, n) - I_0, \quad (1.20)$$

- індекс прибутковості (PI):

$$PI = \frac{PV}{I_0} = \frac{CF \cdot PVAF(r, n)}{I_0}, \quad (1.21)$$

- дисконтований строк окупності : мінімальний t , коли:

$$\sum_{k=1}^t \frac{CF}{(1+r)^k} \geq I_0. \quad (1.22)$$

Таким чином, представлені етапи методики дослідження енергоефективності житлових будівель дозволяють послідовно і системно визначити та дослідити фактори, що визначають стан енергоефективності житлових будівель та на підставі отриманих результатів сформувані стратегічні орієнтири та політичні рішення щодо його покращення відповідно до сучасних вимог, міжнародного досвіду та кращих практик.

Висновки до першого розділу

У першому розділі дисертаційної роботи досліджується проблема енергоефективності житлових будинків у контексті зростання вимог до сталого розвитку. Обґрунтовано, що енергоефективність є багатовимірним явищем, яке виходить за межі суто технічного скорочення енергоспоживання та охоплює технічні, економічні, організаційні, поведінкові й екологічні аспекти функціонування будівель.

Узагальнено, що теоретичний базис визначення сутності «управління енергетичною ефективністю» формується через поєднання трьох взаємопов'язаних понять, де управління задає логіку безперервного цілеспрямованого впливу, тобто хто і як приймає рішення, координує дії, розподіляє ресурси та контролює результат на різних рівнях; ефективність визначає критерій раціональності цього впливу через співвідношення досягнутого результату та витрат, враховуючи якість і сталість отриманого ефекту; енергетична ефективність конкретизує, який саме результат має бути забезпечений, тобто досягнення потрібного рівня послуг і комфорту за меншого споживання енергії та з меншими ризиками для економічної і безпекової стійкості.

Доведено доцільність системного підходу, що дозволяє розглядати житловий будинок як цілісний об'єкт із взаємопов'язаними елементами та подолати фрагментарність наявних управлінських рішень.

Узагальнено сучасні концепції житлового будівництва, які відіграють ключову роль у формуванні підходів до управління енергоефективністю.

Актуальні тенденції передбачають відхід від жорстко регламентованих моделей до більш гнучких рішень, що враховують потреби ринку, технологічний розвиток і вимоги сталого розвитку. Важливими складовими таких підходів є цифровізація процесів управління будівлями, впровадження інтелектуальних систем контролю споживання енергії, а також ширше використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії для забезпечення житлового фонду. Сукупність цих напрямів формує сучасну основу підвищення енергоефективності житлових будівель.

Запропоновано методику оцінювання енергоефективності на основі онтологічного моделювання, що забезпечує формалізацію знань, аналіз фактичного та первинного енергоспоживання, а також комплексну інтерпретацію результатів. Методика створює аналітичну основу для енергетичного аудиту та обґрунтування пріоритетів енергоефективних заходів у житловому фонді. Удосконалена методика побудована для вирішення таких завдань: здійснення порівняльної оцінки енергоефективності різних типів будинків, пояснення причин відмінностей через інженерні системи та структуру енергопостачання, формування практичних висновків для управління та інвестицій, врахування результатів оцінки для стратегічного планування розвитку житлового фонду, зокрема в умовах повоєнного відновлення.

Набула подальшого розвитку методика оцінки ефективності прийняття рішень щодо реалізації заходів з енергоефективності, яка пропонує комплексний підхід до визначення критерію вибору найкращого рішення з урахуванням вартості залучених коштів та отриманого від цього доходу.

Розглянуто стратегічні аспекти управління енергоефективністю житлових будівель. Обґрунтовано доцільність сценарного підходу до визначення пріоритетних напрямів розвитку. Застосовано методику аналізу стейкхолдерів для дослідження рівнів управління енергоефективністю в житловому секторі на усіх рівнях залучення стейкхолдерів.

Запропонована методика розрахунку інтегрального показника енергоефективності житлових будівель на основі використання даних

первинного та кінцевого енергоспоживання, вартості енергії, площі опалення, враховує не тільки технологічні параметри, але і ринкові та соціально-економічні та дозволяє отримати комплексну оцінку енергоефективності житлових будівель, що є визначальною для формування муніципальних та регіональних програм розвитку. Дану методику доповнено методом стратегічного аналізу QUEST, який дозволяє узагальнити отримані результати аналізу та сформулювати положення політики енергоефективності як на рівні окремих ОСББ, так і на рівні громади та регіону.

Основні наукові результати опубліковані в працях: [108; 118; 119; 122; 124]

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА УПРАВЛІНСЬКИХ ПРАКТИК ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОЛІТИК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ

2.1. Сучасний стан житлового фонду України в контексті енергоспоживання

Сучасний стан житлового фонду України є складною, багатовекторною проблемою, яка вийшла за межі суто технічної або економічної площини, перетворившись на фундаментальний виклик національній безпеці. Для цілей дисертаційного дослідження, яке фокусується на управлінських аспектах підвищення енергоефективності, житловий фонд слід розглядати не як статичну сукупність об'єктів нерухомості, а як динамічну соціотехнічну систему, що перебуває в стані глибокої структурної кризи. Ця криза обумовлена кумулятивним ефектом трьох ключових груп факторів: історично сформованою технологічною відсталістю, інституційною недосконалістю системи управління та впливом повномасштабної військової агресії.

Історично сформована технологічна відсталість житлового фонду проявляється не лише у високому фізичному зносі будівель і мереж, а й у тому, що значна частина житла проектувалася та зводилася за нормами, які не передбачали сучасних вимог до теплозахисту, вентиляції, керованості споживання і точного обліку. У результаті будинки мають системні тепловтрати через огороджувальні конструкції, застарілі інженерні рішення та низьку герметичність, а технічні заходи, виконані фрагментарно, найчастіше не дають стійкого ефекту. В умовах дефіциту ресурсів така технологічна спадщина підсилює залежність від імпортованих енергоносіїв, збільшує навантаження на енергетичну інфраструктуру та посилює енергетичну бідність, тобто ситуацію, коли домогосподарства змушені обмежувати споживання тепла і електроенергії, погіршуючи якість життя.

Інституційна недосконалість системи управління житловим фондом поглиблює проблему, тому що навіть за наявності технологічних рішень і фінансових програм результат часто нівелюється слабкою координацією, невизначеною відповідальністю та дефіцитом управлінських компетенцій на рівні громад і об'єднань співвласників багатоквартирного будинку. Фрагментація власності у багатоквартирних будинках формує проблему колективної дії, коли раціональне з точки зору суспільства рішення є складним для ухвалення групою співвласників, а надмірна процедурна складність, недовіра до підрядників і фінансування, а також брак якісних даних про стан будівель підвищують транзакційні витрати і знижують мотивацію. У підсумку програми підтримки ризикують перетворюватися на «клаптикові» ремонти без підтверженої економії, а системна модернізація не масштабується саме через управлінську недосконалість, а не через відсутність технологій. Базою для формування управлінських стратегій є розуміння об'єкта управління. Станом на початок 2022 року, за даними Державної служби статистики України, загальна площа житлового фонду становила близько 892,1 млн. м², введено в дію 11,434 млн. м² [125] (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Обсяг житлового фонду України (2010-2024), млн м² загальної площі

Рік	Наявний житловий фонд, млн м ² (загальна площа)	Введено в дію, млн м ²
2010	1 079,5	9,39
2011	1 080,0	9,41
2012	1 094,2	10,75
2013	1 096,6	11,22
2014	966,1	9,74
2015	973,8	11,04
2016	977,9	9,37
2017	984,8	1,21
2018	993,4	8,69
2019	1 011,4	11,0,
2020	1 014,8	8,45
2021	1077,0	11,34
2022	-	7,11
2023	-	7,81
024	-	9,76

Примітки: після 2021 року на сайті Держстату з житловим фондом немає продовження, тому для 2022-2024 там стоятиме «-»; різкий спад у 2014 році в офіційній статистиці пов'язаний із зміною охоплення територій.

Однак ці кількісні показники приховують критичні якісні диспропорції, які унеможлиблюють застосування стандартних європейських підходів до енергоменеджменту без їх суттєвої адаптації. Аналіз вікової структури житлового фонду дозволяє стверджувати, що Україна експлуатує інфраструктуру, спроектовану в парадигмі «енергетичного комунізму» - епохи, коли вартість енергоресурсів ігнорувалася на користь швидкості будівництва та мінімізації капітальних витрат (табл.2.2).

Таблиця 2.2 - Аналіз змін в житловому фонді України до і після проголошення незалежності

Період забудови	Частка, % (орієнтовно)	Типові конструктивні рішення	R стін, м ² ·К/Вт	Відхилення від ДБН (3,3), %
До 1960 р.	~18%	Цегляні стіни (510–640 мм), дерев'яні перекриття	0,9-1,1	66,7-72,7
1960-1975 рр.	~25%	Панельні «хрущовки», силікатна цегла, керамзитобетон	0,6-0,8	75,8-81,8
1976-1990 рр.	~32%	Панельні «брежньєвки», серії 96, 134, БПС, КТ	0,8-1,0	69,7-75,8
1991-2010 рр.	~15%	Цегла, початок монолітно-каркасного будівництва	1,2-2,0	39,4-63,6
Після 2010 р.	~10%	Сучасні технології (утеплення мінватою/пінополістиролом)	2,5-3,3+	0-24,2

Джерело: Сформовано автором на основі аналізу даних [126-129]

Нижче подано узагальнений аналітичний опис структури житлового фонду України за періодами забудови з оцінкою термічного опору огорожувальних конструкцій та визначенням ступеня їх відповідності чинним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» (для I температурної зони нормативний опір теплопередачі зовнішніх стін становить 3,3 м²·К/Вт). Аналіз виконано на основі узагальнених даних щодо вікової структури житлового фонду (зокрема твердження, що близько 80-85% житла збудовано до 1990 року), типології конструктивних рішень багатоквартирних будинків різних періодів та розрахункового визначення коефіцієнта термічного опору. Відхилення від нормативу визначалося за формулою:

$$\Delta = (1 - R_{\text{фактб 3.3}}) \times 100\%. \quad (2.1)$$

Структурний аналіз показує, що домінуючу частину житлового фонду формують будівлі радянського періоду, зведені у 1960-1990 роках. Для будинків, побудованих до 1960 року, характерні масивні цегляні стіни товщиною 510-640 мм із дерев'яними або змішаними перекриттями. Незважаючи на значну товщину стін, відсутність сучасних теплоізоляційних матеріалів зумовлює низький рівень термічного опору (0,9-1,1 м²·К/Вт), що означає відставання від сучасних норм на понад дві третини.

Будинки періоду 1960-1975 років (панельні «хрущовки», силікатна цегла, керамзитобетон) демонструють найгірші показники термічного опору (0,6-0,8 м²·К/Вт), а відхилення від нормативних вимог сягає 75-82%. Це створює найбільший потенціал для термомодернізації.

У 1976-1990 роках зводилися індустріальні панельні серії («брежнєвки», серії 96, 134, БПС, КТ), для яких типовий опір стін становить 0,8-1,0 м²·К/Вт. Відхилення від сучасних вимог залишається високим – 70-76%, що свідчить про системний характер проблеми енергозбитків.

Період 1991-2010 років характеризується поступовим переходом до цегляного та монолітно-каркасного будівництва з частковим застосуванням утеплювачів. Термічний опір у цей період підвищується до 1,2-2,0 м²·К/Вт, проте навіть у найкращих випадках дефіцит щодо нормативу становить близько 40%.

Будівництво після 2010 року відзначається впровадженням сучасних технологій утеплення (мінеральна вата, пінополістирол, багатошарові фасадні системи), що дозволяє досягати опору 2,5-3,3 м²·К/Вт і більше. Відхилення від нормативу коливається від 0 до 25%, а в окремих випадках вимоги ДБН виконуються повністю.

Таким чином, аналіз підтверджує, що основний резерв підвищення енергоефективності зосереджений у фонді 1960-1990 років, який структурно переважає та має найбільше відхилення від сучасних теплотехнічних стандартів.

Загальні збитки житлового сектору України оцінюються у 61,1 млрд дол. США. Житло є одним із найбільш постраждалих секторів: пошкоджено або знищено близько 14% загального житлового фонду, що вплинуло більш ніж на 3 млн домогосподарств. Порівняно з попередньою оцінкою (RDNA4), вартість збитків зросла на 6%, а кількість постраждалих об'єктів – на 13%. Основна концентрація руйнувань припадає на Донецьку, Харківську, Луганську області та м. Київ, що разом формує 73% загальних втрат. Близько 85% пошкоджених одиниць становлять багатоквартирні будинки, на які припадає 79% вартості збитків. Додаткові втрати оцінюються у 25 млрд дол., з яких 17 млрд пов'язані з втратою орендних доходів, а 6 млрд – з видаленням завалів. Потреби у відновленні житлового сектору становлять 89,8 млрд дол. США та передбачають не лише фізичну реконструкцію, а й модернізацію відповідно до вимог ЄС, впровадження стандартів енергоефективності, кліматичної стійкості, інклюзивності та доступності.

Масштаб руйнувань житлового фонду свідчить про те, що післявоєнна відбудова не може обмежуватися лише відновленням будівель у довоєнному стані. Оскільки 14% житлового фонду пошкоджено або знищено, а багатоквартирні будинки становлять переважну частку втрат, процес реконструкції створює унікальне «вікно можливостей» для системного впровадження принципів енергоефективності на національному рівні. Інтеграція стандартів NZEB, модернізація теплової оболонки будівель, зменшення енергоспоживання та приведення конструктивних рішень у відповідність до європейських норм дозволяють одночасно вирішувати завдання відновлення, скорочення енергозалежності та підвищення стійкості енергосистеми.

Навіть в умовах масштабних руйнувань управління енергоефективністю є економічно доцільним, оскільки значна частина потреб у відновленні вже передбачає інвестиції у реконструкцію (89,8 млрд дол.). Спрямування цих ресурсів на модернізацію за сучасними стандартами зменшує майбутні експлуатаційні витрати, скорочує споживання імпортованих енергоресурсів і

підвищує соціальну стійкість громад, зокрема для внутрішньо переміщених осіб. Таким чином, управління енергоефективністю виступає не додатковим навантаженням, а стратегічним інструментом відбудови, що забезпечує довгостроковий ефект для всієї країни.

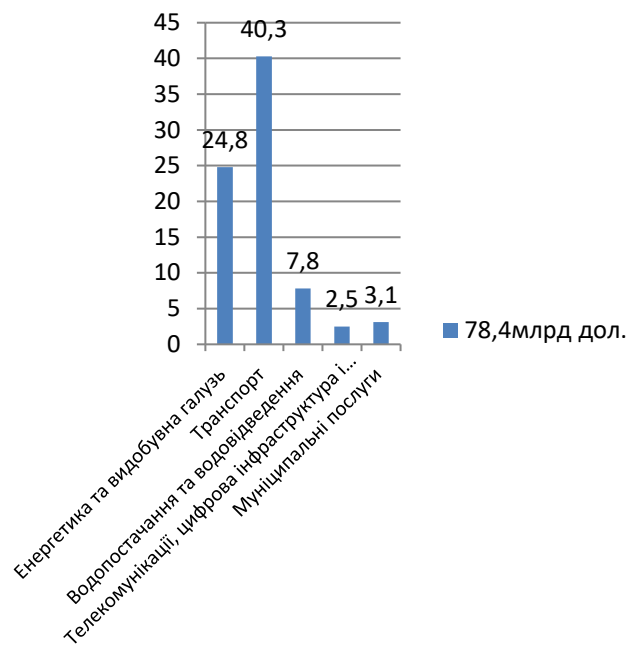
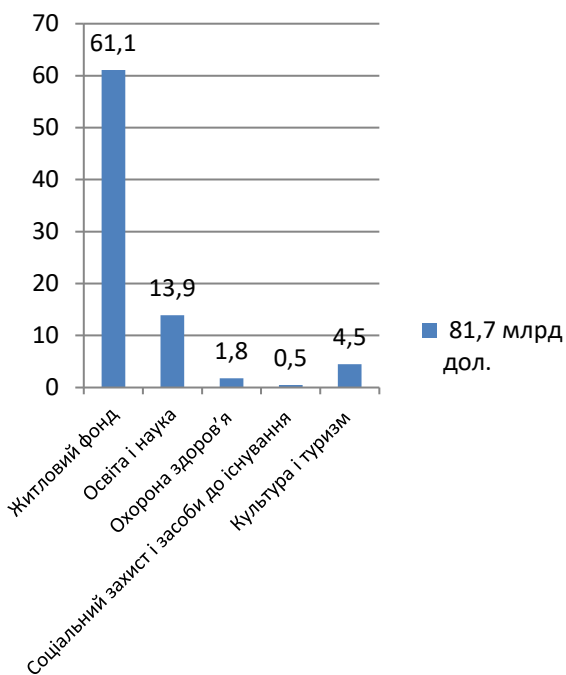
Згідно зі звітом RDNA5, підготовленим урядом України, Групою Світового банку та Європейською Комісією, прямі збитки житловому сектору станом на 2025 рік оцінюються у розмірі 195,1 млрд дол. США за секторами економіки (рис. 2.1). Найбільшу частку втрат становить соціальний сектор – 81,7 млрд дол., що еквівалентно приблизно 42% загального обсягу збитків. Ключовим елементом у цій категорії є житловий фонд (61,1 млрд дол.), що свідчить про критичний масштаб руйнувань житла та безпосередній вплив на умови проживання населення.

Інфраструктурний сектор займає друге місце за обсягом втрат – 78,4 млрд дол. (близько 40%). Найбільші збитки тут припадають на транспортну інфраструктуру (40,3 млрд дол.) та енергетику (24,8 млрд дол.), що створює суттєві ризики для функціонування економіки й енергетичної безпеки держави.

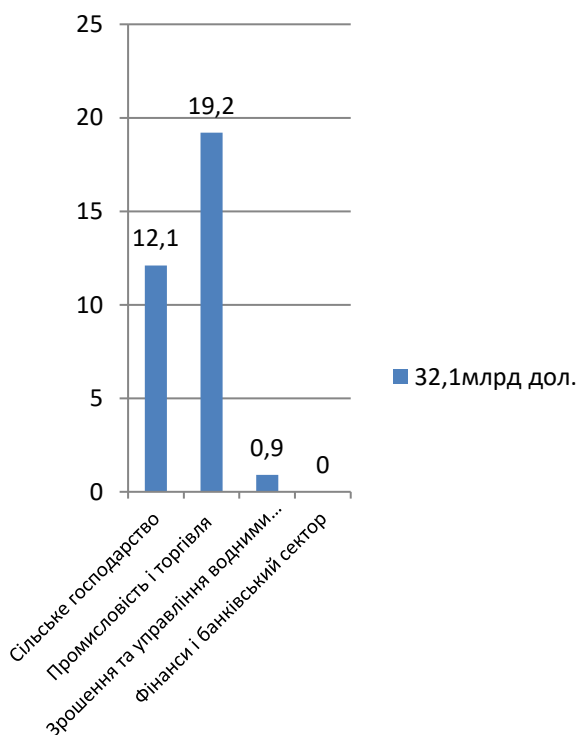
Продуктивний сектор зазнав втрат у розмірі 32,1 млрд дол. (приблизно 16%), з яких найбільша частка припадає на промисловість і торгівлю (19,2 млрд дол.) та сільське господарство (12,1 млрд дол.), що безпосередньо впливає на економічну активність і експортний потенціал країни.

Найменшу частку становлять сектори перехресного впливу – 2,9 млрд дол. (менше 2%), що включають управління вибухонебезпечними предметами, юстицію, цивільний захист та довілля.

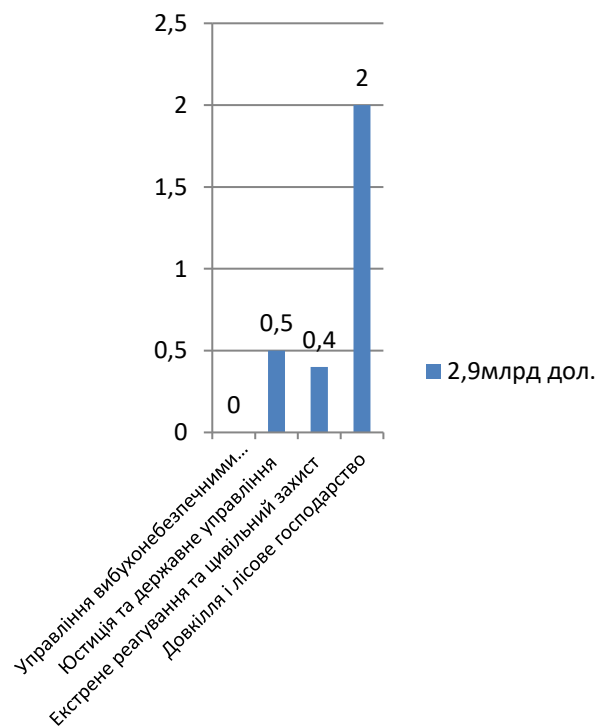
Загальна структура збитків свідчить про домінування руйнувань житлового фонду та критичної інфраструктури, що обґрунтовує необхідність комплексного підходу до відбудови із пріоритетом енергоефективності та стійкості (рис. 2.1).



а) Соціальний сектор



б) Інфраструктурний сектор



с) Продуктивний сектор

д) Сектор перехресного впливу

Рисунок 2.1 – Загальні руйнування в Україні протягом 2022-2025 років

Джерело: [130]

Аналіз даних про обсяги і структуру руйнувань дозволяє структурувати пошкодження за ступенем впливу на енергоефективність та придатність до проживання:

- тотальне знищення: близько 10-15% від загальної кількості пошкоджених об'єктів. Це переважно багатоповерхова забудова у містах на лінії зіткнення (Маріуполь, Бахмут, Сєверодонецьк) та приватний сектор у зонах активних бойових дій. Управлінський виклик тут полягає в утилізації відходів руйнації та плануванні нових енергоефективних кварталів.

- конструктивні пошкодження середнього ступеня: пошкодження несучих стін, перекриттів, сходових маршів. Такі будівлі підлягають відновленню, але потребують складних інженерних рішень. Часто в таких будинках порушена теплова оболонка, що робить їхню тимчасову експлуатацію енергетично катастрофічною.

- легкі пошкодження (пошкодження огорожувальних конструкцій) – це найпоширеніша категорія (понад 50%). Це вибиті вікна, посічені уламками фасади, пошкоджені покрівлі.

Проведені дослідження звертають увагу на феномен прихованих пошкоджень. Навіть якщо будівля візуально ціла, вібрації від вибухів призводять до [131,132] :

- утворення мікротріщин у стінових панелях та швах, що збільшує інфільтрацію холодного повітря.

- розгерметизації стиків віконних рам зі стінами.

- порушення гідроізоляції покрівель та підвалів, що призводить до намокання утеплювача (якщо він був) і втрати ним теплоізоляційних властивостей.

Таким чином, фактичний клас енергоефективності навіть вцілілих будівель у постраждалих регіонах значно знизився.

Внутрішня міграція спричинила дисбаланс у навантаженні на житловий фонд. У західних та центральних регіонах спостерігається перенаселення житлових площ, що призводить до пікових навантажень на зношені інженерні

мережі (водопостачання, каналізація, електропостачання). Водночас у прифронтових містах може залишатися менше ніж 20% населення, що де-факто означає дуже низьку заселеність багатоквартирного фонду. Це створює непереборну проблему для централізованого опалення: неможливо ефективно опалювати будинок, де 80% квартир порожні і мають вибиті вікна або перекриті батареї, оскільки відбувається інтенсивний теплообмін між «теплыми» та «холодними» зонами, що призводить до конденсації вологи та руйнування конструкцій.

Аналіз енергетичного балансу житлового сектору дає змогу оцінити ресурсомісткість поточного стану фонду. За даними Держстату, населення споживає близько 30% усієї електроенергії та 40% теплової енергії в країні.

Специфікою України є висока частка природного газу в структурі кінцевого споживання домогосподарств (безпосередньо для опалення приватних будинків та приготування їжі), а також опосередковано через централізоване теплопостачання (ЦТ), яке переважно генерується на газових ТЕЦ та котельнях (табл.2.3).

Таблиця 2.3 - Частка у споживанні енергоресурсу в Україні за останні роки

Вид енергоресурсу	Частка у споживанні домогосподарств	Динаміка та тенденції
Природний газ	50-57%	Поступове зниження через термомодернізацію та перехід на альтернативні види палива, але залишається домінуючим.
Теплова енергія (ЦТ)	20-25%	Стагнація або зниження через відключення споживачів. Високі втрати в мережах (до 20%).
Електроенергія	20-36,2%	Зростання частки через встановлення електроопалення, бойлерів та кондиціонерів.
Біомаса, Вугілля	5-10%	Зростання в приватному секторі як реакція на газові кризи.

Сформовано автором на основі аналізу даних [133-136]

Частки енергоносіїв наведено як оціночні діапазони, узгоджені з офіційними профілями споживання житлового сектору та стратегічними документами, а також із дослідженнями структури паливного споживання домогосподарств; значення залежать від року та методики обліку (зокрема, від включення чи невключення централізованого тепла). Порівняльний аналіз показує, що енергоємність економіки України (за загальним постачанням первинної енергії) є вдвічі вищою, ніж у Польщі, та у 2,5 раза вищою, ніж у Німеччині [137]. Питоме енергоспоживання будівель в Україні є у 2-3 рази вищим, ніж у країнах ЄС; середнє значення для житлових будівель оцінюють на рівні ~ 163 кВт·год/м² на рік [138].

Для побудови реалістичної та ефективної стратегії необхідно чітко ідентифікувати вихідні позиції та масштаби проблем. Використовуючи дані завантаженої аналітичної презентації, нами проведено детальний GAP-аналіз (аналіз розривів) між поточним рівнем енергоефективності житлового фонду України та цільовими показниками, визначеними стандартами Європейського Союзу (NZEB – Nearly Zero Energy Building). Результати аналізу представлено у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 - GAP-аналіз ключових показників енергоефективності житлового сектору України в контексті євроінтеграційних вимог

Параметр аналізу	Поточний стан (Україна)	Бажаний стан (стандарт NZEB/ЄС)	Кількісна оцінка розриву (GAP)	Якісна інтерпретація та управлінські наслідки
1	2	3	4	5
Питоме енергоспоживання (житлові будівлі)	186-163 кВт·год/м ² на рік	≤ 90 кВт·год/м ² на рік	Перевищення на 113 кВт·год/м ²	Критична енергоємність житлового фонду. Вказує на необхідність глибокої термомодернізації, а не косметичних ремонтів. Поточний стан є загрозою для енергетичної безпеки.

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5
Темпи термомодернізації	0,1% на рік	1–2% на рік (рекомендація ЄС)	Відставання у 10-20 разів	За поточних темпів повне оновлення фонду займе століття. Необхідна радикальна зміна фінансових і організаційних механізмів стимулювання.
Частка будівель NZEB	0% (статистично незначима)	≥30% будівель	Розрив у 30%	Відсутність ринку високоенергоефективного будівництва. Вимагає негайного впровадження нових будівельних норм і стандартів під час відбудови.
Вплив на загальний енергобаланс	~40% кінцевого споживання	До 30%	Перевищення на 10%	Житловий сектор є основним «споживачем» енергоресурсів, створюючи надмірний тиск на генерацію та імпорт енергоносіїв.
Управлінські інструменти	Фрагментарне впровадження	Системне стратегічне управління	Відсутність інтегрованої політики	Перевага реактивного управління (ліквідація аварій) над проактивним (планування та попередження).
Рівень технологій	Традиційні, застарілі	Інтегровані (Solar, Heat Pumps)	Низький рівень модернізації	Технологічне відставання консервує залежність від викопного палива. Потреба у трансфері технологій та знань.

Джерело: Сформовано автором [139-140]

Аналіз даних табл. 2.4 дозволяє зробити висновок: подолання розриву у 96 кВт·год/м² неможливе шляхом еволюційних, точкових змін. Необхідні заходи у вигляді масованої термомодернізації та жорсткого дотримання стандартів

NZEB під час нового будівництва [141]. Оцінка збитків, завданих війною, повинна стати точкою відліку для «зеленої» реконструкції, де кожен інвестований долар працює над зменшенням енергозалежності [142].

Технічний стан будівель є похідним від якості управління. На сьогодні в Україні співіснують декілька моделей управління житловим фондом, кожна з яких має свої обмеження в контексті енергоефективності.

1. ОСББ (Об'єднання співвласників багатоквартирних будинків). Ця форма управління визнана найбільш ефективною для впровадження енергозберігаючих заходів. Саме в ОСББ реалізовано більшість проєктів глибокої термомодернізації за підтримки Фонду енергоефективності. Однак, ОСББ охоплюють лише близько 20-25% багатоквартирного фонду. В умовах війни інституційна спроможність багатьох ОСББ похитнулася через від'їзд активних членів правління та зниження рівня платежів співвласників.

2. Управляючі компанії (колишні ЖЕКи та приватні компанії). Більшість будинків перебуває в управлінні компаній, призначених муніципалітетами або обраних на конкурсах. Дослідження показують, що такі суб'єкти зазвичай не зацікавлені в капітальних інвестиціях в енергоефективність, обмежуючись поточним обслуговуванням. Їхня бізнес-модель побудована на обороті коштів за утримання будинку, а не на економії ресурсів для мешканців.

3. Самоуправління або/та відсутність формалізованого управління. Значна частина малоквартирних будинків фактично не має ефективного власника, що ускладнює ухвалення колективних рішень щодо термомодернізації.

Сучасний стан житлового фонду характеризується хронічним недофінансуванням. Вартість комплексної термомодернізації типової багатоповерхівки може сягати 5-10 млн грн і більше. За оцінками IFC, для повної модернізації житлового сектору України необхідні інвестиції в обсязі понад 50 млрд євро.

Проведений аналіз дозволяє зробити узагальнюючі висновки щодо сучасного стану житлового фонду України, які слугуватимуть базисом для подальшої розробки управлінських механізмів:

1. Невідворотність капітальної модернізації. Понад 80% житлового фонду вичерпали свій технічний і моральний ресурс. Поточний стан будівель спричиняє надмірний попит на енергоресурси, який економіка України не здатна задовольнити без постійного зовнішнього фінансування. Подальша експлуатація цього фонду без глибокої термомодернізації є економічно недоцільною та технічно небезпечною.

2. Дуалізм викликів відновлення. Управлінська система зіткнулася з дилемою: необхідністю швидкого фізичного відновлення зруйнованого житла для повернення людей та імперативом «зеленого переходу», який вимагає часу та значних інвестицій. Існує високий ризик того, що під тиском соціальних факторів буде обрано шлях відтворення застарілих радянських технологій.

3. Криза власності та відповідальності. Технічна деградація фонду посилюється розмитістю прав власності на конструктивні елементи будівель та відсутністю ефективних інституцій управління спільною власністю. Без вирішення проблеми колективного прийняття рішень (через ОСББ або професійні управителі) будь-які технологічні інновації наштовхнуться на організаційний бар'єр.

4. Потенціал як ресурс. Парадоксально, але саме вкрай низька енергоефективність житлового фонду приховує в собі найбільший ресурс для розвитку [143].

Таким чином, сучасний стан житлового фонду вимагає переходу від політики «латання дірок» до стратегії глибокої трансформації, де енергоефективність стає не просто технічною характеристикою, а ключовим критерієм управлінської якості та умовою виживання національної економіки.

Важливим аспектом, що цементує поточний стан житлового фонду, є діюча система тарифоутворення та соціального захисту. Діюча система тарифоутворення і соціального захисту в Україні протягом тривалого часу виконувала функцію «амортизатора» для домогосподарств: держава або стримувала тарифи/ціни для населення, або компенсувала їх через механізм житлових субсидій. У результаті сформувався змішаний режим підтримки, де

поєднувалися цінові втручання (регульовані тарифи/спеціальні зобов'язання постачальників, що фактично створювали різницю між ринковою ціною і ціною для населення) та адресні трансферти у вигляді програми житлових субсидій на оплату житлово-комунальних послуг. Така модель, з одного боку, реально пом'якшувала енергетичну бідність, але з іншого – породжувала викривлені ринкові сигнали та низьку мотивацію до енергозбереження. Звіти Світового банку підкреслюють, що субсидійна система є критично важливою для доступності послуг, але водночас створює значний фіскальний тиск і потребує реформи дизайну допомоги, щоб вона не консервувала неефективне споживання [144].

Перехресне субсидіювання й адміністративне стримування тарифів призводять до того, що кінцева ціна енергії для частини споживачів не відображає реальних витрат на виробництво/постачання, а отже – не формує достатніх стимулів для інвестицій у термомодернізацію та модернізацію інженерних систем. На макрорівні це проявляється у накопиченні боргів у ланцюгу «постачальник енергоресурсу → теплокомуненерго → споживач», а також у зниженні інвестиційної привабливості сектору. Аналіз МВФ показує, що цінові диференціали та регульовані ціни створюють боргові навантаження й дисбаланси в суміжних сегментах (зокрема в теплопостачанні), що безпосередньо шкодить здатності системи оновлювати інфраструктуру [145].

У цьому контексті житлові субсидії виконують важливу соціальну роль, але за відсутності супутніх «енергоєфективних умов» (наприклад, вимоги до термомодернізації, поєднання з програмами Фонду енергоєфективності, диференціації за типом будинку) вони можуть підтримувати статус-кво: домогосподарство частково захищене від високих рахунків і не має достатнього економічного стимулу інвестувати у зменшення споживання. З огляду на це, міжнародні аналітичні огляди енергетичних субсидій для України підкреслюють необхідність переходу від цінових субсидій та перехресного субсидіювання до більш адресної, прозорої підтримки вразливих груп,

поєднаної з реформами тарифів і програмами підвищення енергоефективності [146].

Таким чином, політика субсидіювання та тарифного регулювання, будучи соціально виправданою, одночасно формує «викривлений сигнал» для управління житловим фондом: вона знижує мотивацію до енергоефективної модернізації, консервує високі тепловтрати в будівлях та зменшує фінансові можливості підприємств теплопостачання та управителів інвестувати в оновлення мереж і будинків [147]. Оптимальна траєкторія реформ у післявоєнній відбудові полягає не в скасуванні соціального захисту, а в його переналаштуванні: субсидії мають залишатися інструментом захисту вразливих домогосподарств, але разом із цим тарифна система і програми підтримки повинні створювати чіткі стимули для термомодернізації та скорочення енергоспоживання [148].

Сучасний стан житлового фонду також характеризується вкрай низьким рівнем цифровізації даних. Більшість технічної документації на будинки існує в паперовому вигляді, часто вона втрачена або неактуальна. Відсутність цифрових двійників (Digital Twins) будівель або хоча б актуальних електронних паспортів енергоефективності унеможливорює точне моделювання ефектів від впровадження енергозберігаючих заходів.

За останнє десятиліття цифровізація житлового сектору України відбувалася хвилями: спочатку через масове розгортання приладів обліку тепла на рівні будинків у системах централізованого теплопостачання (швидке зростання покриття у 2014-2018 рр.), далі – через поступову «смарт-електрифікацію» побутових споживачів (до кінця 2024 року майже кожен п'ятий користувався смарт-лічильником) [149].

Паралельно держава вибудувала цифровий фундамент для будівництва й відновлення – ЄДЕССБ, e-Construction, де в 2024–2025 роках фіксуються сотні тисяч записів технічної інвентаризації та десятки тисяч дозвільних документів за квартал, що створює основу для прозорого управління якістю, безпекою та енергоефективністю відбудови [150].

Водночас цифровий контур «людина-держава» (Дія) став масовим каналом отримання житлово-чутливих сервісів (реєстри, витяги, субсидії), що підтверджується як показником охоплення е-послугами (59%), так і масштабом користувачів платформи (понад 23 млн) [151]. У підсумку цифровізація житлового сектору в Україні вже не зводиться лише до “Інтернету в домі”: вона охоплює облік і дані (meters), цифрові реєстри й дозволи (e-construction), цифрові сервіси для домогосподарств (Diiia), а також нові моделі енергоспоживання/генерації (домашня PV) [152].

Аналіз стану житлового фонду також вимагає урахування глибоких регіональних відмінностей, які загострилися внаслідок війни та історичних особливостей розвитку територій. Хоча Державна стратегія регіонального розвитку 2021-2027 була прийнята до початку повномасштабної агресії, її стратегічні та операційні цілі щодо модернізації інфраструктури, підвищення конкурентоспроможності регіонів і зміцнення спроможності громад формують нормативну основу для реалізації політики післявоєнної відбудови. Спираючись на Державну стратегію регіонального розвитку та аналітичні звіти [153], можна виокремити кілька типологічних зон, кожна з яких потребує специфічних управлінських підходів до енергоефективності.

1. Зона активних бойових дій та деокуповані території (Схід, Південь, частково Північ). Тут стан житлового фонду є критичним. Окрім прямих руйнувань, спостерігається тотальне пошкодження інфраструктури життєзабезпечення (ТЕЦ, газогони). Специфіка цієї зони полягає в тому, що відновлення енергоефективності тут не може бути відокремленим від відновлення базової життєздатності. Велика кількість багатоквартирних будинків має пошкодження несучих конструкцій, що ставить під сумнів доцільність їх термомодернізації – часто економічно вигіднішим є нове будівництво за сучасними стандартами NZEB (Net Zero Energy Building), як це передбачено європейськими директивами. Однак соціальний тиск вимагає швидких рішень, що створює ризик повернення до «як було».

2. Тилові регіони з високою концентрацією ВПО (Захід, Центр). Житловий фонд цих регіонів зазнав менших фізичних руйнувань, але перебуває під надмірним експлуатаційним тиском. Старі будівлі, які раніше використовувалися неінтенсивно, тепер заселені понад проєктну норму. Це призводить до прискореного зносу інженерних мереж та виникнення проблем з вентиляцією і вологістю через перенаселення квартир. У цій зоні найвищий потенціал для реалізації ринкових механізмів енергоефективності та залучення донорських коштів для модернізації житла під потреби ВПО, як це пропонується у звітах UNDP .

3. Великі агломерації (Київ, Дніпро, Одеса, Львів). Тут сконцентрована найбільша частка житлового фонду країни. Специфікою є наявність значного прошарку відносно нового житла (збудованого після 2005-2010 рр.), яке має кращі показники енергоефективності, але страждає від управлінських проблем. У новобудовах часто відсутні ефективні ОСББ, а забудовники залишають після себе неякісно змонтовані інженерні системи. Для старого фонду цих міст ключовою проблемою залишається комплексна термомодернізація мікрорайонів забудови 70-80-х років, яка має проводитися системно, а не точково.

Реформа децентралізації передала значні повноваження та ресурси на рівень громад. Саме громади тепер несуть відповідальність за планування розвитку територій, зокрема за теплопостачання. Однак більшість громад не має інституційної спроможності для проведення якісного аудиту стану житлового фонду та розробки місцевих енергетичних планів, які б враховували фактичний стан будівель. Це призводить до розриву між національними стратегіями енергоефективності та реаліями на місцевому рівні.

Сьогодні житловий фонд України виступає як величезний енергетичний пасив. Через свою технічну відсталість він «спалює» значну частину ВВП країни, вимиває валютні резерви на закупівлю енергоносіїв і створює соціальну напругу через високу вартість утримання. Війна лише каталізувала ці процеси,

перетворивши енергетичну вразливість житла на питання фізичного виживання населення взимку.

Водночас цей сектор має колосальний потенціал для перетворення на актив. Інвестиції в енергоефективність житлового фонду мають один з найвищих мультиплікаторів для економіки: вони створюють робочі місця у будівництві (що критично важливо для повоєнного відновлення), стимулюють виробництво будівельних матеріалів, знижують залежність від імпорту енергоносіїв та покращують екологічну ситуацію.

Застосування ідеї «зеленого» (сталого) будівництва широко обговорювалося ще до початку війни у світлі прийнятих ініціатив і нормативних документів у Європі та світі. Зміст даної концепції полягає у використанні сучасних, енергоефективних технологій під час зведення об'єкта, завдяки чому в процесі експлуатації будівлі відбувається більш раціональне споживання ресурсів. Питанню зменшення викидів вуглекислого газу в процесі будівництва та експлуатації житла також приділено значну увагу. Ідея смарт-будівництва дозволяє поєднати згадані вище концепції із сучасними тенденціями цифровізації. Існує 4 ключові тренди, що сприяють будівництву з нульовими викидами вуглецю: декарбонізація, електрифікація, енергоефективність, цифровізація [154]. Ці тенденції працюють разом, щоб зменшити викиди вуглекислого газу та загальну вартість будівельних операцій і допоміжної інфраструктури. У будівлях можна досягти нульового викиду вуглецю (або бути готовим до нульового викиду вуглецю) шляхом усунення використання викопного палива для опалення, використання відновлюваної енергії на території та/або за її межами, зменшення використання холодоагентів із високим потенціалом глобального потепління та використання низьковуглецевих, повторно використаних або перероблених матеріалів в будівництві. Саме глобальне потепління призведе до збільшення попиту на електроенергію, оскільки раніше помірні регіони потребували кондиціонування повітря, щоб мінімізувати тепловий стрес. Несезонно холодна погода також може підвищити попит на електроенергію в теплих регіонах. У деяких випадках

це призведе до вищих витрат для власників будинків через нижчу (часто субсидовану) вартість викопної енергії та збільшення інвестицій в електроенергетичну інфраструктуру для розширеного виробництва, передачі, розподілу та управління дедалі більш переривчастими джерелами відновлюваної енергії. Енергоефективність має залишатися головним пріоритетом для будівель із нульовим викидом вуглецю, навіть за декарбонізованого енергопостачання. Експерти зазначають, що кожен долар, інвестований в енергоефективність, економить приблизно два долари на енергопостачанні, незалежно від того, чи здійснюються ці інвестиції у виробництво на місці або на рівні мережі. Це також зменшує загальну вартість майбутньої мережевої інфраструктури для задоволення зростаючого попиту.

Для досягнення енергоефективності важливо поєднувати як пасивні, так і активні заходи, а саме: пасивні заходи, такі як посилена ізоляція та високоефективне обладнання, можуть зменшити загальний попит на електроенергію. У той же час проактивні заходи підвищення ефективності, включаючи автоматичне реагування на попит і динамічну оптимізацію енергії, можуть забезпечити гнучкість попиту відповідно до періодичної генерації відновлюваних джерел. Цифровізація є важливим засобом енергоефективності та гнучкості попиту в будівлях. У розумних будівлях використовуються переваги розширеного датчикового й контрольного забезпечення, системної інтеграції, аналітики даних і оптимізації енергоспоживання, щоб завчасно зменшити споживання енергії та попит на неї, а також покращити комфорт мешканців, їхнє здоров'я, продуктивність і стійкість об'єктів. Вбудовування цих цифрових можливостей у «розумне» обладнання та прилади забезпечує додаткові переваги, зокрема покращену надійність і дистанційне керування, а також зниження споживання енергії та викидів.

Глобальне потепління та зміна клімату також матимуть сильний вплив на регіони з жарким кліматом, де енергоспоживання будівель зумовлено підвищеним попитом на електричне охолодження. Слід згадати досвід Сінгапуру в реалізації мети Стратегії декарбонізації Зеленого плану до 2030

року, зокрема використання сонячної енергії до 2025 року та досягнення пікової потужності 2 ГВт сонячної енергії до 2030 року. З 2030 року 80% нових будівель будуть «надвисокими» будинками з низьким енергоспоживанням, із збільшенням енергоефективності на 80% порівняно з рівнями споживання 2005 року для найкращих у своєму класі екологічних будівель. До 2030 року щонайменше 20% шкіл стануть вуглецево нейтральними. Школа дизайну та середовища (SDE4) є першою новозбудованою будівлею з нульовим енергоспоживанням у Сінгапурі та першою будівлею в Південно-Східній Азії, яка отримала сертифікат Zero Energy Certification від International Living Future Institute (ILFI). Шестирівнева будівля оснащена інноваційною гібридною системою охолодження для ефективного зниження енергоспоживання. Розширений моніторинг якості повітря в приміщенні та його погодинні умови допомагають оптимізувати роботу системи. Електроенергія, вироблена сонячними панелями потужністю 428 кВт/год на даху, використовується для живлення всіх систем, а надлишки динамічно експортуються в мережу для використання в сусідніх будівлях. З моменту відкриття в січні 2019 року будівля виробляла понад 460 МВт-год енергії більше, ніж споживала.

PassivDom – український стартап, що спеціалізується на проектуванні та будівництві енергонезалежних модульних будинків. Ці будинки створені за допомогою 3D-друку [155]. Засновник стартапу – Максим Гербут, родом із Маріуполя. Першою важливою властивістю PassivDom, крім багатьох розумних функцій, є його енергозберігаючі характеристики. Каркас будинку являє собою одну монолітну частину, яка збирається в кілька етапів великими роботами-маніпуляторами, що працюють подібно до великих 3D-принтерів. Але якщо звичайні принтери використовують однорідні компоненти, то в конструкції PassivDom, коли друкуються стіни, стеля, дах, використовуються різні матеріали. Такими матеріалами можуть бути вуглецеві або склопластикові нитки.

Підсумовуючи, доцільно зазначити, що перехід на нові прогресивні технології енергоефективного будівництва також має враховувати мотиваційні

зміни за допомогою соціальних технологій [156]. Ця зміна призведе не лише до технічної революції, а й до серйозних змін для споживачів енергії. Щоб підтримувати та розвивати свою клієнтську базу, комунальним підприємствам потрібно буде прийняти новий стратегічний підхід до залучення клієнтів, щоб підвищити рівень їхньої участі в розумних змінах.

На сьогодні Україна має певний розрив порівняно з іншими країнами світу у питанні сталого та раціонального будівництва. Основні аспекти, де можна відзначити розрив, включають:

- ступінь усвідомлення: у деяких розвинених країнах світу рівень усвідомлення щодо сталого будівництва та його переваг уже високий. Україна ще потребує більшого поширення свідомості серед споживачів, розробників та інших зацікавлених сторін;

- рівень розвитку технологій: як зазначалося вище, в окремих країнах світу інноваційні технології та методи сталого будівництва вже впроваджуються на практиці. В Україні інноваційні підходи до сталого будівництва потребують більшого розвитку та впровадження;

- законодавство та стандартизація: країни світу розробили та застосовують більш розвинуті та прогресивні законодавчі акти та стандарти сталого будівництва. В Україні може бути необхідно розробити більш ефективні та стримувальні законодавчі норми;

- фінансування: однією з основних перешкод у впровадженні сталого будівництва в Україні є обмежені фінансові ресурси. У деяких країнах світу існують більші можливості для фінансування сталого будівництва.

Досліджуючи окреслену у межах даної роботи тематику, пропонуємо результати дослідження факторів, що впливають на попит на житло, а отже на тенденції розвитку сфери будівництва в умовах війни та повоєнного відновлення, які виділяють та вивчають дослідники та практики в даній галузі, а також пересічні українці, які поділились своїми думками. Деякі з найбільш значущих проблем включають:

Вартість будівництва та попит. Зважаючи на падіння економіки та зниження доходів громадян, попит на житло характеризується більшою зацікавленістю житлом економ-класу. Попит на смарт-квартири є низьким. Експерти ринку нерухомості індикують, що попит на житло тепер також залежатиме від оцінки мешканцями надійності та безпеки житла. І йдеться не тільки про сховища, а й про потенційні загрози «прильотів», на які потенційні покупці також звертають увагу. Отже, ціни в «безпечних» районах і мікрорайонах будуть вищими, ніж там, куди «прилітало» [157]. Проте загальна тенденція цін на житло у різних регіонах свідчить про те, що покупці надають перевагу нижчим для відповідного регіону цінам (рис. 2.2-2.4).



Рисунок 2.2 – Найбільш поширена ціна за квадратний метр в новобудовах
Івано-Франківська, ₪
Станом на 21.11.2023 [158]



Рисунок 2.3 – Найбільш поширена ціна за квадратний метр в новобудовах
Києва, ₪
Станом на 21.11.2023 [158]

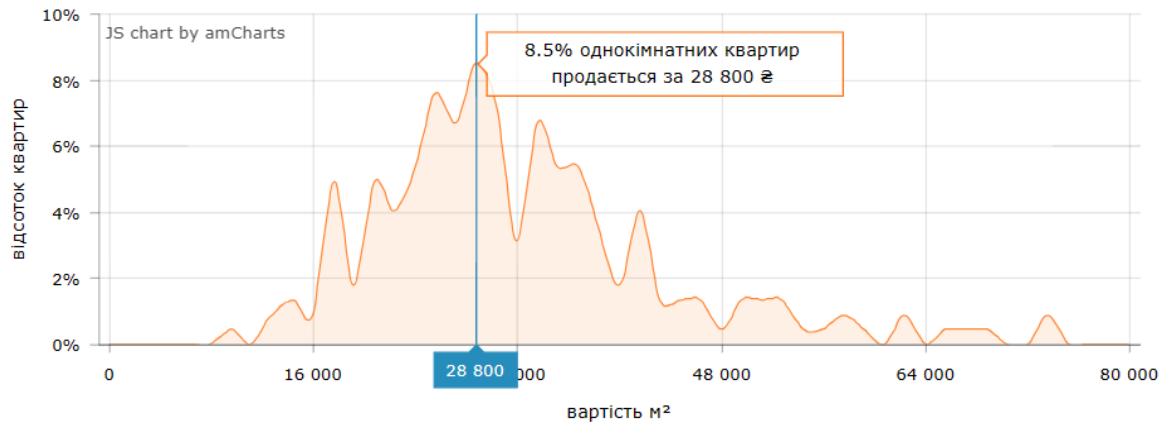


Рисунок 2.4 – Найбільш поширена ціна за квадратний метр в новобудовах
Харкова, €
Станом на 21.11.2023 [158]

Так, для м. Івано-Франківська у діапазоні цін до 70 тис. грн за 1 м², найбільший відсоток (13,6 %) по вартості припадає на житло вартістю 11 200 грн/м²; для м. Київ – найбільша частка (7,7 %) новобудов продається за ціною 24 200 грн/м²; для м. Харків – дане співвідношення складає 8,5 % житла за 28 800 грн/м². Щодо вторинного ринку нерухомого майна, то будівлі старої забудови з підвалом, який можна обладнати під сховище, зацікавлять потенційних покупців більше, ніж у довоєнні часи. Як зазначають експерти, відбувається більш точковий перерозподіл попиту: «...тому місцевій владі необхідно терміново звернути увагу на розвиток інфраструктури укриттів та підтримання їх у належному стані, з можливим використанням за іншим призначенням у мирні часи» [158].

Вартість будівництва є визначальною для формування попиту на житло, проте його задоволення вимагає значних фінансових ресурсів, яких у жителів України, зокрема східних регіонів, що найбільше постраждали від руйнувань, недостатньо. Підтримка держави та міжнародних організацій є визначальною. Іпотека також є одним із ключових факторів розвитку ринку нерухомості. Проте розмір облікової ставки на рівні 25-16 % (рис.2.5) не сприяє поживленню укладанню угод купівлі-продажу житла. Очікується помітне

зростання іпотеки за умов, коли НБУ поступово знижуватиме облікову ставку до рівня 10-12%.

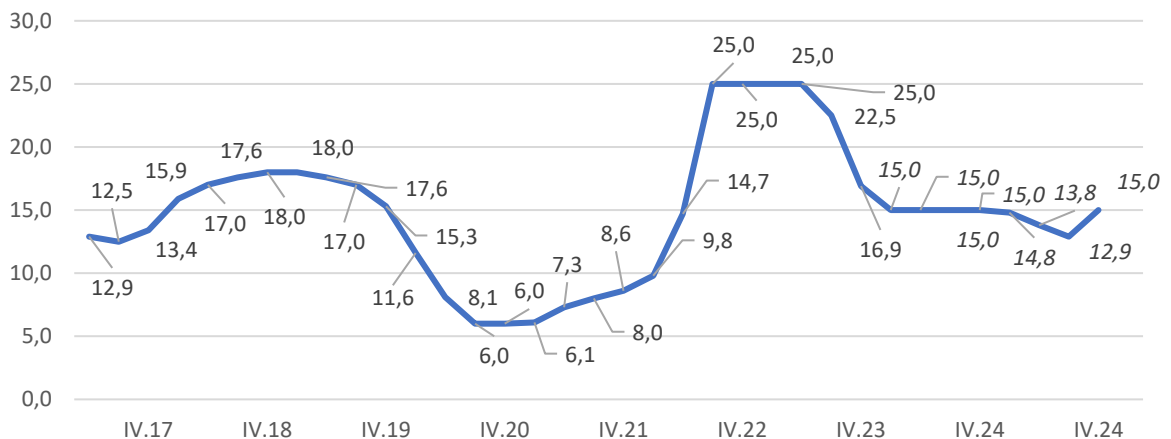


Рисунок 2.5 – Облікова ставка НБУ протягом 2017-2023 років та прогноз на 2024 рік

Джерело: <https://bank.gov.ua> [159]

Підтвердженням важливості даного фактору є результати досліджень науковців, які вказують, що ключовими факторами розвитку ринку нерухомості в Україні є доходи населення та інвестиції в житлове будівництво: зростання доходів на 1% спричиняє збільшення обсягів житлового будівництва на 1,008%, а інвестицій – на 0,248% [160].

Також потрібно зважити на обмежений вибір сталих матеріалів. Реалізація концепції сталого будівництва ставить особливі вимоги до будматеріалів. Проте і традиційні будівельні матеріали є недостатніми, оскільки руйнувань зазнали деякі системоутворюючі заводи. Насамперед слід згадати виробника мінеральної вати «Ізоват» та заводи з виробництва гіпсокартону й сумішей у Соледарі та Бахмуті; ринок скловати до 98 % формували поставки з рф та рб [161]. Разом з тим, стартувало будівництво заводу сухих будівельних сумішей потужністю 60 тис. тонн продукції на рік французької групи компаній Saint-Gobain у Тлумацькому районі Івано-Франківської області на базі залучення інвестицій у розмірі EUR 9 млн [162].

Слід зазначити, що на сьогоднішній день не всі матеріали та технології для сталого будівництва є широко доступними та масово використовуються.

Існують обмежені можливості для вибору сталого будівельного матеріалу, особливо в окремих регіонах. Один із основних викликів полягає в тому, що стале будівництво може бути витратним через екологічні матеріали та технології. Деякі підходи до сталого будівництва можуть бути дорогими для більшості розробників і клієнтів.

Певні проблеми є у сфері стандартизації та регулювання. Відсутність єдиної системи стандартизації та регулювання може ускладнювати впровадження сталого будівництва. Необхідно розробити відповідні правила та стандарти, які б сприяли прискоренню розвитку сталого будівництва. З цією метою у 2022 році було впроваджено ДСТУ 9171:2021 «Настанова щодо забезпечення збалансованого використання природних ресурсів під час проектування споруд». Експерти визначають цей ДСТУ як революційний. Зокрема, у ньому затверджене повторне використання та вторинне перероблення матеріалів і виробів на рівні не менше 70%, що є частиною виконання угоди з ЄС. Окрім того, в Україні наразі вже імплементовані такі стандарти сталого розвитку, як ДСТУ ISO 14000 «Екологічне управління», ДСТУ ISO 15686 «Планування терміну служби», проте окремі з них вимагають перекладу та поширення [163].

У світі протягом останніх років дедалі більшого поширення набуває концепція мислення життєвого циклу (Life cycle thinking). Це процес врахування при ухваленні рішень прогнозованих обсягів споживання ресурсів, навантажень на довкілля і людину, пов'язаних з повним життєвим циклом продукту. Згідно з нею, може бути порахований соціально-економічний ефект від реалізації проекту, визначені способи уникнення збитків та прорахована економія витрат, пов'язаних зі зменшенням ймовірності негативних наслідків для підприємства і середовища в цілому [164].

Таким чином, проведені дослідження дозволяють підсумувати, що сучасні концепції сталого та розумного будівництва є актуальними для України в умовах повоєнного відновлення. Посилення нормативної бази, вивчення попиту та використання засобів його стимулювання, безпосередній розвиток

будівельно галузі та будівельних матеріалів на засадах, що відповідають згадуваним концепціям, вивчення поведінки споживачів – драйвери, що відповідають зазначеним концепціям та їх просуванню на вітчизняний ринок житлової нерухомості. Підсумовуючи, доцільно також зазначити, що використання нових та прогресивних технологій сталого та розумного будівництва також має враховувати мотиваційні зміни, які полягають у тому, щоб не тільки відбудувати та відновити зруйновані будинки, але і створити стаке середовище для життя та розвитку майбутніх поколінь українців.

Ця зміна призведе не лише до технічної революції, а й до серйозних змін для споживачів енергії. Щоб підтримувати та розвивати свою клієнтську базу, комунальним підприємствам потрібно буде прийняти новий стратегічний підхід до залучення клієнтів, щоб підвищити рівень відданості та участі в розумних змінах. Щоб зменшити розрив з іншими країнами світу у питанні сталого та розумного будівництва, Україні можна зосередитися на поширенні свідомості, стимулюванні інновацій та впровадженні прогресивних законодавчих і стандартизаційних актів. Також важливо залучити більше фінансових ресурсів і підтримки для розвитку сталого будівництва в Україні.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на пошук та обґрунтування рішень щодо можливостей реалізації стратегій ощадного використання енергетичних ресурсів на основі розглянутих концепцій сталого та розумного будівництва. Як показує аналіз міжнародного досвіду, жодна країна Східної Європи не змогла вирішити проблему енергоефективності житлового фонду без масованої державної підтримки та чіткої, довгострокової стратегії, яка б поєднувала жорсткі норми, заборона продажу, оренди енергомарнотратного житла та дешеві кредити, гранти, податкові пільги. Для України в умовах обмежених ресурсів та воєнних ризиків пошук оптимального балансу між цими інструментами є головним управлінським завданням, яке буде детальніше розглянуто у наступних підрозділах.

Державний менеджмент виступає як «архітектор» системи. Його ключові ролі – стратегічне планування (визначення національних цілей, створення

регуляторної рамки (Закон «Про ЕЕ», імплементація директив ЄС), формування «політичних сумішей» (стимули «батога і пряника») та створення ключових інституцій-посередників (Фонд енергоефективності)). Муніципальний менеджмент є «фасилітатором» і ключовим імплементаційним хабом на мезорівні. Його ефективність визначається здатністю інтегрувати національні цілі у місцеві стратегії сталого розвитку, координувати та підтримувати ОСББ, а також виступати співінвестором проєктів. Корпоративний менеджмент (приватний сектор) відіграє роль виконавця та інвестора через механізми ЕСКО та моделі державно-приватного партнерства (ДПП), що є критично важливим для залучення приватного капіталу до повоєнної відбудови (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 - Координація у стратегічному управлінні енергоефективністю житлового сектору в логіці багаторівневого врядування

Управлінська ланка у житловому секторі	Ключові функції та інструменти стратегічного управління енергоефективністю	Типові обмеження, ризики та управлінські акценти для повоєнного відновлення
1	2	3
Державний менеджмент на макрорівні, роль архітектора системи	Формує правила гри через законодавчу та регуляторну рамку, встановлює обов'язкові стандарти для будівництва і реконструкції, розвиває систему енергетичної сертифікації як інструмент прозорості на ринку, визначає національні цілі та пріоритети через стратегії й плани дій, створює спеціалізовані інституції посередники, зокрема оператора грантових програм, фінансує розбудову спроможності через навчання та сертифікацію фахівців	Найвразливіше місце – це стабільність і послідовність політики, оскільки зміни пріоритетів, слабка координація і непередбачуваність програм підривають довіру та інвестиційну готовність. В умовах війни особливо важливо узгодити довгострокову модернізацію з терміновими потребами відбудови, щоб відновлення не відтворювало старі енерговитратні практики та закладало енергоефективні вимоги у проєктні рішення, бюджетування і контроль якості
Муніципальний менеджмент на мезорівні, роль фасилітатора і хабу імплементації	Перекладає національні цілі на мову місцевих потреб через інтеграцію енергоефективних пріоритетів у стратегії розвитку громади, організовує координацію між національними програмами, донорами, банками, підрядниками і великою кількістю ОСББ, забезпечує супровід заявок, консультації	Основний ризик це дефіцит інституційної спроможності у громадах, зокрема нестача підготовлених енергоменеджерів і перевантаженість органів місцевого самоврядування завданнями реагування на наслідки війни

Продовження табл. 2.5

1	2	3
Приватний сектор і корпоративний менеджмент, роль виконавця, інвестора та інноватора	Реалізує проекти як ринковий гравець, що виконує енергоаудит, проектування, постачання матеріалів і робіт, а також пропонує моделі фінансування. Використовує механізми енергосервісних компаній, де інвестиція повертається за рахунок досягнутої економії, розвиває моделі державно приватного партнерства для великих інфраструктурних і квартальних реновацій, залучає банки через спеціалізовані кредитні продукти, а також підвищує якість управління житловим фондом через професійних управителів і сервісні компанії	Найскладніше питання у житловому секторі – це довгострокові контракти і ризики неплатежів, що ускладнюють масштабування енергосервісних моделей саме в багатоквартирних будинках. У повоєнний період приватний сектор є критично важливим через брак бюджетних ресурсів, але потребує передбачуваних правил, гарантій прозорості та зрозумілих стандартів результату
Управління на рівні об'єднань співвласників багатоквартирного будинку, мікрорівень реалізації і колективного рішення	Є кінцевим замовником і бенефіціаром модернізації, ухвалює рішення про участь у програмах, організовує проєктний менеджмент, взаємодію з підрядниками і фінансовими установами, забезпечує внутрішню комунікацію з мешканцями, проводить збори і формує легітимні рішення, відповідає за прозору звітність і контроль виконання робіт	Головний бар'єр – це проблема колективної дії, коли багатьом людям з різними інтересами важко дійти згоди щодо складного і дорогого проєкту. У воєнних умовах це посилюється міграцією мешканців, падінням платоспроможності та скороченням горизонту планування. Тому для повоєнного відновлення ключовими стають лідерство правління, соціальний капітал і довіра, а також термінове підсилення компетенцій
Міжрівнева синергія, координаційний контур системи, де формується результат	Забезпечує узгоджені управлінські зв'язки між правилами і фінансами на національному рівні, організацією і даними на місцевому рівні, проєктною реалізацією приватним сектором та колективним рішенням у будинку	Центральний висновок полягає в тому, що провали у сфері енергоефективності найчастіше є провалами координації, а не браком технологій. У повоєнному відновленні це означає, що поряд із коштами потрібні управлінська спроможність, стабільні правила, чіткий розподіл відповідальності

Джерело: Сформовано автором

Таким чином, управління на рівні ОСББ є ключовим і водночас найслабшим елементом системи. Це унікальна форма колективного менеджменту, успіх якої залежить від внутрішніх нематеріальних активів: лідерства, соціального капіталу та інституційної спроможності. Подолання

«проблеми колективної дії» на цьому рівні є головним викликом для всієї політики ЕЕ.

Роль державного управління у формуванні політики енергоефективності є системоутворювальною, оскільки саме держава задає стратегічний напрям, встановлює правила гри та формує обов'язкові стандарти, які визначають, якою має бути якість новобудов, реконструкцій і термомодернізації. На державному рівні формуються національні цілі, індикатори та пріоритети, розробляються нормативні вимоги до енергоаудиту, сертифікації будівель, мінімальних рівнів енергоефективності, а також правила технічного нагляду та відповідальності за порушення. Держава створює інституційні рамки для роботи фінансових інструментів, забезпечує узгодженість між секторальними політиками, житловою сферою, соціальною політикою, енергетичною безпекою, кліматичними зобов'язаннями і відповідає за побудову довіри через прозорість, стабільність правил та підзвітність.

В умовах війни і повоєнного відновлення державне управління має забезпечити, щоб відбудова не відтворювала енерговитратні рішення, а відразу закладала вимоги до стійкості, безпеки та економії енергії, і щоб державні програми підтримки були орієнтовані на підтверджений результат, а не на формальне освоєння коштів. Роль муніципального менеджменту полягає в тому, щоб перетворювати державну політику на практичні рішення на рівні територіальних громад, оскільки саме громади найкраще бачать реальний стан житлового фонду, соціальну структуру населення та локальні ресурсні обмеження. Муніципалітет виступає координатором, який інтегрує енергоефективність у стратегії розвитку громади, у політику відбудови, у планування теплопостачання і в управління комунальною інфраструктурою, а також організовує сервісну підтримку мешканців і об'єднань співвласників багатоквартирного будинку через консультації, допомогу з документами, комунікацію, навчання та локальні програми співфінансування. На цьому рівні з'являється критично важлива функція фасилітації колективних рішень, адже в багатоквартирних будинках основною перепорою часто є не техніка, а здатність

співвласників узгодити проєкт, обрати підрядника та забезпечити контроль якості. У повоєнних умовах муніципальний менеджмент також має керувати ризиками, узгоджувати пріоритети між терміновими ремонтами та глибокою модернізацією й забезпечувати прозорий моніторинг результатів, щоб відновлення покращувало якість життя, а не лише відтворювало статус-кво.

У житловій сфері важливою стає роль професійних управителів будинків і сервісних компаній, які забезпечують сталість ефекту після модернізації, бо без якісної експлуатації систем опалення, вентиляції та обліку енергії навіть успішні проєкти швидко втрачають результат. Проте корпоративна роль розкривається повною мірою лише тоді, коли правила є передбачуваними, існують механізми зниження ризиків, а контролюючі інституції захищають споживача від недоброчесних практик.

2.2 Системний аналіз енергоефективності житлових будівель

Світова енергетична криза, що загострилася у 2022 році та повномасштабна військова агресія проти України, що супроводжувалася атаками на енергетичну інфраструктуру посилили виклик підвищення ЕЕ та визначили ЕЕ як «перше паливо» (first fuel) – найшвидший, найдешевший і найнадійніший спосіб одночасного забезпечення енергетичної безпеки, підвищення доступності енергії для споживачів та досягнення кліматичних цілей.

Поняття «енергетична ефективність», закріплене у Законі України «Про енергетичну ефективність», характеризує кількісне співвідношення між роботою, послугами, товарами або енергією на виході та витраченою енергією на вході. У цьому ж Законі зазначено, що енергія охоплює всі види палива та енергії, які використовуються в національній економіці, зокрема природний газ, вугілля, нафту, нафтопродукти, скраплений газ, відновлювані джерела енергії, теплову та електричну енергію, а також інші форми енергії. Водночас Міжнародна енергетична агенція (МЕА) трактує ЕЕ як використання меншої

кількості енергії для надання тієї ж послуги або того ж рівня результату, що робить акцент на співвідношенні «витрати-результат». ЕЕ розглядають як форму діяльності, спрямованої на досягнення максимально можливого корисного ефекту від використання енергетичних ресурсів за умови мінімізації негативного впливу на довкілля.

У контексті житлового сектору, який є одним із найбільших кінцевих споживачів енергії у світі (близько 40% загального енергоспоживання у розвинених країнах), ЕЕ набуває соціально-економічного значення. Вона безпосередньо впливає на рівень витрат домогосподарств через доступність комунальних послуг, якість і комфорт життя, стан здоров'я мешканців (відсутність плісняви, належна якість повітря), а також на рівень енергетичної бідності. Дослідження доводять, що політики ЕЕ не можуть бути успішними, якщо вони ігнорують соціальний вимір, зокрема концепцію «енергетичної справедливості» (energy justice), яка вимагає справедливого розподілу вигод і витрат від енергетичних політик [165].

Незважаючи на доведену економічну та технічну доцільність заходів з ЕЕ, наприклад, термомодернізації, на практиці спостерігається «розрив енергоефективності» – різниця між економічно оптимальним рівнем впровадження ЕЕ та фактичним, значно нижчим, рівнем її реалізації. Причини цього розриву лежать не лише в технічній, а й в управлінській, економічній та поведінковій площинах. Саме існування цього «розриву» зумовлює необхідність переходу від простої фіксації технічного потенціалу ЕЕ до активного управління цим процесом. Враховуючи викладене вище, можемо підсумувати, що подолання розриву доцільно розглядати як управління ЕЕ через призму системного підходу. Застосування онтологічного моделювання ЕЕ будівель у межах системного підходу дозволяє поглянути на будівлю як цілісну складну систему, у якій енергетичні ресурси перетворюються на корисні послуги для людини, зокрема тепловий комфорт, належну якість повітря, освітленість та забезпечення гарячою водою, які характеризуються економічними та екологічними критеріями як ціна на енергоресурси та емісія

CO₂. У такому підході ЕЕ розглядається не ізольовано як зменшення споживання енергії, а як результат узгодженої взаємодії конструктивних елементів будівлі, інженерних систем, режимів експлуатації, поведінки користувачів і зовнішніх умов середовища. Відтак онтологічне моделювання вносить ясність у систему управління, чітко виокремлює ті елементи знань, які необхідні підприємству для вирішення ситуацій у режимі реального часу [166]. У центрі онтології перебуває будівля як цілісна система. Онтологія ЕЕ будівель у системному підході виступає формалізованою моделлю знань, що поєднує технічні, економічні та експлуатаційні аспекти в єдиній логічній структурі. Вона дозволяє узгоджувати дані різної природи, забезпечувати прозорість оцінювання ЕЕ та створювати підґрунтя для обґрунтованих управлінських рішень щодо модернізації будівель і підвищення їхньої стійкості.

З метою застосування таксономії онтології для дослідження ЕЕ будівель ми використали дані енергетичних сертифікатів будівель, які містять розрахункові показники питомого річного енергоспоживання відповідно до чинних методик. Зібрані та опрацьовані на основі запропонованої методики дослідження житлових будинків дані представлено у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Вихідні дані для оцінки енергоефективності житлових будинків

	Клас ефективності	Рік прийняття в експлуатацію	Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт·год/м ²	Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м ² за рік	Коефіцієнт первинності	Питомі викиди парникових газів, кг/м ² за рік	Середня вартість енергії, грн/кВт·год (2013-2025 рр)	Опалювальна площа, м ²	Характеристики інженерних систем будівлі: опалення	Річне енергоспоживання при опаленні, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1970-1999										
1	G	1973	217,6	318	1,46	63	1,047	7165,4	Тепло постачання	75,87
2	B	1976	150,328	106,488	0,71	29,590	1.4483	12100,2	Тепло постачання	49

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	G	1990	261,2	669	2,56	122,2	1,44	6273	Електрична енергія	79
4	G	1981	232,0	188	0,81	37	0,6554	9 258,3	Теплопостачання	74
5	G	1981	325,226	463,319	1,42	91,043	0,6554	4924,3	Теплопостачання	87,54
6	B	1981	109,93	134,825	1,23	26,501	0,6554	13653,6	Газові котли	67,61
7	D	1983	157,933	186,285	1,18	36,838	0,6554	14863,5	Газові котли	58,72
8	C	2009	128,69	168,89	1,31	32,87	0,6554	2421,1	Газові котли	58,71
9	D	2016	129,3	169	1,31	33	0,60	1605,9	Газові котли	64,33
10	C	1960 (к.р 2020)	195	155,1	0,80	37	0,6554	583,5	Газові котли	72,5
11	B	1948 (рек 2021)	113,3	278	2,45	47	1,68	3 503,9	Електричні котли	52
12	C	1983	168,274	198,617	1,18	39,273	0,6554	12170,7	Газові котли	45,02
13	G	1973	232,6	318	1,37	63	1.4483	7165,4	Теплопостачання	75,8
14	E	1990	226,4	263	1,16	85	1.4483	2 037,5	Теплопостачання	47,64
15	C	1989	177,9	231	1,30	45	1,4483	8 100,5	Теплопостачання	42,5
16	G	1993	172,53	181,19	1,05	53,55	1.4483	10 662	Теплопостачання	58,6
17	G	2007	223,6	147,5	0,66	39	1.4483	3 395,2	Теплопостачання	65,89
18	C	2007	179	130,9	0,73	53,27	1.4483	4 055,7	Теплопостачання	35
19	G	1983	219,5	192	1,46	38	1.4483	11038,5	Теплопостачання	64,83
2020-2025										
1	C	2021	91,1	126,1	1,38	25,2	0,60	5243,95	Газові котли	70,1
2	B	2023	51,171	149,930	2,93	28,296	1,047	11025,3	Теплопостачання	53,17
3	B	2023	116,1	152	1,31	29	0,7545	5 535,1	Газові котли	45,1

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	С	2022	129,6	165	1,27	32	0,7545	4 791,6	Газові котли	52,7
5	С	2023	122,4	156	1,27	30	0,7545	3 473,5	Газові котли	56,1
6	С	2022	115,744	141,857	1,23	27,887	0,7545	7097	Газові котли	54,81
7	С	2021	28,6	156,7	5,48	28,6	0,7545	8063	Газові котли	65
8	С	2020	124,2	156	1,26	31	0,6554	3664	Газові котли	52,44
9	С	2020	113,22	144,5	1,28	33,02	0,7545	3919	Газові котли	64
10	В	2023	92,627	117,118	1,26	22,664	0,7545	12388,5	Газові котли	58
11	С	2021	123,3	102,5	0,83	24	0,7545	3370,9	Газові котли	62
12	С	2021	119,5	154	1,29	29	0,7545	3 112,3	Газові котли	57,3
13	В	2021	137,4	162,9	1,19	31,8	0,7545	5884,0	Газові котли	30
14	В	2021	98,7	118	1,20	22,9	0,7545	4279,8	Газові котли	61
15	С	2023	45,14	334,91	7,42	56,27	2,2428	3 790,0	Електричні котли	57
16	В	2023	92,9	171,2	1,84	31,9	1,4483	11787,2	Тепло постачання	38
17	В	2024 (п)	99,7	137,93	1,38	26,64	0,7545	5919,50	Газові котли	48,1
18	С	2024 (н.б)	112,9	147	1,30	28	0,7545	9 578,2	Газові котли	56,7
19	С	2020	98,8	107,9	1,09	21,6	0,6554	5557,64	Газові котли	74

Примітки: к.р. – капітальний ремонт; н.б. – нове будівництво; п – проєкт; рек – реконструкція

Дані про середню вартість енергії, грн/кВт.год (2013-2025 рр.) представлено у Додатку А.

Джерело: сформовано на основі енергосертифікатів

Аналіз даних таблиці свідчить про виражену диференціацію рівня енергоефективності житлових будівель залежно від періоду їх введення в експлуатацію, типу інженерних систем і класу енергетичної ефективності.

Будівлі 1970-1999 років характеризуються вищими показниками питомого споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання та охолодження (у середньому понад 180 кВт·год/м²), а також підвищеними значеннями первинної енергії та питомих викидів парникових газів, що в окремих випадках перевищують 60-90 кг/м² на рік. Особливо енергоємними є будівлі класу G із централізованим теплопостачанням або електроопаленням, що демонструють як високі коефіцієнти первинності, так і значні показники річного споживання енергії. Це вказує на застарілу теплоізоляцію, низьку ефективність систем регулювання та залежність від вуглецево інтенсивних джерел енергії.

Натомість будівлі 2020-2025 років мають суттєво кращі показники: середнє питома споживання знижується приблизно до 100-120 кВт·год/м², а питоми викиди – до 22-32 кг/м² на рік. Перевага газових котлів нового покоління та покращені теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій забезпечують зменшення кінцевого споживання енергії та скорочення вуглецевого сліду. Водночас у поодиноких випадках спостерігаються високі значення первинної енергії в електричних системах опалення, що пояснюється вищим коефіцієнтом первинності електроенергії. Загалом спостерігаємо позитивну динаміку підвищення енергоефективності житлового фонду, однак зберігається значна варіативність між об'єктами, що обґрунтовує необхідність адресної модернізації та застосування інструментів багатокритеріального оцінювання для пріоритизації інвестицій у термомодернізацію.

На рис. 2.7 представлено структуру споживання енергоресурсів для окремих, представлених у табл. 2.6 типу будівель. Аналіз представлених даних дозволив отримати такі результати на основі інтерпретації змісту значень коефіцієнта первинності структури споживання.

Для будівлі А (1973) значення $k_{PE} \approx 1,46$, що характерне для будівель із централізованим теплопостачанням, де втрати виникають переважно на етапі генерації та транспортування теплової енергії. Незважаючи на високе кінцеве споживання, первинне не є високим, що свідчить про відносно стабільну, хоч і

застарілу систему енергопостачання. Для будівлі Б (1990) значення $k_{PE} \approx 2,56$, що характеризує найгірше значення в табл. 2.6.

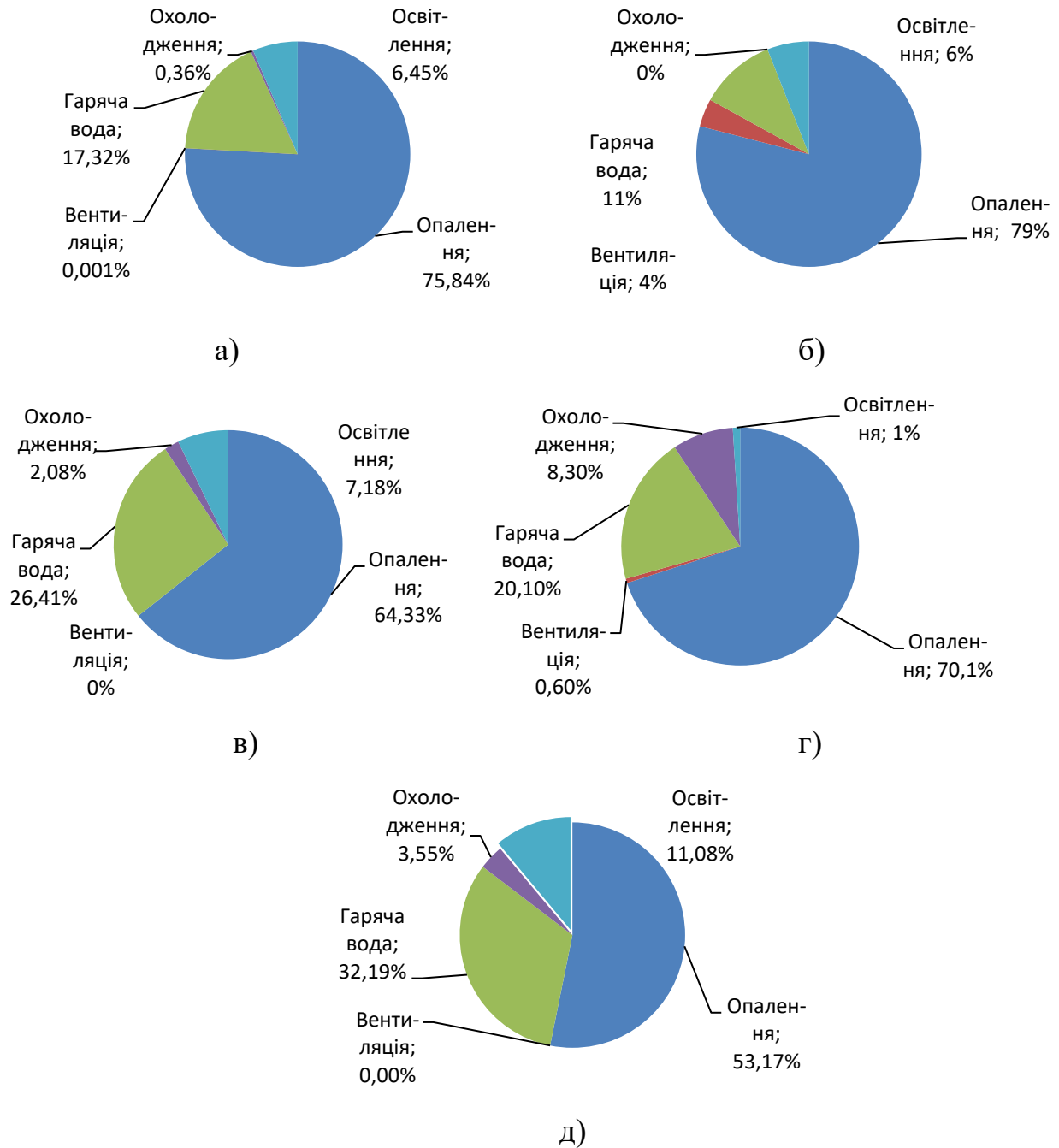


Рисунок 2.7 - Структура енергоспоживання житлових будинків: а) будівля А; б) будівля Б; в) будівля В; г) будівля Г; д) будівля Д.

Воно відображає використання електричної енергії для покриття теплових потреб. За відносно високого кінцевого споживання первинне зростає непропорційно, що вказує на низьку системну ЕЕ через високий коефіцієнт первинної енергії електроенергії. Для будівлі В (2016) значення $k_{PE} \approx 1,31$ є

найкращим. Воно пов'язане з використанням індивідуальних газових котлів, що свідчить про відносно ефективне перетворення кінцевої енергії на корисне тепло та зменшення втрат у ланцюгу енергопостачання. Для будівлі Г (2021) значення $k_{PE} \approx 1,38$ дещо вище, ніж для будівлі 2016 року, але можемо узагальнити, що воно знаходиться в діапазоні енергоефективних рішень. У поєднанні з низьким кінцевим споживанням це вказує на високу комплексну ЕЕ будівлі. Для будівлі Д (2023) значення $k_{PE} \approx 2,93$, що характеризує найвищий коефіцієнт первинності, попри дуже низьке кінцеве споживання. Це означає, що інженерна система теплопостачання спричиняє значні втрати або використовує енергоносії із високим коефіцієнтом первинної енергії. Фактично, енергоефективна оболонка будівлі не компенсує неефективності енергопостачання. Таким чином, динаміка питомого кінцевого споживання енергії показує чіткий тренд старих будівель (1973, 1990), що наближається до значень 217-261 кВт·год/м²·рік; будівлі після 2016 року мають тенденцію від 129 до 91 і 51 кВт·год/м²·рік. Це свідчить про покращення теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій, підвищення герметичності, застосування кращих проєктних рішень і дотримання нормативних вимог. Отже, енергоефективність оболонки зростає з роком після введення в експлуатацію.

Поєднання коефіцієнта первинності з типом інженерних систем дає змогу зробити такі висновки. Для будинків, що забезпечуються електроенергією (1990) характерним є високе первинне споживання навіть за порівняно нижчого $EP_{\text{фінального}}$, що підтверджує низьку системну ефективність такого рішення без теплових насосів; використання газових котлів (2016, 2021) забезпечує оптимальний баланс між кінцевою та первинною енергією, що робить ці будівлі найбільш енергоефективними в комплексному розумінні; централізоване теплопостачання (1973, 2023) демонструє суттєву залежність первинної енергії від ефективності мереж і джерела генерації, а не лише від якості будівлі. Домінування опалення у структурі річного енергоспоживання у таких будівлях означає, що для старих будівель пріоритетом є термомодернізація, для нових

будівель з високим k_{PE} – зміна або оптимізація системи енергопостачання [119].

Вплив споживацької поведінки на ЕЕ житлових будинків тісно пов'язаний із рівнем цін на енергію та типом використовуваного енергоносія. Підвищення середньої вартості енергії, зокрема для електричної енергії та централізованого теплопостачання, формує економічні стимули для зміни поведінки споживачів, що проявляється у зниженні комфортних температур, скороченні тривалості опалювального періоду або обмеженні використання енергомістких функцій. Водночас у будівлях з нижчою середньою вартістю енергії, таких як об'єкти з індивідуальними газовими котлами, споживацька поведінка є менш чутливою до цінових сигналів, що зменшує мотивацію до енергозбереження навіть за відносно низького питомого споживання енергії. Таким чином, ціна енергії виступає не лише економічним показником, а й поведінковим драйвером ЕЕ, що впливає на фактичне енергоспоживання через індивідуальні рішення користувачів будівель.

Порівняльний аналіз екологічного виміру ЕЕ показує, що навіть будівлі з низькою енергопотребою можуть характеризуватися підвищеними викидами CO_2 у разі використання енергоносіїв з високою вуглецевою складовою або неефективних систем теплопостачання. Навпаки, поєднання помірному споживання енергії з енергоносіями з нижчими викидами забезпечує значно кращі екологічні показники. Це свідчить про те, що зниження викидів парникових газів не є прямою функцією скорочення енергоспоживання, а потребує системних рішень щодо структури енергопостачання, модернізації інженерних систем та переходу до менш вуглецево інтенсивних джерел енергії.

Таким чином, застосування онтологічного підходу до дослідження ЕЕ дозволило провести комплексну оцінку ЕЕ, що базується на поєднанні їх компонентів:

- FE – питома кінцева споживання (технічно-поведінковий результат);
- C – вартість енергії (економічний результат);
- GHG – викиди (екологічний результат);

Визначення вагових коефіцієнтів дозволяє розрахувати інтегральний показник ефективності на основі формули:

$$EEi = 1 - (0,63 z_i^{FE} + 0,26 z_i^{GHG} + 0,116 z_i^C) \quad (2.2.)$$

де відповідно визначені ваги коефіцієнтів методом Сааті у Додатку Б.

Для здійснення факторного аналізу обґрунтовано вибір показників, що впливають на енергоефективність житлових будівель. Використання показників FE, PE, kр, GHG, Area та EEi для оцінювання енергетичної ефективності житлових будівель є методично обґрунтованим, оскільки вони охоплюють технічний, системний та екологічний виміри функціонування будівлі. Такий підхід дозволяє сформулювати комплексну модель оцінювання, яка не зводиться лише до обсягів споживання, а відображає структуру перетворення енергії, вплив на довкілля та коректність порівняння об'єктів різного масштабу.

Питоме кінцеве споживання енергії (FE) є базовим технічним індикатором, оскільки безпосередньо характеризує реальний рівень енергетичних потреб будівлі на одиницю площі. Саме цей показник відображає якість огорожувальних конструкцій, теплоізоляцію, ефективність інженерних систем і фактичний рівень теплових втрат. Використання питомого, а не абсолютного споживання забезпечує коректність порівняння будівель різної площі та функціонального призначення. FE є найбільш чутливим індикатором технічного стану будівлі, тому обґрунтовано виступає ключовим елементом інтегральної оцінки.

Первинна енергія (PE) доповнює технічний вимір системним контекстом, оскільки враховує втрати на етапах виробництва, транспортування та трансформації енергії. Якщо FE відображає внутрішню ефективність будівлі, то PE характеризує її вплив на енергетичну систему загалом. Включення PE дозволяє оцінити, наскільки енергоефективність будівлі узгоджується з принципами раціонального використання ресурсів на макрорівні. Таким чином, модель виходить за межі локального технічного аналізу й враховує системну енергоємність.

Коефіцієнт первинності K_p , який визначається як відношення PE до FE, має структурну функцію. Він відображає ефективність енергетичної трансформації та якість енергоміксу. Цей показник дозволяє ідентифікувати ситуації, коли низьке кінцеве споживання супроводжується високими втратами в системі або використанням більш вуглецево-інтенсивних джерел. Таким чином, K_p є індикатором системної збалансованості між локальною ефективністю та макроенергетичною раціональністю.

Викиди парникових газів (GHG) впроваджують екологічний вимір оцінювання. Сучасна концепція енергоефективності неможлива без урахування кліматичного впливу. Навіть за однакового рівня FE різні джерела енергії можуть генерувати різні обсяги викидів. Тому включення GHG дає змогу інтегрувати принципи декарбонізації та сталого розвитку в модель оцінювання житлового фонду.

Площа будівлі (A_{area}) використовується як нормуючий параметр і забезпечує коректність розрахунків питомих показників. Вона не визначає ефективність безпосередньо, але гарантує порівнюваність об'єктів і усуває масштабні спотворення.

Інтегральний індекс енергоефективності (EEI) формується на основі FE, PE та GHG, оскільки саме ці три показники охоплюють ключові виміри: технічний (ефективність використання енергії), системний (ресурсна інтенсивність) та екологічний (кліматичний вплив). Така трикомпонентна структура відповідає сучасній парадигмі енергетичного переходу, де ефективність визначається не лише обсягом споживання, а й характером джерела та його екологічними наслідками. Вибір саме цих змінних дозволяє уникнути дублювання інформації та забезпечує збалансованість індексу.

Не включення цінового фактора у модель є методично виправданим. Вартість енергії є зовнішнім економічним параметром, який залежить від тарифної політики, субсидій, інфляції та регуляторного середовища. Ціна не характеризує фізичну або технічну ефективність будівлі, а відображає ринкові умови, що можуть змінюватися незалежно від її енергетичних характеристик.

Включення цінового фактора могло б спотворити результати, оскільки будівля з однаковими технічними параметрами могла б демонструвати різну «ефективність» лише через коливання тарифів. Таким чином, модель свідомо відокремлює фізичну енергоефективність від економічної доступності енергії. Економічний аналіз здійснюється на наступному етапі через розрахунок окупності або витратної ефективності, але не розглядається як складова інтегрального техніко-екологічного показника.

Отже, обраний набір змінних забезпечує комплексну, об'єктивну та структурно збалансовану оцінку енергетичної ефективності житлових будівель, де технічні, системні та екологічні виміри інтегровані в єдину модель без впливу зовнішніх цінових коливань.

У табл. 2.8. представлено значення розрахованого інтегрального показника енергоефективності житлових будівель та представлено фактори, які впливають на даний показник.

Таблиця 2.8 – Дані енергоефективності житлових будівель

Період	ID	FE	PE	Kp	GHG	Area	EEi
1	2	3	4	5	6	7	8
1970–1999	1	217,600	318,000	1,4614	63,000	7165,4	0,427598
1970–1999	2	150,328	106,488	0,7084	29,590	12100,2	0,659960
1970–1999	3	261,200	669,000	2,5613	122,200	6273,0	0,135984
1970–1999	4	232,000	188,000	0,8103	37,000	9258,3	0,487720
1970–1999	5	325,226	463,319	1,4246	91,043	4924,3	0,131089
1970–1999	6	109,930	134,825	1,2265	26,501	13653,6	0,798939
1970–1999	7	157,933	186,285	1,1795	36,838	14863,5	0,660510
1970–1999	8	128,690	168,890	1,3124	32,870	2421,1	0,738820
1970–1999	9	129,300	169,000	1,3070	33,000	1605,9	0,739287
1970–1999	10	195,000	155,100	0,7954	37,000	583,5	0,573828
1970–1999	11	113,300	278,000	2,4537	47,000	3503,9	0,702101
1970–1999	12	168,274	198,617	1,1803	39,273	12170,7	0,630151
1970–1999	13	232,600	318,000	1,3672	63,000	7165,4	0,361908
1970–1999	14	226,400	263,000	1,1617	85,000	2037,5	0,321003
1970–1999	15	231,000	177,900	0,7701	45,000	8100,5	0,412546
1970–1999	16	172,530	181,190	1,0502	53,550	10662,0	0,540905
1970–1999	17	223,600	147,500	0,6597	39,000	3395,2	0,447094
1970–1999	18	179,000	130,900	0,7313	53,270	4055,7	0,524980
1970–1999	19	219,500	192,000	0,8747	38,000	11038,5	0,460229
2020–2025	20	91,100	126,100	1,3842	25,200	5243,9	0,847689
2020–2025	21	51,171	149,930	2,9300	28,296	11025,3	0,924829
2020–2025	22	116,100	152,000	1,3092	29,000	5535,1	0,774552
2020–2025	23	129,600	165,000	1,2731	32,000	4791,6	0,734966
2020–2025	24	122,400	156,000	1,2745	30,000	3473,5	0,757112

Продовження табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8
2020–2025	25	115,744	141,857	1,2256	27,887	7097,0	0,778268
2020–2025	26	28,600	156,700	5,4790	28,600	8063,0	0,981909
2020–2025	27	124,200	156,000	1,2560	31,000	3664,0	0,754102
2020–2025	28	113,220	144,500	1,2763	33,020	3919,0	0,770953
2020–2025	29	92,627	117,118	1,2644	22,664	12388,5	0,846276
2020–2025	30	123,300	102,500	0,8313	24,000	3370,9	0,770497
2020–2025	31	119,500	154,000	1,2887	29,000	3112,3	0,766535
2020–2025	32	137,400	162,900	1,1856	31,800	5884,0	0,717091
2020–2025	33	98,700	118,000	1,1955	22,900	4279,8	0,831346
2020–2025	34	45,140	334,910	7,4194	56,270	3790,0	0,850551
2020–2025	35	92,900	171,200	1,8428	31,900	11787,2	0,801765
2020–2025	36	99,700	137,930	1,3835	26,640	5919,5	0,819322
2020–2025	37	112,900	147,000	1,3020	28,000	9578,2	0,784682
2020–2025	38	98,800	107,900	1,0921	21,600	5557,6	0,837508

Примітка: розраховано на основі формули (1.13)

Як видно із табл. 2.8, дані розподілені на дві групи за періодом введення в експлуатацію чи ремонту будинку. Відповідно до цих груп проведено аналіз розподілу показників енергоефективності (рис.2.7).

Представлені графіки відображають розподіли основних характеристик енергоефективності житлових будівель для двох періодів – 1970-1999 та 2020-2025 років – і дозволяють комплексно оцінити структурні зрушення в енергетичних, екологічних та інтегральних показниках. Аналіз кривих щільності демонструє чітку трансформацію профілю енергоспоживання сучасних будівель порівняно зі старим житловим фондом.

Розподіл питомого кінцевого споживання енергії (FE) показує суттєве зміщення кривої для періоду 2020-2025 вліво, тобто в сторону нижчих значень. Старі будівлі характеризуються широким діапазоном і значно вищими середніми значеннями FE, що свідчить про їхню енергоємність та більші теплові втрати. Натомість сучасні будівлі демонструють компактний і сконцентрований розподіл у зоні нижчого споживання. Це підтверджує ефективність нових будівельних стандартів, кращих матеріалів та інженерних рішень.

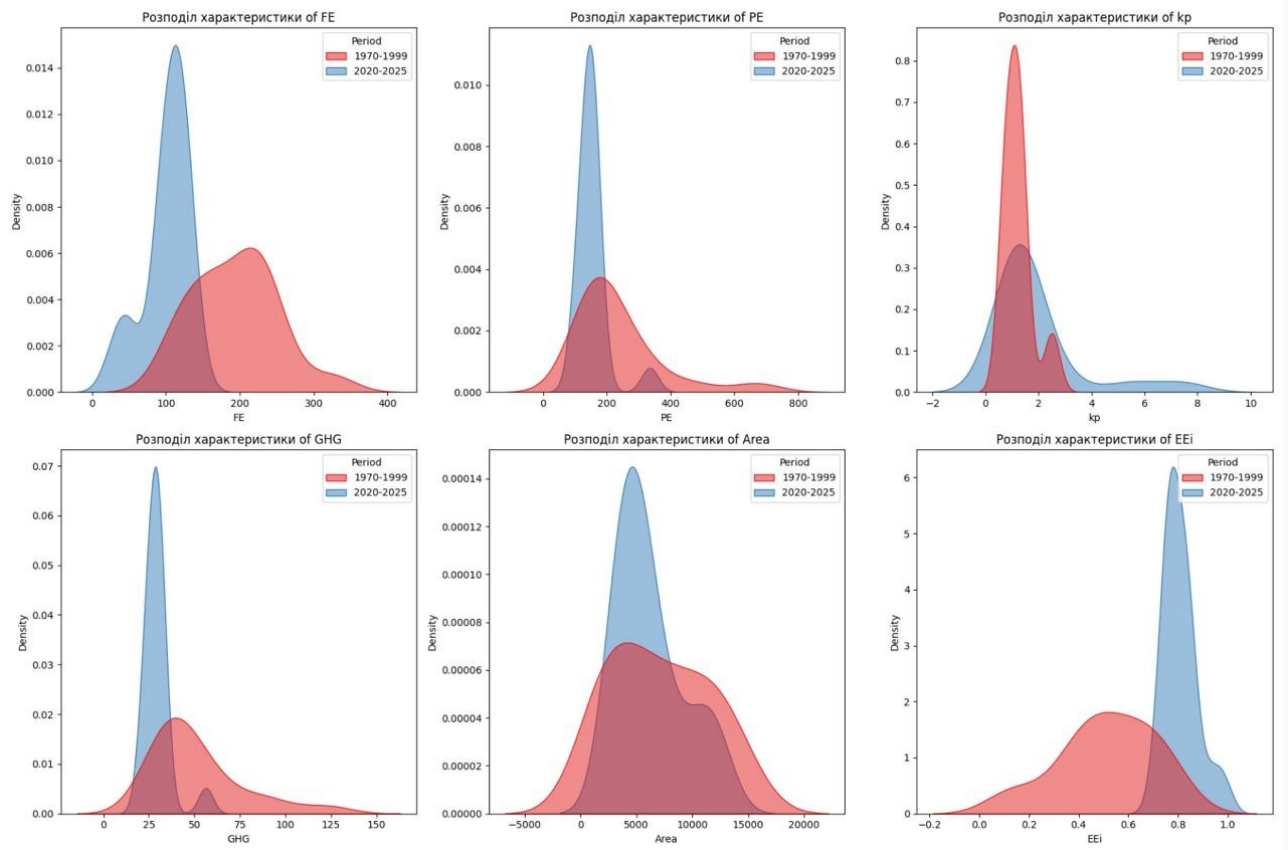


Рисунок 2.7 – Розподіл характеристики факторів енергоефективності за визначеними періодами часу

Джерело: сформовано на основі аналізу табличних даних

Аналогічна тенденція спостерігається для первинного споживання енергії (PE). Для 1970-1999 років розподіл є більш розтягнутим із наявністю високих значень, що свідчить про більшу системну енергоємність та втрати в енергетичному ланцюгу. У періоді 2020-2025 крива є більш вузькою та зміщеною до менших значень, що вказує на покращення енергетичного балансу та можливу зміну енергоміксу.

Розподіл коефіцієнта K_p (PE/FE) демонструє цікаву структурну відмінність. Для старого періоду значення K_p зосереджені у відносно вузькому діапазоні, тоді як у сучасному періоді спостерігається більша варіативність і наявність екстремальних значень. Це свідчить про диференціацію джерел енергії та різну ефективність трансформаційних процесів у нових будівлях. Частина об'єктів демонструє високий K_p , що може бути пов'язано з використанням електроенергії або складнішою енергетичною структурою.

Розподіл викидів парникових газів (GHG) чітко підтверджує декарбонізаційний ефект: крива для 2020-2025 років зміщена вліво та має значно меншу варіативність. Старі будівлі характеризуються ширшим спектром і вищими значеннями викидів, що узгоджується з результатами кореляційної матриці (рис. 2.8) та пояснює сильний зв'язок GHG із FE і PE. Це свідчить про поліпшення екологічних характеристик сучасного житлового фонду.

Розподіл площі (Area) не демонструє системного зміщення між періодами, що підтверджує висновок про відсутність впливу масштабу будівлі на інтегральний індекс EEI. Варіативність площ присутня в обох групах, однак вона не визначає енергетичну результативність.

Найбільш показовим є розподіл інтегрального індексу енергоефективності (EEI). Для періоду 2020-2025 спостерігається чітка концентрація значень у верхньому діапазоні (0,75-1,0), тоді як для 1970-1999 крива є ширшою і зміщеною до нижчих значень. Це свідчить про системне зростання рівня енергоефективності нових будівель. Відсутність суттєвого перекриття між розподілами підкреслює структурну відмінність між цими періодами.

Для відображення системних взаємозв'язків між технічними, екологічними та структурними параметрами житлових будівель сформовано кореляційну матрицю, яка дозволяє чітко визначити, які саме чинники формують інтегральний індекс енергоефективності (EEI). До аналізу включено такі змінні: питоме кінцеве споживання енергії (FE), первинне споживання енергії (PE), коефіцієнт K_p як співвідношення первинного та фактичного (кінцевого) споживання енергії (PE/FE), викиди парникових газів (GHG), площу будівлі (Area) та інтегральний індекс енергоефективності (EEI) (рис. 2.8).

Кореляційна матриця між показниками FE, PE, K_p , GHG, Area та інтегральним індексом енергоефективності EEI демонструє чітко структуровану систему взаємозв'язків, що дозволяє обґрунтувати як логіку побудови індексу, так і доцільність використання саме такого набору змінних у моделі оцінювання житлових будівель.

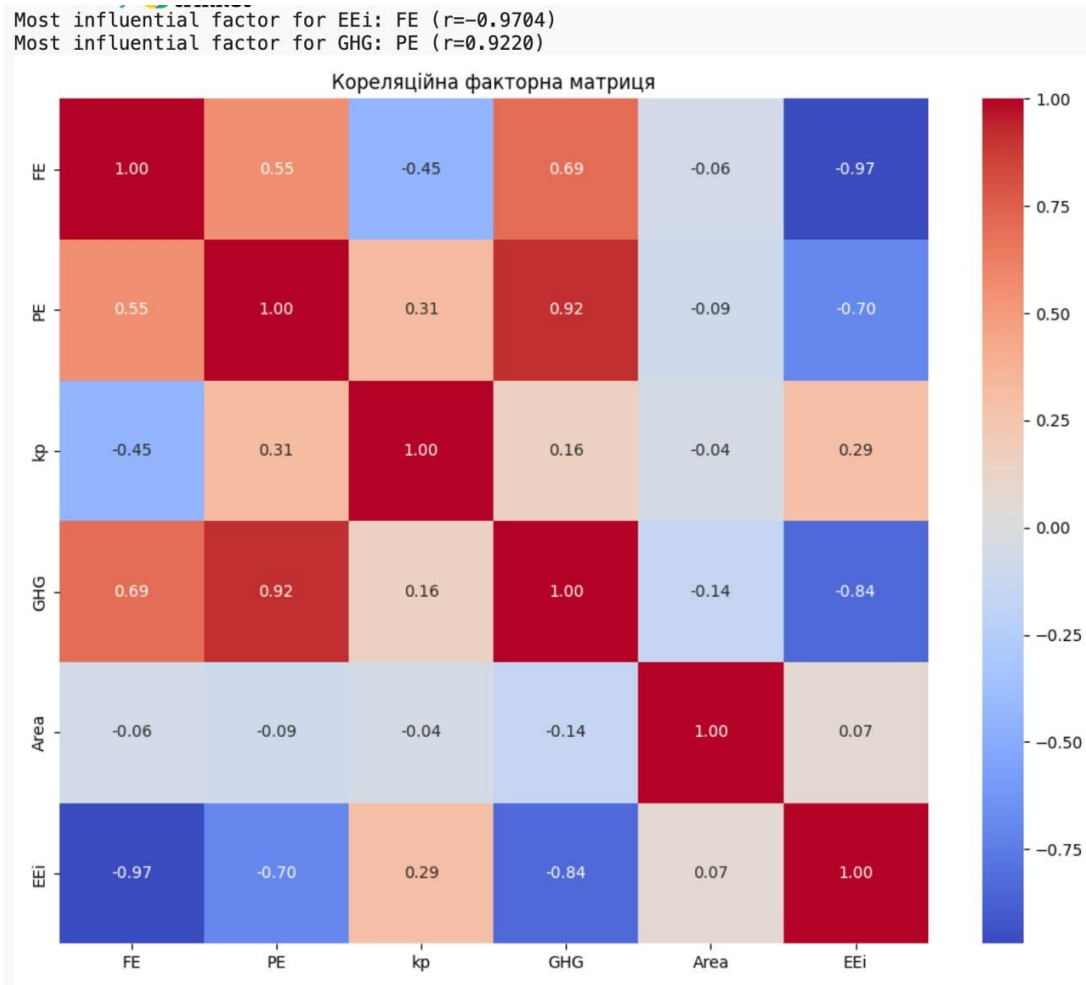


Рисунок 2.8 – Кореляційна матриця енергетичної ефективності житлових будівель

Примітки: інтенсивність кольору показує щільність зв'язку

Джерело: сформовано автором за результатами кореляційно-регресійного аналізу; візуалізацію теплової матриці побудовано з використанням інструментів штучного інтелекту.

Найсильніший зв'язок спостерігається між EEi та питомим кінцевим споживанням енергії FE ($r\sim-0,97$). Така майже функціональна залежність свідчить про те, що інтегральний індекс фактично відображає технічну результативність будівлі. Зі зростанням фактичного енергоспоживання значення EEi різко зменшується, що підтверджує коректність інтерпретації індексу як показника ефективності використання енергії. Це є методологічно обґрунтованим, оскільки саме кінцеве споживання відображає якість огорожувальних конструкцій, інженерних систем і рівень теплових втрат.

Іншим за силою чинником є показник викидів GHG ($r \approx -0,84$ щодо EEI). Це означає, що індекс має не лише технічну, а й екологічну природу. Зростання викидів призводить до зниження енергоефективності, що суперечить сучасним принципам сталого розвитку, де ефективність оцінюється не лише через споживання, а й через кліматичний вплив. Сильна позитивна кореляція між PE та GHG ($r \approx 0,92$) додатково підтверджує, що екологічний ефект визначається структурою первинного енергоспоживання.

Первинне споживання енергії PE має помірно сильний обернений зв'язок із EEI ($r \approx -0,70$). Це свідчить про те, що модель враховує системну енергоємність, але вона не є настільки визначальною, як фактичне кінцеве споживання. Таким чином, індекс не зводиться лише до енергетичної структури, а фокусується на реальному технічному результаті.

Особливої уваги потребує коефіцієнт K_r , який визначається як співвідношення первинного та фактичного споживання (PE/FE). Його слабкий позитивний зв'язок з EEI ($r \approx 0,29$) свідчить, що сам коефіцієнт трансформації не є прямим драйвером інтегральної ефективності. Водночас K_r відображає ефективність енергетичної системи та рівень втрат у процесі генерації й транспортування енергії. Помірний зв'язок між K_r та FE (негативний) і слабкий зв'язок із PE підтверджують, що K_r має скоріше структурний характер і не дублює безпосередньо вплив жодної з базових змінних. Це важливо для моделі, оскільки K_r додає системний вимір без створення повної колінеарності.

Площа будівлі практично не корелює з EEI ($r \approx 0,07$). Це підтверджує правильність нормування показників на одиницю площі та відсутність масштабного спотворення. Таким чином, великі та малі будівлі коректно порівнюються.

З точки зору методології, кореляційна матриця є доцільною з кількох причин. По-перше, вона дозволяє перевірити логічну узгодженість моделі: технічні показники повинні мати сильний вплив, екологічні – суттєвий, а масштабні – нейтральний. Отримані результати повністю відповідають цій логіці. По-друге, матриця дає змогу виявити потенційну мультиколінеарність

(зокрема між PE та GHG), що є важливим етапом перед побудовою регресійних або факторних моделей. По-третє, вона підтверджує, що інтегральний індекс не є випадковим агрегованим показником, а має чітко визначену структурну основу.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що інтегральний індекс енергоефективності житлових будівель має чітко виражену технічну домінанту, оскільки найбільш впливовим фактором є питоме кінцеве споживання енергії. Екологічна складова також відіграє суттєву роль, але вона структурно пов'язана з первинною енергією. Коефіцієнт K_p характеризує системну ефективність перетворення енергії, проте його вплив на кінцевий індекс є другорядним. Масштаб будівлі не впливає на результат оцінювання. Така структура залежностей свідчить про коректність методології формування EE_i як інтегрального показника, що поєднує технічну результативність та екологічну відповідальність, при цьому не спотворюючись через структурні або масштабні параметри.

Кластерний аналіз у даному дослідженні є методично доцільним продовженням кореляційного аналізу, оскільки дозволяє перейти від оцінки парних зв'язків до виявлення структурних типів будівель за сукупністю показників. Якщо кореляційна матриця відповідає на питання «які фактори впливають на EE_i і як вони взаємопов'язані», то кластеризація дозволяє з'ясувати «які групи будівель формуються в багатовимірному просторі ознак і чим вони відрізняються». Для задач енергоефективності це принципово важливо, адже політика модернізації, механізми фінансування та технічні рішення мають орієнтуватися не на окремі показники, а на типології об'єктів.

Доцільність кластерного аналізу обґрунтовується кількома аспектами. По-перше, дані мають багатовимірну природу (FE , PE , k_p , GHG , $Area$, EE_i), і простий однофакторний аналіз не дозволяє виявити приховані структури. По-друге, кореляційна матриця показала наявність сильних взаємозв'язків (зокрема $FE-EE_i$, $PE-GHG$), що формують латентні факторні осі. Саме тому застосування PCA (Principal Component Analysis)-проекції перед кластеризацією є

обґрунтованим: вона зменшує розмірність і виділяє головні напрями варіації без втрати суттєвої інформації. По-третє, у вибірці присутні два часові періоди (1970-1999 та 2020-2025), що потенційно формують структурні відмінності. Кластерний аналіз дозволяє емпірично перевірити, чи дійсно ці періоди утворюють різні групи (рис. 2.9).

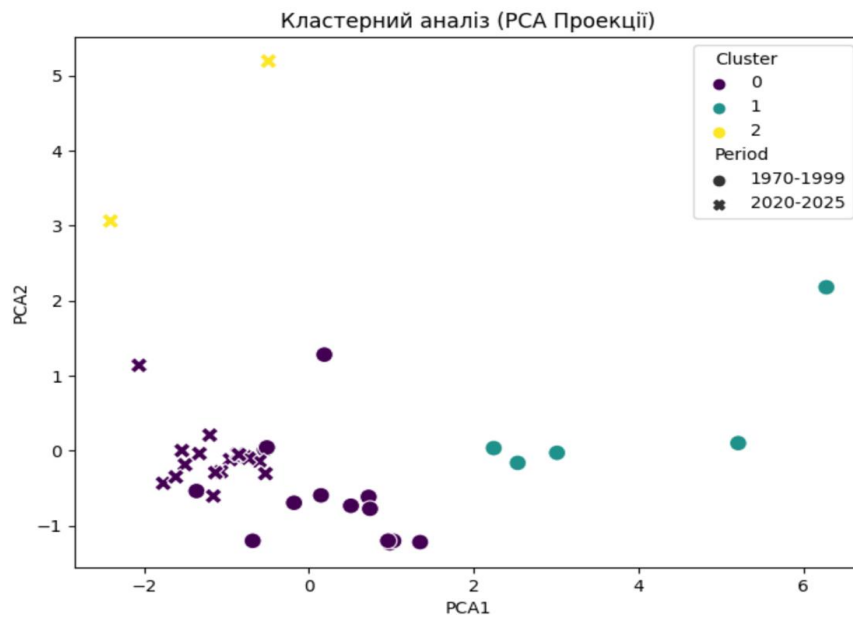


Рисунок 2.9 – Кластерний аналіз житлових будівель на основі показників оцінки енергоефективності

PCA-проекція показує чітку просторову диференціацію об'єктів. Вісь PCA1, з огляду на кореляційну структуру, фактично відображає градієнт енергетичної інтенсивності (від високого FE і GHG до низького FE та високого EEі). Вісь PCA2, ймовірно, пов'язана зі структурними характеристиками (зокрема зі співвідношенням PE/FE, тобто K_p , і специфічними відхиленнями в енергоміксі). Саме поєднання цих двох осей дає змогу візуально відокремити три кластери.

Перший кластер (умовно Cluster 0, фіолетовий) формує найбільшу групу. Він концентрується в зоні від'ємних значень PCA1 і невисоких значень PCA2. До нього входить переважна частина будівель 1970-1999 років. Цей кластер характеризується підвищеним кінцевим споживанням енергії, вищими викидами та середніми або низькими значеннями EEі. Це типова група

«традиційних енергоємних будівель», що потребують глибокої модернізації. Саме цей сегмент є основним об'єктом термомодернізаційної політики.

Другий кластер (Cluster 1, бірюзовий) розташований праворуч по PCA1 і характеризується значно вищими значеннями EEі та нижчим FE. До нього входять переважно об'єкти 2020-2025 років. Це група сучасних або модернізованих будівель із низьким питомим споживанням енергії та кращими екологічними показниками. Вони формують окрему структурну категорію з принципово іншим енергетичним профілем. Цей кластер відображає ефект нових будівельних норм, технологій і декарбонізації.

Третій кластер (Cluster 2, жовтий) є малочисельним і представлений об'єктами, що значно віддалені від основних груп. Він характеризується екстремальними значеннями Kr або PE (наприклад, дуже високим співвідношенням первинної та кінцевої енергії). Це атипові випадки з особливою структурою енергоспоживання або специфічним енергоміксом. Їх виділення в окремий кластер підтверджує чутливість алгоритму до структурних аномалій і дає змогу ідентифікувати об'єкти, що потребують індивідуального аналізу.

Важливо, що розподіл кластерів частково збігається з часовим періодом, але не повністю його дублює. Це означає, що кластеризація відображає не лише хронологічну різницю, а й багатовимірну енергетичну структуру. Деякі будівлі старого періоду можуть потрапляти до більш ефективного кластера (після модернізації), а окремі нові об'єкти можуть демонструвати атипову структуру через специфіку джерела енергії. Таким чином, кластерний аналіз дозволяє перейти від простого поділу «старі-нові» до функціональної типології.

Отримані результати підтверджують наявність трьох типів енергетичних профілів: традиційні енергоємні будівлі, сучасні високоефективні об'єкти та структурно атипові випадки з екстремальним співвідношенням первинної та кінцевої енергії. Це має практичне значення для формування диференційованої політики: для першого кластера доцільні програми глибокої термомодернізації,

для другого – підтримка інновацій і підтримання стандартів, для третього – детальний техніко-економічний аудит.

Отже, кластерний аналіз дозволяє виявити латентні типології будівель, підтверджує структурну диференціацію між періодами забудови та підсилює аналітичні висновки, отримані з кореляційної матриці. Він перетворює статистичну інформацію на управлінську основу для сегментації житлового фонду та розробки адресних заходів із підвищення енергоефективності.

2.3 Дослідження поведінки споживачів у формуванні політики енергоефективності житлових будинків

Добробут людей тісно пов'язаний із житловими умовами, доступом до ресурсів і можливістю підвищувати якість свого життя. В умовах швидкої урбанізації та зростаючої глобальної взаємозалежності забезпечення збалансованості цих чинників стає дедалі складнішим. Розширення міст, погіршення стану довкілля та техногенні виклики – декарбонізація, дефіцит ресурсів, управління відходами – змінюють роль житла: воно перестає бути лише економічним товаром і перетворюється на ключовий елемент соціальної стійкості та міської резиліентності. За таких обставин сектор житлової нерухомості виконує подвійну функцію: з одного боку, він відображає потенціал будівельної галузі, а з іншого – поведінкові реакції споживачів на сучасні трансформації.

Попри значний обсяг досліджень у сфері економіки нерухомості, залишається недостатньо вивченим вплив поведінкових і нецінових чинників на попит на житло, особливо серед молодих поколінь, які формують майбутні ринкові тренди. Традиційні моделі часто ігнорують психологічні, екологічні та соціальні аспекти, що визначають сучасний вибір споживачів. Це зумовлює потребу інтегрувати підходи поведінкової економіки та критерії сталого розвитку в аналіз житлового ринку для адекватнішого відображення реальної логіки ухвалення рішень.

Дослідження спрямоване на подолання цієї прогалини шляхом аналізу поведінкових детермінант попиту на житлову нерухомість серед покоління Z в Україні та Польщі – країнах із перехідною економікою та процесами європейської інтеграції. Емпіричною основою стала авторська анкета, що доповнила офіційні статистичні дані й дала змогу сформулювати поведінковий кейс щодо впливу тенденцій сталого розвитку та цифровізації на житлові вподобання молоді. За допомогою багатofакторного статистичного аналізу, коефіцієнта надійності Кронбаха та дискримінантного аналізу визначено ключові поведінкові, екологічні та технологічні чинники вибору житла.

Для дослідження поведінкового аспекту управління енергоефективністю в житловому секторі у роботі використано метод опитування для вивчення потреб та вподобань споживачів ринку житлової нерухомості. Опитування проводилося онлайн та охоплювало аудиторію університетів і їхніх зацікавлених сторін. Загальна вибірка становила 121 особу, з яких 55 були респондентами з України та 66 з Польщі. 53,8% респондентів – це люди віком до 25 років, а 37% – респонденти віком 26-44 роки; чоловіки та жінки приблизно в рівних пропорціях (52,5% та 47,5%); одружені та неодружені становлять відповідно 25% та 75%; 79,1% респондентів працюють, 6,6% – навчаються, 4,3% – не працюють.

Структура питань складається з 4 блоків, які, у свою чергу, включають питання, що уточнюють зміст цих блоків, зокрема:

Група факторів 1: Соціально-психологічні та екологічні цінності, яка охоплює питання, що визначають цінність житлових умов для респондентів (S&PE) (f1).

Група 2: Технічні та інноваційні підходи, що відображають екологічну інфраструктуру та розумні технології, для оцінки ставлення респондентів до інфраструктури та технічного рівня експлуатації житла (E&I) (f2).

Група 3: Цифровізація та екологічна обізнаність дозволяють оцінити ставлення до цифрових змін і готовність до розумної трансформації (D&E) (f3).

Група 4: Фінансово-економічні критерії та критерії ощадливості визначають важливість економічного статусу респондентів, фінансових можливостей та готовності до ощадливості в експлуатації житла (F&E) (f4).

Використовуючи метод дослідження поведінки споживачів ринку житлової нерухомості, зокрема під час формування анкети, використано опрацьовану інформацію про традиційні та сучасні атрибути житлової нерухомості. Сформовані питання мали на меті отримати думки респондентів щодо їхнього ставлення до цих атрибутів, їхньої пріоритетності, важливості тощо. Дані оброблялися за допомогою програмного пакета Statistica 8.0 [167]. Для обробки результатів опитування використовувалися такі методи обробки даних [168]: багатовимірний дослідницький аналіз для виявлення латентної структури опитування; конфірматорний факторний аналіз та перевірка внутрішньої надійності Кронбаха для формування загальних шкал опитування; порівняльний аналіз для виявлення відмінностей між українськими та польськими респондентами; дискримінантний аналіз даних для виявлення факторів, що спричиняють ці відмінності.

Сучасні виклики вимагають підвищення якості житла, узгодження принципів ринкової економіки зі сталим будівництвом для задоволення поточних і майбутніх потреб. Це включає збільшення обсягів будівництва, покращення інфраструктури та екологічно чисті матеріали, а також процеси з низьким рівнем відходів і мінімальним впливом на навколишнє середовище. Саме тому досліджуються поведінкові фактори, що впливають на попит, готовність громадськості до змін та обізнаність щодо стійких технологій. Вона підкреслює важливість залучення споживачів, зокрема молоді, до формування сталого житла через зворотний зв'язок, екологічну обізнаність та участь у процесі ухвалення рішень. Ключові детермінанти попиту включають аналіз потреб покупців і відгуків; сприяння екологічній свідомості; залучення споживачів через опитування та обговорення; а також пропонування стимулів для вибору сталого житла. Розуміння поведінки споживачів є життєво важливим для успіху та подальшого розвитку сталого житла. Врахування

поведінкового аспекту споживачів може підвищити інтерес і підтримку сталого будівництва, що сприятиме його подальшому розвитку та поширенню. Результати були отримані після обробки наданих відповідей. Обрані показники характеризують раціональні та ірраціональні мотиви щодо житлової нерухомості (Таблиця 2.9).

Таблиця 2.9 – Аналіз результатів дослідження

N	Питання	Мотиви поведінки споживачів	Оцінювані характеристики
1	2	3	4
Група 1 – І: a ₁₀ -a ₁₄ , a ₁₇ -a ₁₉ , a ₂₂ -a ₂₄ , a ₂₇ (21,3% вибірки)			
a ₈	Оцініть рівень довіри до агентів з нерухомості	іраціональні	S&PE
a ₁₀	Оцініть рівень використання інноваційних технологій енергопостачання у вашій нерухомості	раціональні	E&I
a ₁₁	Оцініть рівень використання інноваційних технологій водопостачання у вашій нерухомості	раціональні	
a ₁₂	Оцініть рівень використання технологій управління відходами у вашій нерухомості	раціональні	
a ₁₃	Оцініть рівень використання інноваційних технологій контролю води у вашій нерухомості	раціональні	
a ₁₄	Оцініть експлуатаційний рівень вашої нерухомості	раціональні	
a ₁₇	Оцініть рівень залучення дизайнерів до проектування вашої нерухомості	іраціональні	
a ₁₈	Оцініть рівень утилізації відходів у вашій нерухомості	іраціональні	D&E
a ₁₉	Оцініть рівень використання цифрових технологій в експлуатації вашої нерухомості	іраціональні	
a ₂₂	Оцініть рівень використання інноваційних технологій управління відходами у вашій нерухомості	раціональні	
a ₂₃	Оцініть рівень використання цифрових технологій для моніторингу стану повітря у вашій нерухомості	раціональні	
a ₂₄	Оцініть експлуатаційний рівень вашої нерухомості	іраціональні	F&E
a ₂₇	Оцініть рівень вашої фінансової спроможності впроваджувати покращення нерухомості	іраціональні	
a ₃₀	Оцініть рівень використання енергозберігаючих технологій у вашій нерухомості	раціональні	

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4
Група 2 – II: a6, a15, a20, a21, a25, a26, a32(12,7 % загальної вибірки)			
a6	Оцініть рівень важливості нерухомості для вас як місця для проживання з вашою родиною	раціональні	S&PE
a15		раціональні	E&I
a20	Оцініть рівень важливості для вас технічного та інноваційного стану вашої нерухомості	раціональні	D&E
a21		раціональні	
a25	Оцініть ваш рівень досвіду та знань щодо використання цифрових технологій у вашій нерухомості	раціональні	
a26		раціональні	
a32	Оцініть ваш рівень обізнаності щодо використання цифрових технологій в експлуатації вашої нерухомості	раціональні	F&E
Група 3 – III: a2-a5, a9, a16 (13,3% загальної вибірки)			
a2	Оцініть рівень покращення (ремонт, оновлення) вашого будинку	раціональні	S&PE
a3	Оцініть якість (зручність) вашої нерухомості	раціональні	
a4	Оцініть рівень просторового використання вашої власності	раціональні	
a5	Оцініть рівень безпеки вашої власності	раціональні	
a9	Оцініть рівень технічного стану вашої власності	раціональні	E&I
a16	Оцініть рівень інфраструктури на вашій власності	раціональні	
Група 4 – IV: a28, a29, a31(6,7% загальної вибірки)			
a28	Оцініть географічну зручність розташування вашої нерухомості	раціональні	F&E
a29	Оцініть рівень вашого бажання приймати гостей у своїй нерухомості	іраціональні	
a31	Оцініть рівень надання переваги власному житлу над орендованим	іраціональні	

Джерело: сформовано за результатами опитування

Раціональні мотиви мають прагматичну основу, спрямовану на досягнення максимальної вигоди за мінімізації витрат і покращення якості життя в довгостроковій перспективі. Ірраціональні мотиви – це суб’єктивні фактори, що залежать від особистих переконань власника, емоційних уподобань, соціальних аспектів і способу життя. До них належать рівень довіри до посередників, психологічна готовність до змін, важливість життя в сімейному колі, бажання приймати гостей та інші аспекти, що відображають індивідуальні пріоритети й уподобання. Ірраціональні мотиви менш піддаються вимірюванню та не

обов'язково спрямовані на підвищення об'єктивної якості нерухомості чи економічної ефективності. Вони більше пов'язані з емоційною та соціальною цінністю житла для власника. Обрані 24 показники, пов'язані з технічними, інноваційними, цифровими, економічними та інфраструктурними характеристиками нерухомості, характеризують раціональні мотиви поведінки. 10 показників, що відображають особисті та соціально-психологічні уподобання й цінності, характеризують ірраціональні мотиви. Поділ на зазначені групи було здійснено за результатами факторного аналізу кореляційної матриці. Крім того, узгодженість питань у межах групи перевірялася за α -Кронбахом. Таким чином, у роботі виділено 4 групи питань, які вказують на пріоритети респондентів щодо вимог до якості будівництва та визначають споживчі вподобання щодо житлового будівництва. Перша група (f1), що становить 21,3% від загальної дисперсії, є найчисленнішою та включає різні підгрупи, які, на думку респондентів, є визначальними для формування конкурентної пропозиції, орієнтованої на попит (потреби). Це включає соціально-психологічні, технологічно-інноваційні, цифрові, фінансові та економічні критерії. З отриманих результатів визначальними є фактори, що характеризують інфраструктуру та технічний стан житла. Пропонуючи технологічні рішення для покращення якості житла, слід впроваджувати технічні інновації, які, поряд з традиційною функціональністю, дозволяють вирішувати проблеми критичної інфраструктури: управління відходами, водопостачання, якість повітря тощо. Ці запити відповідають сучасній інфраструктурі, яка має тенденцію розвиватися в умовах створення контрзаходів на наслідки глобальних криз: глобального потепління через викиди CO₂, дефіциту енергії, стихійних лих (Туреччина) та війн (Україна). Прогнозується, що глобальна забудована площа подвоїться до 2060 року, і лише 3% інвестицій у нове будівництво є зеленими та ефективними, що призведе до високих викидів протягом десятиліть. Темпи реконструкції існуючих будівель ледве становлять 1%, що менше третини від темпів, необхідних для досягнення Паризьких кліматичних цілей. Зменшення викидів

вуглецю в будівлях матиме вирішальне значення для досягнення Паризької кліматичної цілі та нульових викидів до 2050 року. На будівлі припадає 28% світових викидів парникових газів, експлуатаційних викидів та 11% будівельних матеріалів і конструкцій. Чотири ключові тенденції сприяють будівництву з нульовими викидами вуглецю [169]: декарбонізація, електрифікація, енергоефективність та цифровізація. Ці тенденції працюють разом, щоб зменшити викиди вуглецю та загальні витрати на експлуатацію будівель і допоміжної інфраструктури.

Друга група показників (f_2), яка становить 12,7% від загальної дисперсії, включає фактори, серед яких переважає цифровий критерій. Цифровізація є важливим засобом енергоефективності та гнучкості попиту в будівлях. Розумні будівлі використовують передові датчики та керування, системну інтеграцію, аналітику даних та оптимізацію енергії для проактивного зменшення споживання та попиту на енергію, а також для покращення комфорту, здоров'я, продуктивності та сталого розвитку об'єктів. Вбудовування цих цифрових можливостей у «розумне» обладнання та прилади забезпечує додаткові переваги, зокрема підвищену надійність, дистанційне керування, а також зниження споживання енергії та викидів. Цю тенденцію можна було б доповнити конкретним прикладом. PassivDom – це український стартап, що спеціалізується на проектуванні та будівництві енергонезалежних модульних будинків. Ці будинки створюються за допомогою 3D-друку [170]. Каркас будинку – це одна монолітна деталь, зібрана в кілька етапів великими роботами-маніпуляторами, які працюють як великі 3D-принтери. Першою важливою особливістю PassivDom, окрім його численних розумних функцій, є його енергозберігаючі характеристики.

Третя група показників (f_3) (13,3% від загальної дисперсії) визначає орієнтацію споживачів на соціально-психологічні та техніко-інноваційні критерії з відповідними ваговими значеннями. Ця група менш численна, ніж попередні, але сигналізує про те, що споживачі віддають перевагу просторовому розташуванню нерухомості, питанням безпеки та покращенню.

Це, у свою чергу, свідчить про те, що ця група респондентів схильна до покращення умов проживання, що також слід враховувати під час ухвалення рішень щодо підвищення якості житлової нерухомості. Зрештою, вторинний ринок нерухомості також заслуговує на увагу, з огляду на високу вартість переробки будівельних відходів. Зазначимо, що будівельні та знесені відходи є двома елементами промислових відходів. За оцінками, вони становлять близько 30% усіх відходів ЄС. Європейський інститут ефективності будівель повідомляє, що в державах-членах щорічно утворюється 450-500 мільйонів таких відходів [171]. Результати дослідження також звертають увагу на важливість екологічного облаштування територій та створення системи парків і зон відпочинку, що є ефективним для розвитку міст і створення якісної житлової нерухомості [172].

Найменш чисельною та впливовою групою показників є 4-та група показників (f_4); респонденти зосереджувалися переважно на фінансових, економічних та ощадних критеріях, що становить лише 6,7% від загальної дисперсії. Їхня значущість порівняно з іншими групами вибраних показників є найменшою. Це може свідчити про те, що респонденти почуваються фінансово стабільними або досить гнучкими у вирішенні фінансових питань та визначенні пріоритетів умов, за яких вони досягнуть фінансової стабільності.

Оскільки дослідження проводилося одночасно на подібних групах респондентів в Україні та Польщі, доречно порівняти пріоритети мешканців цих двох країн. Як показали результати обробки анкет, суттєвих відмінностей у вибраних латентних факторах між Україною та Польщею немає. Слід зазначити, що сумарні показники шкал вибраних груп факторів також статистично не відрізняються для України та Польщі (табл. 2.10).

Таблиця 2.10 – Загальні індикатори вибраних груп для України і Польщі

Групи факторів	Середнє – Україна	Середнє-Польща	t-значення	p
f_1	47,6	43,9	1,54	0,125
f_2	31,1	29,1	1,97	0,051
f_3	26,4	25,7	0,68	0,495
f_4	13,2	13,7	-1,09	0,276

Аналіз відповідей респондентів з України та Польщі показав, що суттєву різницю у відповідях (близько 76%) мають питання, пов'язані із соціально-психологічним критерієм, зокрема: а5 – рівень безпеки (статистика Манна-Вітні $U=1331,5$, $p=0,012$), а8 – рівень довіри до посередників ($U= 949 000$, $p<0,001$), а також з техніко-інноваційним критерієм – а16 – рівень інфраструктури в нерухомості. Це, ймовірно, пов'язано з різним сприйняттям та інтерпретацією рівня безпеки нерухомості, з огляду на повномасштабну війну, що вирує в Україні. У той час як жителі Польщі вкладають у це поняття різне значення, пов'язане із захистом нерухомості від несанкціонованих посягань. Щодо рівня довіри до посередників на ринку нерухомості, то Польща має довший і позитивний досвід роботи з посередниками на ринку житлової нерухомості, на відміну від України. Досить суттєві відмінності є у відповідях респондентів з України та Польщі на деякі питання анкети. Це проявляється в межах техніко-інноваційних критеріїв та критеріїв щодо рівня цифровізації, а саме: йдеться про оцінку операційного рівня нерухомості та рівня досвіду й знань у використанні цифрових технологій у нерухомості. Зокрема: а14 – оцінка операційного рівня нерухомості (статистика Манна-Вітні $U= 1411,00$, $p=0,042$), а20 – рівень досвіду та знань у використанні цифрових технологій у нерухомості ($U= 1332$, $p=0,018$) (рис. 2.11)

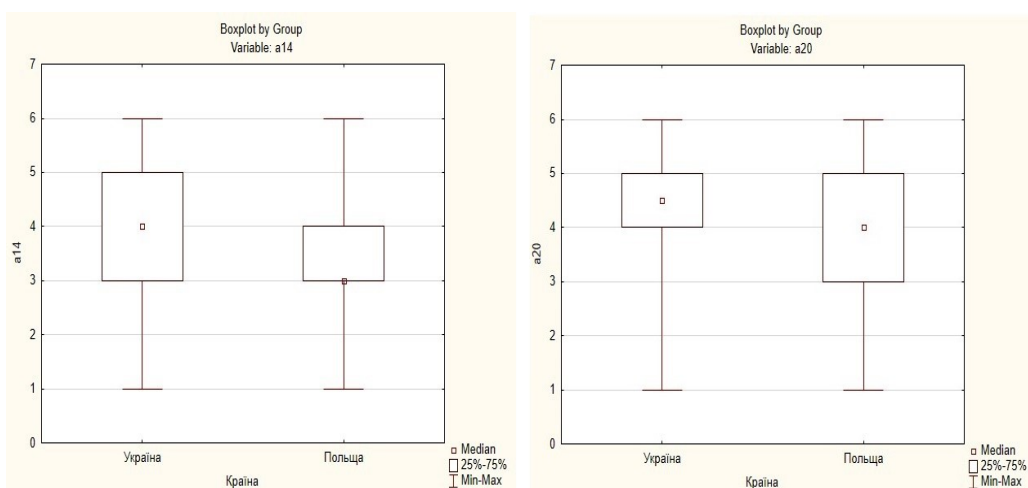


Рисунок 2.11. Відмінності в розподілі відповідей на запитання щодо оцінки операційного рівня нерухомості та рівня досвіду й знань у використанні цифрових технологій у нерухомості.

Результатом проведеного дослідження є розробка дизайну трикімнатної квартири, заснована на пріоритетному виборі 50,4% респондентів (вибір було зроблено з пропозиції 1-кімнатна квартира - обрані 5% респондентів, 2-кімнатна квартира та будинок – по 22,3% відповідей, 3-кімнатна квартира та більше – 50,4% відповідей). Цей дизайн враховує атрибути сучасного моделювання житлової нерухомості: традиційні, екологічні та розумні. У рамках кожного критерію були проаналізовані та включені в дизайн квартири конкретні атрибути. Рішення було адаптовано до результатів опитування, за якими були визначені найбільш значущі оцінювані характеристики. Кожен критерій оцінки житлової нерухомості враховує типові атрибути: функціональність, енергоефективність, безпеку, інтелектуальні функції та комфорт. Відповідно, змодельовано дизайн сучасної квартири, врахувавши висловлені респондентами пріоритети та досягнення сучасного інноваційного, технологічного та цифрового розвитку (рис. 2.12).

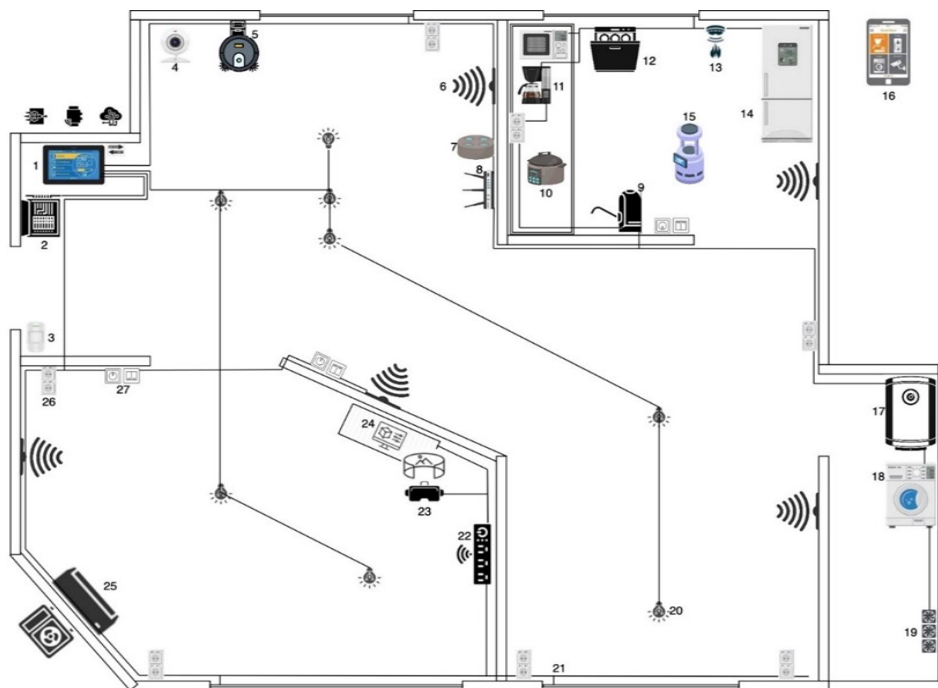


Рисунок 2.12 - Дизайн 3-кімнатної квартири з використанням екологічних та смарт-атрибутів.

Джерело: сформовано на основі поданої до друку статті: А. Polyanska, Zh. Poplavska, V. Babenko, D. Cichon, V. Psyuk, O. Mykytiuk. Integrating Behavioral Economics and Sustainability Criteria into Real Estate Decision-Making: Evidence from Generation Z Consumer Behavior.

Джерело: власний дизайн. Пояснення: 1. Центральний розумний хаб/панель керування: розміщується у вітальні, можливо, вбудований у стіну. Це мозок системи, який збирає дані з усіх датчиків та керує пристроями. Має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, показує споживання енергії, якість повітря, стан безпеки тощо; 2. Розумна електрична панель: з можливістю моніторингу споживання на окремих лініях та дистанційного керування. 3. Мобільний додаток/єдина платформа: для дистанційного керування, налаштування сценаріїв та моніторингу всіх систем квартири; 4. Камера відеоспостереження з аналітикою ШІ (розпізнавання обличчя та руху) та розумний замок для входних дверей інтегровані в Хаб (1) та доступні через додаток (16); 5. Робот-пилосос: інтегрований у систему, запускається за розкладом або за командою та може автоматично повертатися на базу; 6. Освітлення, клімат та датчики; 7. Голосові помічники: розміщуються в ключових зонах (вітальня, кухня, спальня) для зручного голосового керування; 8. Мережеве обладнання (маршрутизатор): забезпечує стабільне покриття Wi-Fi для всіх розумних пристроїв; 9. Фільтр для води: з розумним індикатором заміни картриджа. 10. Розумна мультиварка; 11. Розумна кавоварка/мікрохвильова піч; 12. Розумна посудомийна машина; 13. Датчики руху, відкриття вікон/дверей, диму, затоплення та витoku газу інтегровані в Хаб (1) та доступні через додаток (16); 14. Розумний холодильник: може відстежувати продукти, пропонувати рецепти, оптимізувати охолодження; 15. Роботизований помічник; 16. Додаток для дистанційного керування пристроями; 17. Розумна система бойлера/гарячого водопостачання: оптимізує нагрів води за графіком мешканців або за командою, враховує тарифи на електроенергію, інтегрована в Хаб (1), контролює споживання електроенергії, води та тепла в режимі реального часу. Надає рекомендації щодо економії коштів; 18. Розумна пральна машина; 19. Інтелектуальна вентиляція; 20. Адаптивне розумне освітлення: всі джерела світла – розумні світлодіодні (замість окремих «Еко-світла»). Яскравість та колірна температура автоматично регулюються залежно від присутності, часу доби, природного освітлення (дані з вікон) та сценаріїв («робота», «відпочинок»); 21. Розумні вікна із сонячними елементами: генерують енергію, передають дані про рівень освітленості до системи керування штучним освітленням та шторами, інтегрованої в Хаб (1), та контролюють споживання електроенергії, води та тепла в режимі реального часу. Надає рекомендації щодо економії коштів; 22. Розумні розетки: дозволяють контролювати споживання підключених пристроїв та дистанційно їх вмикати/вимикати; 23. VR-AR (віртуальна/доповнена реальність) рішення для розумного дому; 24. Розумне місце; 25. Клімат-контроль: система (пункти 19, 25) поєднує кондиціонування, опалення (за допомогою розумних термостатів на радіаторах або теплій підлозі) та вентиляцію. Вона автоматично підтримує задану температуру та якість повітря (на основі даних датчиків CO₂, вологості та температури), оптимізуючи споживання енергії. Включає автоматичне керування розумними шторами/жалюзі для контролю сонячного тепла; 26. Персональна комп'ютерна станція: інтегрована у вашу домашню мережу; 27. Розумний вимикач та контролер. Багатофункціональні розумні вимикачі замість простих перемикачів дозволяють запускати складні сценарії для освітлення, клімату, музики одним дотиком, інтегровані в Хаб (1), контролюють споживання електроенергії, води та тепла в режимі реального часу. Надає рекомендації щодо економії коштів.

Цей дизайн – це не просто набір окремих розумних пристроїв, а єдина інтелектуальна екосистема, де Hub (1) активно використовує дані з численних датчиків для автоматичного та проактивного керування освітленням, кліматом, споживанням енергії та безпекою, поєднуючи розумні технології з традиційними рішеннями для комфорту та екології (такими як розумні вікна або оптимізація ресурсів). Розумно-орієнтований дизайн квартири, представлений у цьому дослідженні, інтегрує екологічні та передові традиційні функції для підвищення комфорту та безпеки мешканців, одночасно забезпечуючи вимірні економічні вигоди протягом життєвого циклу нерухомості. Ці переваги виникають завдяки оптимізації використання ресурсів, зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню вартості нерухомості та мінімізації ризиків. Найбільш кількісно вимірюваним впливом є зниження витрат на комунальні послуги. Розумні термостати (рис. 2.12, поз. 17, 19, 25) можуть знизити витрати на опалення та охолодження на 8-15%, а в деяких випадках і до 30%, завдяки оптимізації розкладу, коригуванню на основі зайнятості та дистанційному керуванню [173]. Адаптивне світлодіодне освітлення (рис. 2.12, поз. 20), інтегроване з датчиками та системами Інтернету речей, скорочує споживання енергії для освітлення на 35-70%, а дослідження показують економію до 50% [174, 175]. Розумні прилади та розетки (рис. 2.12, поз. 22) ще більше зменшують споживання завдяки роботі в позапікові години та економічним режимам. Прогнозна діагностика запобігає дорогим поломкам, а виявлення витоків та проблем з живленням (розумна панель, рис. 2.12, поз. 2) мінімізує збитки. Непрямі вигоди включають економію часу завдяки автоматизації (наприклад, освітлення, клімат, прибирання – рис. 2.12, поз. 6), а також покращення здоров'я та продуктивності завдяки покращеній якості повітря.

Дослідження демонструє, що поведінка споживачів має суттєвий і безпосередній вплив на управління енергоефективністю у сфері житлової нерухомості. Отримані результати підтверджують, що інноваційні та технологічно орієнтовані чинники домінують у формуванні житлових переваг,

особливо серед представників покоління Z. Респонденти в Україні та Польщі надають пріоритет технологіям енерго- та водопостачання, системам контролю якості повітря і води, цифровим рішенням, автоматизації та інтелектуальним системам безпеки, а не виключно фінансовим або статусним мотивам. Такий зсув у бік раціональних, інноваційно зумовлених рішень свідчить про те, що енергоефективні та «розумні» рішення перестають бути додатковими опціями й стають ключовими детермінантами вибору житла. Відповідно, поведінкові аспекти мають інтегруватися в стратегії управління енергоефективністю, оскільки саме попит визначає доцільність, темпи впровадження та окупність технологічних рішень.

Запропонований дизайн «розумної» квартири наочно демонструє, як поведінкові переваги трансформуються у вимірювані енергетичні та економічні результати. Розумні термостати, адаптивне світлодіодне освітлення, інтелектуальні прилади, прогнозна діагностика та цифрові панелі керування забезпечують зниження енергоспоживання, операційних витрат і ризиків. Емпіричні дані свідчать про можливу економію на опаленні та охолодженні в межах 8-30%, скорочення споживання електроенергії на освітлення до 50%, а також скорочення строків окупності інвестицій (часто менше ніж п'ять років). Зростання ринкової вартості житла (приблизно на 5%) та підвищення орендних ставок (на 10-15%) підтверджують, що попит на «розумні» функції підсилює фінансову ефективність таких рішень. Отже, управління енергоефективністю не може обмежуватися лише технічною модернізацією, а має враховувати готовність споживачів до інвестицій та їхнє сприйняття цінності цифрових і екологічних рішень.

Свідомість споживачів щодо сталого будівництва та його переваг також заслуговує на увагу. Необхідно постійно докладати зусиль із просвітництва та підвищення рівня свідомості щодо сталого будівництва серед споживачів. Для вивчення думки мешканців Івано-Франківська щодо вибору стратегії ощадного використання енергетичних ресурсів було проведено опитування, результати якого наведено в табл. 2.11 [176].

Таблиця 2.11 – Стратегії ощадного використання енергетичних ресурсів

Критерії	Стратегії	Результати опитування/вибору (41 особа)																								
За рахунок розвитку навичок	Заощадження ресурсів: води, газу, тепла шляхом коригування побутових звичок та здійснення простих заходів, як налагодити крани та встановити тепловідбивні екрани за радіаторами	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рейтинг</th> <th>Кількість осіб</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>2,5%</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>12,5%</td></tr> <tr><td>5</td><td>6</td><td>15%</td></tr> <tr><td>6</td><td>16</td><td>40%</td></tr> <tr><td>7</td><td>12</td><td>30%</td></tr> </tbody> </table>	Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток	1	0	0%	2	0	0%	3	1	2,5%	4	5	12,5%	5	6	15%	6	16	40%	7	12	30%
Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток																								
1	0	0%																								
2	0	0%																								
3	1	2,5%																								
4	5	12,5%																								
5	6	15%																								
6	16	40%																								
7	12	30%																								
За рахунок модернізації	Утеплення приміщення, для прикладу, заміна чи заклеювання вікон, проведення теплоізоляції даху, модернізація системи вентиляції тощо	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рейтинг</th> <th>Кількість осіб</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>2,6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>2,6%</td></tr> <tr><td>5</td><td>9</td><td>23,1%</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td><td>30,8%</td></tr> <tr><td>7</td><td>16</td><td>41%</td></tr> </tbody> </table>	Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток	1	0	0%	2	0	0%	3	1	2,6%	4	1	2,6%	5	9	23,1%	6	12	30,8%	7	16	41%
Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток																								
1	0	0%																								
2	0	0%																								
3	1	2,6%																								
4	1	2,6%																								
5	9	23,1%																								
6	12	30,8%																								
7	16	41%																								
За рахунок використання інноваційних методів	Перехід на більш сучасні, енергозберігаючі та альтернативні джерела енергії та системи комунікацій, зокрема заміна газового котла твердопаливним за допомогою програми державного кредитування, і встановлення вітрогенераторів	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рейтинг</th> <th>Кількість осіб</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>1</td><td>2,6%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>2,6%</td></tr> <tr><td>4</td><td>6</td><td>15,4%</td></tr> <tr><td>5</td><td>4</td><td>10,3%</td></tr> <tr><td>6</td><td>12</td><td>30,8%</td></tr> <tr><td>7</td><td>15</td><td>38,5%</td></tr> </tbody> </table>	Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток	1	1	2,6%	2	0	0%	3	1	2,6%	4	6	15,4%	5	4	10,3%	6	12	30,8%	7	15	38,5%
Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток																								
1	1	2,6%																								
2	0	0%																								
3	1	2,6%																								
4	6	15,4%																								
5	4	10,3%																								
6	12	30,8%																								
7	15	38,5%																								
За рахунок оптимізаційного використання	Становлення приладів обліку, що дозволить платити лише за спожиті ресурси	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Рейтинг</th> <th>Кількість осіб</th> <th>Відсоток</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>0%</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>2,4%</td></tr> <tr><td>4</td><td>2</td><td>4,9%</td></tr> <tr><td>5</td><td>8</td><td>19,5%</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>14,6%</td></tr> <tr><td>7</td><td>24</td><td>58,5%</td></tr> </tbody> </table>	Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток	1	0	0%	2	0	0%	3	1	2,4%	4	2	4,9%	5	8	19,5%	6	6	14,6%	7	24	58,5%
Рейтинг	Кількість осіб	Відсоток																								
1	0	0%																								
2	0	0%																								
3	1	2,4%																								
4	2	4,9%																								
5	8	19,5%																								
6	6	14,6%																								
7	24	58,5%																								

Примітки: Беручи до уваги виділені критерії вибору стратегій ощадного використання енергетичних ресурсів, було розроблено опитувальник та проведено опитування 41 особи. Оцінювання проводилося за 7-бальною шкалою, зокрема: 1 – незадовільний рівень оцінки; 2 – дуже низький рівень оцінки; 3 – низький рівень оцінки; 4 – середній рівень оцінки; 5 – добрий рівень оцінки; 6 – високий рівень оцінки; 7 – дуже високий рівень оцінки. Попри те, що вибірка містить невелику кількість опитувань, отримані результати дають опис певним тенденціям прийняття рішень, а отже можемо виділити маркери когнітивної карти поведінки населення стосовно вибору стратегій енергоощадної поведінки населення

Як бачимо із результатів опитування, найбільша частка опитуваних підтримує стратегію за критерієм оптимізації використання енергетичних ресурсів за рахунок встановлення приладів, що дозволять обліковувати лише спожиту енергію.

Таким чином, вивчення споживацьких тенденцій та змін у ставленні споживачів до сталого будівництва дозволяє визначити чинники, що впливають на прийняття споживачами рішень щодо переваг продуктів сталого будівництва. Оцінка результатів вибору різних стратегій, спрямованих на залучення споживачів до сталого та розумного будівництва, свідчить про підвищення їхньої свідомості щодо сталого будівництва.

Слід зазначити, що готовність користувачів до використання розумних технологій має велике значення для впровадження технологій штучного інтелекту. Було проведено опитування респондентів з України та Польщі щодо їхньої оцінки комфортних умов проживання у своїх квартирах чи будинках. Було опитано 121 респондента, а структура опитаних становить 62 поляки та 59 українців. Серед питань анкети було кілька, що досліджували готовність та мотивацію споживачів до використання розумних технологій, зокрема в житловій нерухомості. Для оцінки отриманих результатів використовувалася шкала, згідно з якою оцінка 6 означає високий результат, а 1 – найнижчий результат оцінки. На рис. 2.13 представлено рівень використання респондентами енергозберігаючих технологій. Оцінка знаходиться на середньому рівні (3-4 бали – 63,3% респондентів), що може свідчити про зростаюче розуміння та застосування енергоефективних технологій споживання населенням. 17,5% респондентів відзначили високий рівень використання таких технологій у своїй власності. Отримані дані характеризують трансформаційний стан і зростаючу усвідомленість важливості енергоефективних технологій для зменшення споживання енергетичних ресурсів.

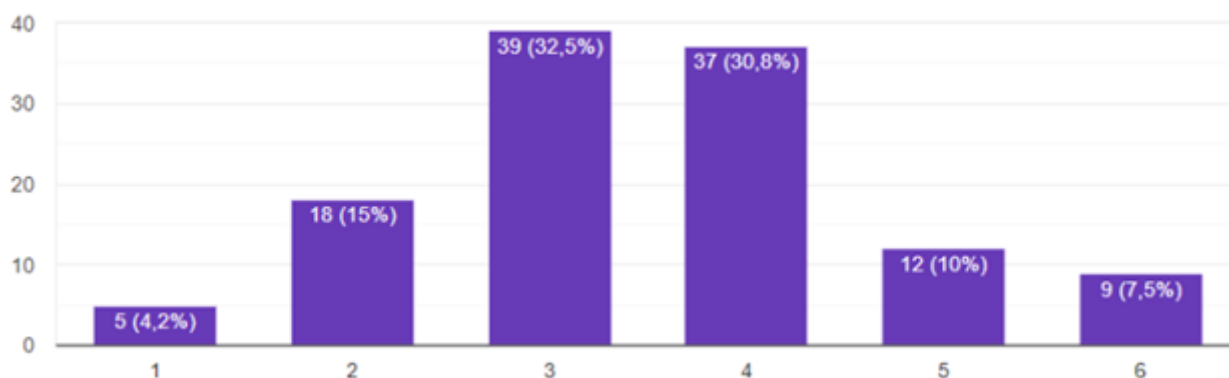


Рис. 2.13 Відповіді на питання «Оцініть рівень використання енергозберігаючих технологій у вашій власності» (заповнено автором)

На рис. 2.14 представлено результати опитування щодо використання цифрових технологій в обслуговуванні нерухомості. 22,5% респондентів оцінили високий рівень використання. Решта відповідей респондентів мають низький (19,2%) та середній рівень (63,3%) цього показника.

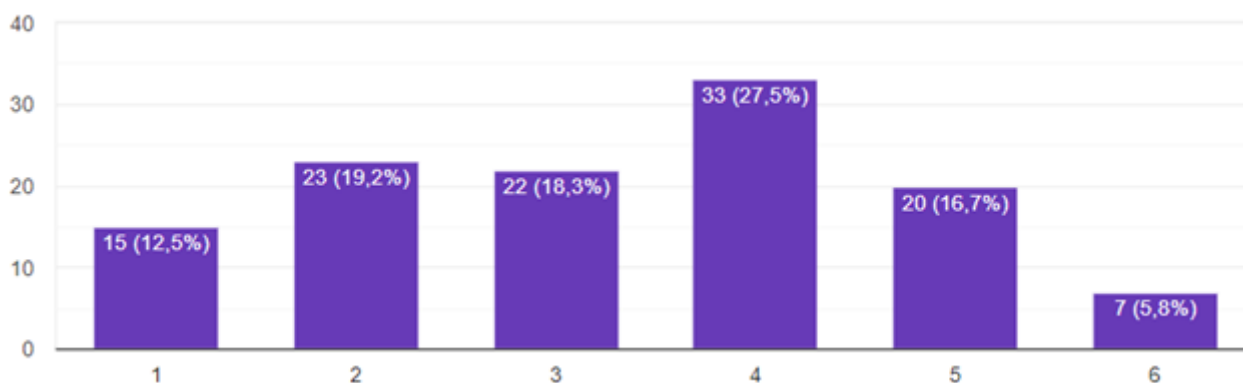


Рисунок 2.14 – Відповідь на питання «Використання технологій в експлуатації вашої нерухомості» [177]

Отримані результати можуть бути корисними для забудовників у розумінні попиту та врахуванні потреб споживачів під час формування якісної та розумної пропозиції. Також важливо визначити групи споживачів, які прагнуть розумних змін і можуть бути агентами змін у своїй поведінці. Результати показують, що фактори, які характеризують інфраструктурні та технічні умови житла, є визначальними. Найменш впливовими є фінансові, економічні та

ощадні критерії. 53,8% респондентів молодші за 25 років. Такий результат є інформативним для вибору відповідного розумного обладнання.

Наслідками проведених досліджень може бути виявлення переваг та перешкод сталого та розумного будівництва з точки зору споживачів та відповідно можливостей на напрямів діяльності, на які можуть бути орієнтовані відповідні органи місцевого самоврядування, девелопери, будівельні організації та інвестори, зацікавлені у вкладанні своїх коштів у повоєнне відновлення України. Дослідження може допомогти ідентифікувати ключові фактори, які впливають на ухвалення споживачами рішень щодо купівлі та будівництва житла на основі екологічно збалансованих рішень.

Важливо, що навіть у кризових умовах, зокрема під час війни в Україні, оцінка інноваційних і технічних характеристик житла залишається стабільною. Це свідчить про те, що енергоефективні та «розумні» рішення сприймаються як інструменти безпеки, автономності та довгострокової стабільності. У процесі повоєнної відбудови, коли зростає значення автономних систем життєзабезпечення та стійкості інфраструктури, розуміння поведінкових чинників стає критично важливим. Ігнорування споживчих очікувань може призвести до неефективного використання ресурсів і низького рівня впровадження енергозберігаючих технологій.

Інтеграція поведінкових досліджень із сучасними політичними підходами – такими, як економіка добробуту, інклюзивне зростання та сталі моделі міського розвитку – посилює інституційну основу управління енергоефективністю. В умовах, коли інвестиції в підвищення енергоефективності будівель у країнах із перехідною економікою залишаються обмеженими, орієнтація на попит дає змогу більш цілеспрямовано формувати фінансові інструменти, стимули та програми реконструкції.

Таким чином, дослідження поведінки споживачів є не лише маркетинговим інструментом, а й стратегічним компонентом управління енергоефективністю. Воно дає змогу узгодити технологічні інновації з реальними потребами суспільства та забезпечити, щоб повоєнна відбудова міст

базувалася на принципах енергоефективності, стійкості й економічної доцільності.

Підсумовуючи викладене вище, для оцінки середовища управління енергоефективністю в житловій сфері здійснено QUEST-аналіз, який базується на даних відкритих інформаційних ресурсів (Додаток В.)

Кількісний QUEST-аналіз енергоефективності житлового сектору Івано-Франківського регіону дозволяє оцінити поточний стан системи управління та співвіднести його з орієнтирами 2030 року, закладеними у Національному енергетично-кліматичному плані (NECP), державній програмі модернізації систем теплопостачання до 2030 року та траєкторії імплементації вимог ЄС щодо енергоефективності будівель.

Поточний профіль регіону характеризується середнім інтегральним рівнем готовності (умовно близько 55-60 балів зі 100). Основним об'єктивним обмеженням є кліматичний фактор: тривалий опалювальний період і високі градусо-добі формують значний базовий попит на тепло. Це означає, що без глибокої термомодернізації оболонки будівель досягти суттєвого скорочення споживання енергії неможливо. Значна частка житлового фонду збудована до 1990 року і має низький термічний опір огорожувальних конструкцій, що зумовлює високі питомі витрати тепла.

Позитивним фактором є наявність інституційної та фінансової основи для модернізації: діють програми підтримки ОСББ, механізми співфінансування заходів з термомодернізації, поступово впроваджуються індивідуальні теплові пункти та елементи погодного регулювання. Проте масштаб впровадження залишається недостатнім порівняно з потребами старого багатоквартирного фонду. Ключовим вузьким місцем є керованість систем теплопостачання: без масового переходу до споживчого обліку, автоматичного регулювання та балансування систем потенціал економії реалізується лише частково.

Цільовий стан до 2030 року визначається рамковими документами державної енергетичної політики та зобов'язаннями щодо наближення до стандартів ЄС. NECP передбачає реалізацію програми термомодернізації до

2030 року, запровадження концепції NZEB, створення національної бази будівель і посилення вимог до мінімальних енергетичних характеристик. Окремим напрямом визначено модернізацію систем централізованого теплопостачання із впровадженням споживчого обліку та підвищенням ефективності мереж. Таким чином, у 2030 році цільовий профіль QUEST повинен зміститися в зону 75-85 балів, що означає системну керованість, цифровізацію даних, масштабування інвестицій та відповідність нових будівель стандартам високої енергоефективності.

Порівняльний аналіз «поточний стан – 2030» показує, що найбільший приріст очікується за трьома напрямами:

- по-перше, глибина та охоплення термомодернізації існуючого фонду;
- по-друге, модернізація інженерних систем із переходом до погодозалежного регулювання та індивідуалізації споживання;
- по-третє, формування повноцінної цифрової інфраструктури управління (база будівель, енергетичні сертифікати, інтеграція з муніципальними даними).

Саме ці складові трансформують енергоефективність з «окремих проєктів» у керований регіональний процес.

Перспективи розвитку регіону до 2030 року пов'язані не лише зі скороченням енергоспоживання, а й із підвищенням стійкості та інвестиційної привабливості житлового сектору. Масштабна модернізація дозволить зменшити навантаження на домогосподарства, знизити потребу в бюджетних субсидіях, підвищити надійність теплопостачання та інтегрувати житловий сектор у ширшу траєкторію «зеленої» реконструкції. За умови реалізації цілей НЕСР і програм модернізації теплопостачання Івано-Франківський регіон має потенціал перейти від стану часткової готовності до системної енергоефективної моделі розвитку житлового фонду, де управління попитом, цифрові дані та якість проєктів стають основою довгострокової енергетичної безпеки.

Враховуючи сучасні тенденції політики енергоефективності, у роботі здійснено QUEST-аналіз для основних макрорегіонів України: Захід, Центр,

Південь, Схід (табл.2.12). Аналітичною основою для проведення QUEST-аналізу за макрорегіонами є аналітичні експертні оцінки, сформовані на основі досліджень [178-180].

Отримані результати аналізу дозволяють зробити такі висновки. Західний макрорегіон має відносно кращі стартові позиції за блоками Q2, E1, R, D, оскільки тут менша концентрація прямих воєнних пошкоджень, вища інституційна спроможність громад і кращі передумови для інвестицій у нове будівництво та реконструкцію. Додатково відзначається [181] інвестиційна активність у західному регіоні, зокрема великий виробничий проєкт поблизу Львова, що опосередковано підсилює потенціал для енергоефективного оновлення фонду. Водночас кліматичний тиск для Заходу залишається відчутним, тому Q1 тут не є високим.

Центральний макрорегіон займає проміжну позицію. З одного боку, тут вищий рівень адміністративної та фінансової керованості, концентрація населення, ОСББ, більша спроможність до впровадження цифрових рішень і програм модернізації. З іншого боку, Київська область входить до групи регіонів, на які припадає близько 72% сукупних пошкоджень, хоча саме тут уже зафіксовано значний прогрес у відновленні: влада повідомляла про відбудову 70% пошкоджених об'єктів у Київській області. Тому для Центру бали вищі, ніж для Півдня і Сходу, але нижчі, ніж потенційно можливі в мирних умовах.

Південний макрорегіон має слабші поточні позиції у блоках S1, S2, E2 та D через поєднання воєнних ризиків, пошкодження інфраструктури, вразливість енергосистем і менш рівномірний доступ до інвестицій та модернізаційних програм. Разом із тим, кліматичний тиск на тепло тут нижчий, ніж на Заході чи Сході, тому показник Q1 є кращим. Але саме менший попит на тепло не компенсує проблеми інфраструктурної стійкості та масштабування модернізації.

Таблиця 2.12 – QUEST: поточний стан та ціль 2030 для основних макрорегіонів України

Блок QUEST	Що вимірюємо (коротко)	Поточний бал				Цільовий стан до 2030	Ціль 2030
		Захід	Центр	Південь	Схід		
Q1. Кліматичний тиск, попит на тепло	Високий HDD / тривалий опалювальний сезон	40	45	55	38	Скорочення попиту на тепло через термомодернізацію житла та зниження питомого споживання	60
Q2. Оновлення фонду	Енергоефективність нового будівництва	68	65	60	45	Перехід нового будівництва до NZEB	85
S1. Теплопостачання, ІТП, керованість	ІТП, регулювання, стан мереж ЦТ	58	55	45	35	Масштабування modern DH, обліку, білінгу, керованості та стійкості систем	80
S2. Тарифний, економічний сигнал	Чи бачить споживач економію	62	60	50	45	Перехід до consumption-based metering & billing та регулювання споживання	75
E1. Фінансування, програми ОСББ	Співфінансування, портфель програм	72	68	58	45	Стабільна державна рамка підтримки термомодернізації й масштабування портфеля	85
E2. Масштаб модернізації	Скільки будинків реально модернізується	58	55	45	35	Досягнення мінімум базового масштабу термомодернізації до 2030	75
R. Норми, стандарти	Якість результату, контроль відповідності	63	62	58	50	Повне розгортання NZEB-підходу, мінімальних вимог та контролю якості	80
D. Дані, цифровізація	Реєстри, building database, дані для управління	58	60	52	45	Масштабування національної бази будівель та цифрового моніторингу	80

Джерело: сформовано на основі [178-180]

Східний макрорегіон має найнижчі поточні оцінки майже за всіма блоками, особливо за S1, E1, E2 та D. Причина очевидна: найбільша концентрація руйнувань житла, енергетичної інфраструктури та систем теплопостачання, а також високі безпекові ризики – саме у східних прифронтових і наближених до фронту областях. Це ускладнює не лише модернізацію, а й базове відновлення та підтримку керованості систем. Для Сходу до 2030 року потрібна не просто термомодернізація, а інтегрована модель відбудови житлового сектору, що поєднує енергоефективність, резилієнтні системи теплопостачання та цифровий моніторинг, спрямована на забезпечення стійкості, адаптивності та ефективного управління енергоспоживанням. Резилієнтність у цьому контексті означає здатність систем теплопостачання стабільно функціонувати в умовах криз і невизначеності, зокрема під час пошкоджень інфраструктури чи перебоїв у постачанні енергії, швидко відновлюватися після збоїв і адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Порівняльний QUEST-аналіз основних макрорегіонів України свідчить, що станом на 2025-2026 роки регіональна диференціація у сфері енергоефективності житлового фонду, теплопостачання та керованості модернізаційних процесів є суттєвою. Західний і частково Центральний макрорегіони мають відносно кращі стартові позиції завдяки меншому рівню руйнувань, вищій інституційній спроможності та кращим умовам для реалізації програм термомодернізації. Натомість південний і особливо східний макрорегіони характеризуються нижчими поточними оцінками через високу концентрацію пошкоджень житла й енергетичної інфраструктури, ускладнений доступ до інвестицій та обмеження для масштабного впровадження сучасних рішень у теплопостачанні. Водночас цілі до 2030 року для всіх макрорегіонів залишаються спільно заданими національною політикою: розвиток термомодернізації, впровадження NZEB-підходу, модернізація систем теплопостачання, перехід до обліку та виставлення рахунків на основі фактичного споживання, а також розгортання національної бази будівель і

цифрового моніторингу. Однак для Східного та Південного макрорегіонів досягнення цих цілей потребуватиме значно більшого акценту на відновленні стійкості, безпеки та базової функціональності інфраструктури. Узагальнений інтегральний QUEST-профіль представлено у табл. 2.13.

Таблиця 2.13. Узагальнений інтегральний QUEST-профіль (2025)

Блок	Захід	Центр	Південь	Схід
Q1 (HDD, попит на тепло)	40	45	55	38
Q2 (нове будівництво)	68	65	60	45
S1 (теплопостачання, ІТП)	58	55	45	35
S2 (економічний сигнал)	62	60	50	45
E1 (фінансування)	72	68	58	45
E2 (масштаб модернізації)	58	55	45	35
R (норми, стандарти)	63	62	58	50
D (дані, цифровізація)	58	60	52	45

Джерело: сформовано на основі досліджень

Таким чином, кількісний QUEST-аналіз житлового сектору України демонструє, що регіональні відмінності мають переважно інтенсивний, а не структурний характер. Незважаючи на варіацію інтегрального індексу в межах 40-68 балів, усі макрорегіони характеризуються однаковими системними обмеженнями: високим попитом на тепло, зумовленим кліматичними умовами, домінуванням застарілого житлового фонду, низькою енергоефективністю будівель, а також інституційною та технологічною недорозвиненістю систем теплопостачання та управління споживанням енергії.

Встановлено, що Україна загалом споживає на 32% більше теплової енергії на одиницю площі порівняно зі середнім рівнем ЄС, що підтверджує системний характер неефективності житлового сектору.

Відмінності між регіонами визначаються переважно рівнем пошкодження інфраструктури, доступом до фінансування та інституційною спроможністю, але не змінюють базову архітектуру проблеми. Таким чином, житловий сектор України може розглядатися як єдина система з різним ступенем деградації.

Це дозволяє обґрунтувати, що організаційно-економічні механізми, апробовані на прикладі західних регіонів, зокрема Івано-Франківської області, є масштабованими на інші регіони країни. Відмінності полягають не в зміні

моделі, а в необхідності її адаптації за параметрами фінансування, відновлення інфраструктури та рівнем ризиків.

Висновки до другого розділу

У другому розділі проведено аналіз стану енергоефективності житлових будівель в Україні та Івано-Франківському регіоні. Загальний аналіз житлового фонду засвідчив його погіршення з 2014 року, з подальшим частковим відновленням тенденції до зростання. GAP-аналіз ключових показників енергоефективності виявив значний розрив між поточним станом і європейськими орієнтирами, зокрема концепцією NZEB. Високе питоме енергоспоживання, низькі темпи термомодернізації, відсутність сегмента NZEB та значна частка житлового сектору у кінцевому енергоспоживанні свідчать про системну енергоємність і фрагментарність управління.

Важливу роль відіграє рівень управління багатоквартирними будинками, де ключовою проблемою є «проблема колективної дії», що залежить від соціального капіталу, довіри та організаційної спроможності співвласників. Водночас державне управління формує стратегічні орієнтири, нормативні вимоги та інституційні рамки, забезпечуючи узгодження енергетичної, житлової та кліматичної політики. У контексті повоєнного відновлення важливо орієнтувати відбудову на сучасні стандарти енергоефективності.

Муніципальний рівень трансформує державну політику у практичні рішення через програми розвитку, теплопостачання та співфінансування. Професійні управителі забезпечують експлуатацію систем і підтримують енергетичний ефект. Таким чином, ефективність підвищення енергоефективності залежить від взаємодії держави, громад і співвласників.

На основі ознайомлення із діючими методиками оцінки енергоефективності житлових будівель, враховуючи вітчизняний та міжнародний досвід оцінювання енергоефективності житлових будівель, удосконалено методика розрахунку інтегрального показника енергоефективності житлових будівель на основі використання даних

первинного та кінцевого енергоспоживання, вартості енергії, площі опалення, що враховує не тільки технологічні параметри, але і ринкові та соціально-економічні детермінанти енергоефективності, що дозволяє отримати комплексну оцінку стану енергоефективності житлових будівель, дослідити її детермінанти та враховувати отримані результати для формування програм енергомодернізації. Основними чинниками енергоефективності є вік будівель, стан інженерних систем і поведінка споживачів. Аналіз на основі енергетичних сертифікатів дозволив провести кореляційний, факторний і кластерний аналіз. Встановлено, що сучасні будівлі характеризуються нижчим споживанням енергії та викидами, а також вищою ефективністю. Це підтверджує доцільність використання інтегрального індексу EEI.

Онтологічний аналіз показав, що оцінка енергоефективності не може базуватись лише на кінцевому споживанні, оскільки коефіцієнт первинності відображає системні втрати. Запропонована методика є ефективною для діагностики, але потребує доповнення фактичними даними, динамічним моделюванням і поведінковими аспектами.

Кількісний QUEST-аналіз Івано-Франківського регіону показує середній рівень готовності (55-60 балів). Основними обмеженнями є кліматичні умови та застарілий житловий фонд. Попри наявність інструментів підтримки, масштаб модернізації залишається недостатнім. Порівняльний аналіз свідчить, що Західний регіон має найвищу готовність, Центральний – близькі позиції, тоді як Південний і особливо Східний регіони відстають через інфраструктурні та фінансові обмеження.

Цільовий стан до 2030 року передбачає досягнення 75-85 балів за QUEST за рахунок масштабної термомодернізації, модернізації інженерних систем, впровадження обліку та цифрових рішень. Це забезпечить перехід до системної моделі управління енергоефективністю та інтеграцію житлового сектору у процес «зеленої» реконструкції.

РОЗДІЛ 3

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ В ЖИТЛОВІЙ СФЕРІ З УРАХУВАННЯМ ВИКЛИКІВ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

3.1. Організаційно-економічні засади формування ефективної системи управління енергоефективністю в житловій сфері

Повоєнна відбудова України ставить перед науковою спільнотою та управлінцями завдання безпрецедентної складності: не лише відновити зруйновану інфраструктуру, а й здійснити якісну трансформацію житлового сектору на засадах енергонезалежності та сталого розвитку. Традиційні підходи до управління енергозбереженням, що домінували в довоєнний період, виявили свою обмеженість в умовах екстремальних зовнішніх шоків і дефіциту ресурсів. Відтак формування ефективної системи управління енергоефективністю вимагає розробки принципово нового організаційно-економічного механізму (ОЕМ), який би інтегрував інструменти антикризового менеджменту, можливості цифрових технологій і принципи європейського «Зеленого курсу» (Green Deal). У цьому підрозділі, спираючись на системний підхід та аналіз літературних джерел, розкрито сутність, архітектуру та функціональний зміст ОЕМ.

У сучасній економічній науці категорія «організаційно-економічний механізм» трактується як складна, багаторівнева система взаємозв'язків між суб'єктами управління, що забезпечує трансформацію вхідних ресурсів у бажаний результат через сукупність організаційних структур, методів, важелів та інструментів впливу [182]. У контексті енергоефективності житлової сфери, специфіка цього механізму визначається дуалістичною природою самого об'єкта управління: з одного боку, житло є приватним активом, з іншого – його енергетичні характеристики безпосередньо впливають на національну безпеку та екологічну стійкість держави.

Виходячи із організаційно-економічних засад управління енергоефективністю, ефективність системи залежить від узгодженості цілей на трьох рівнях: національному (енергонезалежність), муніципальному (стійкість інфраструктури) та приватному (комфорт і економія витрат). Базуючись на системному підході, пропонуємо розглядати управління енергоефективністю як сукупність двох підсистем:

1. Керуюча підсистема (суб'єкт управління): державні органи (Мінвідновлення, Держенергоефективності), органи місцевого самоврядування (ОМС), енергоаудитори, управителі, мешканці.

2. Керована підсистема (об'єкт управління): житловий фонд, енергетичні потоки, поведінка споживачів, інвестиційні ресурси.

Зв'язок між ними забезпечується організаційно-економічним механізмом, структура якого, на нашу думку, має включати такі блоки (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Аналіз змін в житловому фонді України до і після проголошення незалежності

Компоненти механізму	Зміст та функціональне призначення	Інструментарій реалізації
Інституційно-організаційний	Формування архітектури суб'єктів, розподіл повноважень, регламентація процесів взаємодії.	Нормативно-правові акти, стандарти (NZEB), енергоаудит, сертифікація, створення ОСББ, ЕСКО.
Фінансово-інвестиційний	Забезпечення ресурсами, диверсифікація джерел фінансування, управління ризиками.	Гранти, пільгові кредити, «теплі кредити», зелені облігації, револьверні фонди, державно-приватне партнерство (ДПП).
Мотиваційно-поведінковий	Формування стимулів для енергоощадної поведінки, подолання патерналізму.	Тарифна політика, податкові пільги, інформаційні кампанії, «підштовхування» (nudging).
Інноваційно-технологічний	Впровадження новітніх технологій управління та моніторингу.	Smart-metering, BEMS (Building Energy Management Systems), цифрові двійники, Human-AI synergy.

Джерело: Сформовано автором

Важливим теоретичним аспектом є зміна парадигми управління під впливом війни. В умовах кризи управління зміщує акценти з «максимізації ефективності» на «забезпечення живучості» (resilience) [183]. Це означає, що OEM має передбачати сценарії роботи в умовах дефіциту енергії, пошкодження мереж та необхідності швидкого розгортання автономних систем життєзабезпечення.

Традиційна, жорстко централізована модель управління енергетикою, успадкована від радянської епохи, виявилася неефективною в сучасних умовах. Європейський досвід, зокрема Директиви ЄС 2010/31/EU та 2012/27/EU, вказує на необхідність багаторівневого врядування (multi-level governance), де ключова роль відводиться місцевим громадам.

На національному рівні організаційна складова механізму забезпечує стратегічні засади та політику. Прийняття Закону України «Про енергетичну ефективність» стало важливим кроком, проте його імплементація гальмується відсутністю розяснюючих нормативних актів і війною. Зокрема, створення системи гарантування та страхування ризиків сприятиме залученню приватного капіталу та децентралізації переходу від ситуативного реагування до стратегічного енергоменеджменту, що передбачає:

1. Інституціоналізацію енергоменеджменту: створення профільних структурних підрозділів (енергетичних агенцій) у складі виконкомів, а не просто покладання обов'язків на комунальників.

2. Муніципальне енергетичне планування: розробка планів дій сталого енергетичного розвитку та клімату (ПДСЕРК), які стають обов'язковою умовою доступу до міжнародних фондів.

3. Локалізацію нормативної бази: впровадження місцевих програм співфінансування, які доповнюють державні програми (наприклад, компенсація відсотків за кредитами «Енергодім»).

На мікрорівні важливу роль відіграє ОСББ як інститут замовника. Найслабшою ланкою організаційного механізму залишається здатність співвласників до колективних дій. Практика показує, що війна загострила кризу

управління в ОСББ, а саме виїзд голів правління, неможливість зібрати кворум, зниження платіжної дисципліни тощо. Нові рішення формуються оперативно, проте залишається багато питань, які, зокрема, можна вирішити у площині цифрових технологій: «перешкодою для поширення та застосування існуючих електронних сервісів є, по-перше, відсутність навичок та електронних підписів у співвласників». По-друге, «існуюча система державної реєстрації, яка технічно та методологічно не готова працювати з електронними документами» [184].

Для вирішення цієї проблеми OEM має впроваджувати механізми професійного управління проектами. Важливою є модель, за якої функція замовника заходів енергоефективності делегується від ОСББ до спеціалізованих муніципальних компаній з управління проектами або приватних ЕСКО, що діють за муніципальними гарантіями. Це знімає організаційний тягар з непрофесійних співвласників, залишаючи за ними лише функцію контролю та ухвалення ключових рішень.

Сучасний етап розвитку управлінських технологій у сфері енергетичної ефективності характеризується фундаментальним переходом від статичних, регламентованих моделей до динамічних адаптивних систем, що базуються на обробці великих масивів даних (Big Data) та використанні алгоритмів штучного інтелекту (ШІ). В умовах повоєнного відновлення житлового сектору України, який зазнав безпрецедентних руйнувань [185], традиційні методи менеджменту, що спираються виключно на ретроспективний аналіз та експертну інтуїцію, стають недостатньо ефективними. Високий рівень невизначеності, стохастичність процесів енергоспоживання в умовах пошкодженої інфраструктури та необхідність швидкого реагування на змінні параметри середовища актуалізують потребу впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень. Ключовим вектором розвитку таких систем стає концепція синергії людського та штучного інтелекту (Human-AI synergy), яка передбачає не заміну менеджера алгоритмом, а створення гібридного інтелектуального зовнішнього середовища, де обчислювальна потужність ШІ

доповнюється когнітивною гнучкістю та ціннісними орієнтирами людини. Відтак в епоху Індустрії 4.0 організаційно-економічний механізм неможливий без цифровізації. Відсутність достатніх даних про стан житлового фонду є однією з головних проблем у плануванні відновлення.

Для України актуальним є впровадження національної геоінформаційної системи (ГІС) енергомоніторингу, інтегрованої з реєстрами руйнувань. Така система дозволить автоматично ранжувати проєкти за критерієм «вартість/ефект». Запропонована концепція «Human-AI synergy» [186] може аналізувати великі масиви даних з розумних лічильників (smart meters), виявляти аномалії споживання та пропонувати енергоменеджерам оптимальні сценарії втручання. Однак остаточне рішення, особливо в чутливих соціальних питаннях, залишається за людиною.

Для управління складними проєктами відбудови доцільно використовувати технологію цифрових двійників (Digital Twins). Це віртуальні моделі будівель, які в реальному часі відображають їхній енергетичний стан. Використання таких моделей на етапі проєктування дозволяє уникнути помилок («energy performance gap») – розриву між проєктованим і фактичним споживанням, про що зазначають С. Козза та ін. [187]. Жоден організаційно-економічний механізм не буде ефективним без урахування людського чинника. Дослідження показує, що поведінка мешканців може як посилювати, так і нівелювати ефект технічних заходів [188]. Наприклад, мова йде про подолання ефекту «відскоку» (Rebound Effect) [189] – часто після утеплення будинку мешканці починають підтримувати вищу температуру в приміщеннях, «з’їдаючи» частину економії. OEM має включати інструменти «підштовхування», наприклад, надання порівняльної інформації у платіжках («Ви споживаєте на 20% більше, ніж ваші енергоефективні сусіди») стимулює соціальну конкуренцію та заощадження.

Важливою є співпраця з стейкхолдерами перед запровадженням певних рішень [190]. Сценарії залучення стейкхолдерів доцільно описувати за шкалою IAP2 Spectrum – від інформування до партнерства та делегування впливу [191]. Для успішної реалізації проєктів необхідно переходити до моделей співучасті,

де мешканці залучаються до проектування майбутнього вигляду свого будинку ще на етапі концепції. Це підвищує рівень довіри та готовність до співфінансування заходів.

Специфіка української ситуації вимагає інтеграції блоку управління ризиками та виробничою безпекою безпосередньо в структуру OEM. Механізм управління має включати:

1. Страхування воєнних ризиків: створення за підтримки міжнародних донорів (MIGA, DFC) спеціалізованого страхового пулу, який покриває ризики фізичного знищення модернізованих об'єктів.

2. Гнучкість контрактів: включення до договору підряду умов щодо перегляду кошторисів у разі значних інфляційних коливань (понад визначений поріг).

3. Технічний нагляд та верифікація: обов'язкова участь незалежних енергоаудиторів на всіх етапах (ex-ante, ex-post) для запобігання корупції та неякісному виконанню робіт.

У процесі формування національної системи управління енергоефективністю критично важливим є врахування вектора європейської інтеграції. Статус України як кандидата в члени ЄС вимагає повної гармонізації законодавства з *acquis communautaire*. Зокрема, Директива 2010/31/EU (EPBD) 1 вводить поняття NZEB (Nearly Zero-Energy Buildings) – будівель із майже нульовим споживанням енергії. Для України це означає, що всі нові та капітально відремонтовані будинки мають відповідати цьому стандарту. Організаційний механізм має забезпечити контроль за дотриманням цих вимог на етапі видачі дозволів на будівництво та введення в експлуатацію.

Директива 2012/27/EU (EED) 2 зобов'язує країни встановлювати національні цілі з енергоефективності та запроваджувати схеми зобов'язань з енергоефективності для енергокомпаній (EEOS). В українських реаліях це може бути реалізовано через зобов'язання постачальників енергії інвестувати частину прибутку в програми термомодернізації житла своїх споживачів.

Війна призвела до суттєвого зuboжіння населення, що актуалізує проблему енергетичної бідності. За даними аналітичних звітів, значна частина домогосподарств не в змозі сплачувати рахунки за енергію навіть за субсидованими тарифами. Звідси, організаційно-економічний механізм повинен включати соціальний запобіжник. Програми енергоефективності мають бути сфокусовані в першу чергу на вразливих верствах населення. Замість монетарних субсидій на оплату комунальних послуг (які «спалюються»), держава повинна пропонувати «інвестиційні субсидії» – повне фінансування заходів з утеплення для малозабезпечених. Це дозволить назавжди знизити їхні рахунки та зменшити навантаження на бюджет у майбутньому. Сучасне управління енергоефективністю житла виходить за межі квартири. Воно включає інтеграцію будівлі в енергетичну систему міста. Удари по централізованій генерації показали вразливість великих ТЕЦ.

Нова система управління має стимулювати перехід до розподіленої генерації (Distributed Energy Resources - DER). Це означає встановлення сонячних панелей на дахах, використання теплових насосів, когенераційних установок на біопаливі для окремих кварталів. Організаційно це вимагає спрощення процедур приєднання до мереж (Net Billing) та створення енергетичних кооперативів (Energy Communities), де мешканці спільно володіють генеруючими потужностями. Дослідження вказують, що енергетичні спільноти є потужними інструментами залучення громадян до енергетичного переходу та підвищення соціальної згуртованості [192]. В Україні законодавча база для цього («активний споживач») вже закладена, але потребує практичних механізмів реалізації на рівні OEM. Враховуючи вищевикладене, запропонований механізм має опиратись на процесну модель функціонування системи управління енергоефективністю, побудовану за циклом PDCA (Plan-Do-Check-Act):

– етап 1. Планування (Plan): аналіз пошкоджень та енергоаудит; розробка муніципального енергетичного плану; фінансове моделювання (вибір оптимального міксу грантів/кредитів/ЕСКО);

- етап 2. Реалізація (Do): проведення закупівель через прозорі платформи; виконання будівельних робіт з дотриманням стандартів NZEB; впровадження систем моніторингу;

- етап 3. Моніторинг та верифікація (Check): вимірювання досягнутої економії (MRV); опитування мешканців щодо рівня комфорту; енергетична сертифікація;

- етап 4. Коригування та масштабування (Act): аналіз відхилень; коригування політики підтримки; тиражування успішних кейсів на інші об'єкти.

Запропоновані організаційно-економічні засади створюють фундамент для подальшої деталізації механізмів управління, зокрема в частині використання інтелектуальних систем підтримки рішень, що буде розглянуто у наступних підрозділах. Реалізація цього підходу дозволить перетворити виклики війни на можливість технологічного стрибка та забезпечення енергетичної безпеки житлового сектору України.

Окремого висвітлення потребує характеристика системи виробничої безпеки (ВБ) у сфері енергоефективності в будівництві, адже масштабні реновації та «зелене» оновлення фонду будівель підпадають під Європейську директиву з енергоефективності (EED 2023/1791) [195] та оновлену Директиву про енергетичні характеристики будівель (EPBD, 2024/1275) [196]. Технічні рішення для зниження енерговитрат (термомодернізація, BACS/автоматизація будівель, акумулювання енергії, електрифікація тепла) мають впроваджуватися із суворим дотриманням безпеки будівельних майданчиків (Директива 92/57/ЄЕС) [197], вимог до вентиляції та мікроклімату, а також з урахуванням пожежних і електробезпекових ризиків, пов'язаних із системами зберігання енергії та новими матеріалами. Корисним орієнтиром є положення Регламенту ЄС про батареї (2023/1542) щодо безпеки, стійкості та циркулярності батарейних систем. Враховуючи, що умови діяльності змінюються, залежно від впливу середовища, у табл. 3.2 представлено часову структуру запропонованої моделі управління ВБ із зазначенням ключового стилю керівництва [193], що

враховує ситуацію та мету управління.

Таблиця 3.2 – Часова структура моделі управління виробничою безпекою

Фаза	Контекст	Основна мета	Ключовий стиль управління
I. Військовий час (Кризова)	Активні військові дії, загрози персоналу, енергосистемам і логістиці	Збереження життя, мінімізація збитків, утримання базових функцій	Реактивне, ситуаційне управління
II. Трансформаційний період (Стабілізаційна)	Часткове відновлення контролю, зменшення невизначеності	Відновлення критичних функцій, створення резервних потужностей	Комбіноване управління
III. Післявоєнна фаза (Відновлювальна)	Реконструкція, модернізація, інвестиції	Відбудова безпечної інфраструктури, інтеграція сталого розвитку	Проактивне стратегічне управління

Джерело: [194]

Енергоефективність як управлінський процес повинна базуватися на ISO 50001 [198] (системи енергоменеджменту) та оцінювати енергетичну результативність будівель доцільно за сімейством стандартів з енергоефективності будівель, зокрема за стандартом ISO 52000-1. Для автоматизації й керування будівлею слід орієнтуватися на європейський стандарт EN 15232-1, який прямо показує, як рівень розвитку систем автоматизації та керування впливає на споживання енергії й комфорт користувачів. Усі зазначені норми інтегруються в «цифровий паспорт» об'єкта та в правила системи, щоб кожне рішення з реновації проходило перевірку на безпечність, придатність до експлуатації, відповідність мікрокліматичним вимогам і енергорезультативність. Зазначені технології та нормативні акти, що їх регулюють, формують основу операційної діяльності та дозволяють генерувати дані за результатами для безперервного підтримання належного рівня безпеки. Подібно до викладеного прикладу, будь-яке підприємство обирає стандарти, методи та сучасні платформи для управління ВБ.

У воєнних умовах адаптивність забезпечує багатоканальне спостереження: крім промислових датчиків і систем диспетчерського керування та збору даних, постійно відстежуються руйнування, дефіцити пального, кіберінциденти й стан міжсистемних електричних з'єднань. У післявоєнний період головними стають показники відновлення основних фондів, пріоритети реконструкції та узгодження роботи з європейськими енергоринками. Це поєднується з цифровізацією: застосуванням прогнозних моделей, «цифрових двійників» і сценарного планування, що спирається на правила та оцінки адекватності, які готує Європейська мережа операторів систем передачі електроенергії, а також на акти ЄС щодо кіберстійкості критичної енергетичної інфраструктури. Оновлена Директива ЄС про безпеку мереж і інформаційних систем встановлює жорсткіші вимоги до кіберзахисту «суттєвих» і «важливих» операторів енергетики, тож включення її вимог до виробничих регламентів є обов'язковою умовою, а не опцією [199].

Практична архітектура систем ВБ узагальнює їх як безперервний цикл «дані-моделі-правила-рішення-KPI-зворотний зв'язок». Дані з операційних та інформаційних технологій і ринків очищуються та уніфікуються; моделі (прогноз навантаження, ВДЕ, оцінка ймовірності відмов, аналіз сценаріїв пошкоджень/каскадів, оптимізація режимів і планів відновлення) постачають оцінені ризики; система правил кодує норми ISO, IEC, EU-директив і корпоративні інструкції; рішення охоплюють диспетчерські дії, протиаварійні заходи, будівельно-монтажні операції та інвестиційні програми; KPI для охорони праці, кількісні метрики процесної безпеки, надійності, CO₂/кВт.год для екології, показники енергоефективності, ЕРВ для будівель) завершують цикл і автоматично коригують моделі й правила. Завдяки цьому організація переходить від реактивного до проактивного управління, скорочує час реагування, підвищує прозорість і підзвітність рішень, а головне – поєднує цілі безпеки, надійності та енергоефективності в єдиному керованому контурі.

З позицій відбудови України така система дозволяє поєднати вимоги європейського права зі специфікою роботи в умовах підвищених загроз, коли

пріоритет надається гнучкості, модульності та швидкій перевірці рішень на відповідність безпеці праці, процесній і вибухопожежній безпеці, кіберстійкості й екологічності. У будівельному секторі, де реалізуватиметься основна частина реновацій – це означає строго інтегрувати вимоги безпеки будмайданчиків, мікроклімату та пожежної безпеки з енергетичними цілями, а також застосовувати системи енергоменеджменту ISO 50001 для установлення цілей, контролю виконання та постійного поліпшення. Такі адаптивні моделі виробничої безпеки роблять політику та інвестиції відчутно керованішими, а ризики – вимірними й такими, що зменшуються завдяки даним, стандартам і дисципліні виконання [200].

Загальна ідея запропонованої концептуальної моделі ситуаційного управління ВБ (МСУВБ) (рис. 3.1) виходить із принципу, що управління безпекою є ситуаційним процесом, який постійно адаптується до зміни контексту (війна, криза, стабілізація, відновлення). Вона об'єднує три взаємопов'язані домени:

- безпека (технічна безпека, запобігання інцидентам);
- безперервність (операційна безперервність, підтримання ключових процесів);
- стійкість (здатність адаптуватися, відновлюватися й навчатися після криз).

Рис. 3.1 подає концептуальну схему МСУВБ як трирівневу архітектуру з єдиним замкненим контуром зворотного зв'язку, прив'язану до часової осі «війна-перехід-післявоєнне відновлення». Часова вісь у верхній частині слугує рамкою інтерпретації та підказує, які управлінські рішення є домінантними на кожній фазі (реактивні під час війни, комбіновані у перехідний період, проактивно-стратегічні у відновленні) і забезпечує узгодженість між оперативними діями та довгостроковими трансформаціями.

Рівень 1 («Ситуаційний контекст») акумулює події та ризики – військові, технологічні, логістичні, кібернетичні, кадрові – класифікує стан системи як нормальний, передкризовий, кризовий чи відновлювальний і перетворює цю

інформацію на вхід для матриці рішень «ризик × пріоритет».

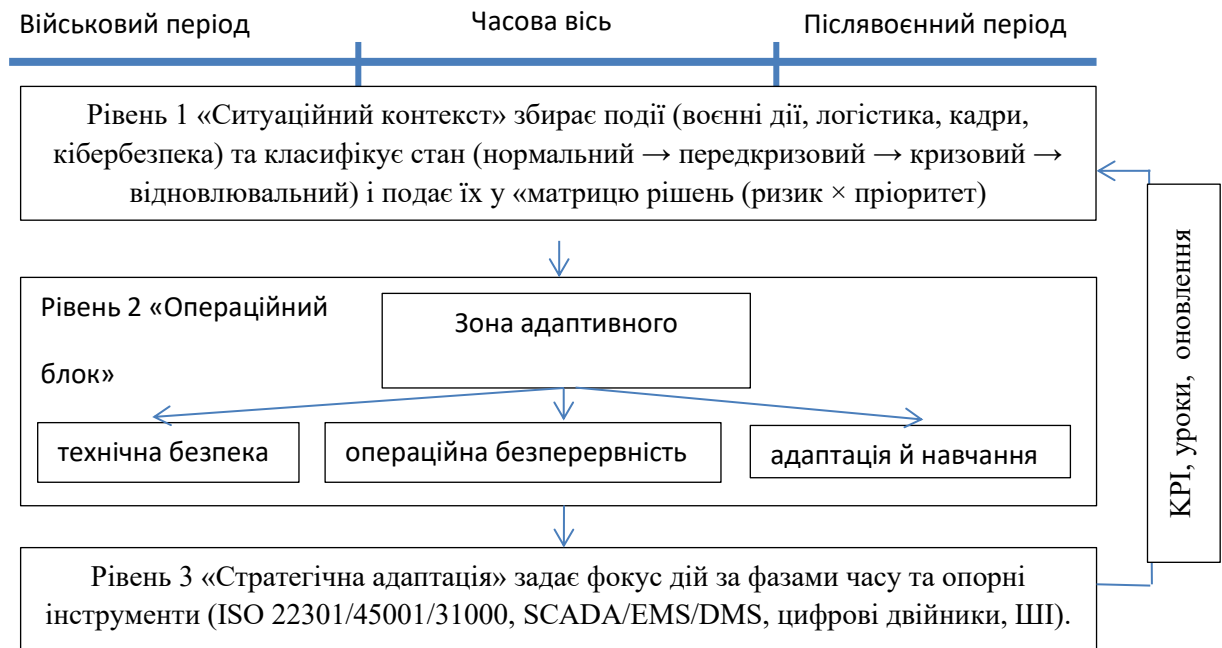


Рисунок 3.1 – Концептуальна модель управління виробничою безпекою

Джерело: сформовано автором [194]

Вихід рівня 1 є стандартизованим потоком даних про контекст, який надходить до операційного блоку як підстава для вибору режимів реагування.

Рівень 2 («Операційний блок») складається з трьох взаємопов'язаних підсистем: технічна безпека процесів і обладнання, операційна безперервність і резервування, організаційна адаптація, навчання та відновлення. Ядром цього рівня виступає «зона адаптивного менеджменту» – центр узгодження, де інтегруються сигнали контексту з рівня 1, вимоги та обмеження з рівня 3, а також операційні плани підсистем «безпека-безперервність-адаптація» та «навчання». Функціонально «зона адаптивного менеджменту» належить до рівня 2, оскільки саме тут приймаються й запускаються узгоджені дії від аварійного реагування і планів безперервності до програм тренувань, перерозподілу ресурсів і коротких циклів удосконалення.

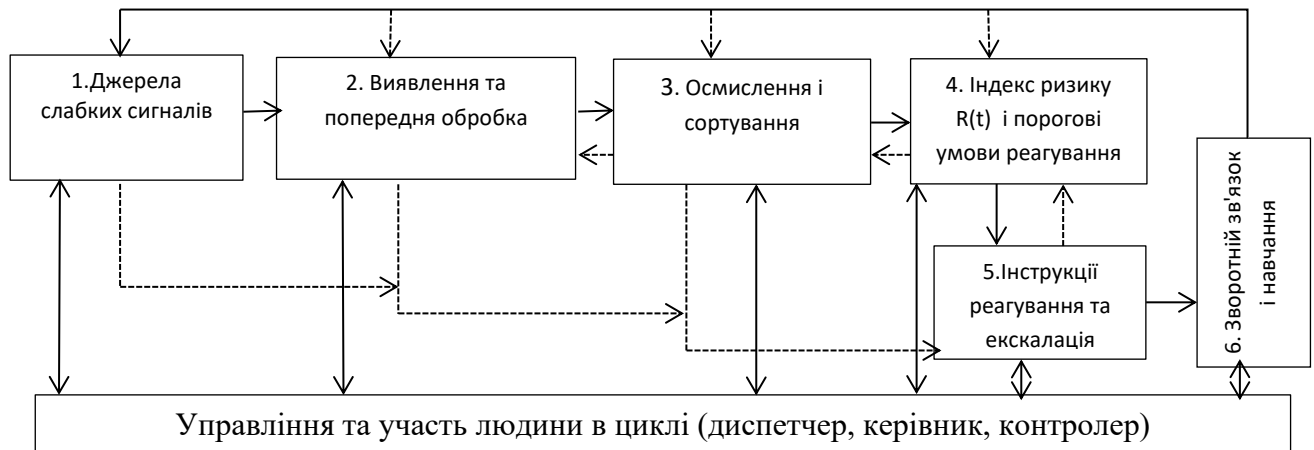
Рівень 3 («Стратегічна адаптація») визначає політико-нормативні й технологічні рамки для всієї системи. Тут розміщено посилання на міжнародні стандарти менеджменту для безперервності, охорони праці, ризик-менеджменту тощо, а також на цифрові інструменти керування. Рівень 3

визначає цілі, обмеження адекватності та надійності, а також пріоритети інвестицій і модернізації, які спускаються до «зони адаптивного менеджменту» як політики-як-код і критерії прийняття рішень.

Логіка потоків відображена простими стрілками; зворотний зв'язок реалізовано через KPI, які повертаються в Рівень 1 для перегляду класифікації ситуацій, правил і планів. Таким чином, рисунок демонструє, як три опори – технічна безпека, операційна безперервність і організаційна стійкість – інтегруються в єдиний адаптивний контур прийняття рішень, що динамічно підлаштовується до змін зовнішнього середовища та фазового стану системи й інституцій.

Практична реалізація розглянутої моделі можлива шляхом переходу від концептуальної МСУВБ до моделі управління виробничою безпекою за слабкими сигналами. Зокрема «ситуаційний контекст» розширюємо до контуру раннього попередження і замість фіксації лише подій, він безперервно відстежує KPI і прекурсори як анонімні відхилення телеметрії, мікрозбої процесу, поведінкові маркери, формує слабкі сигнали та подає їх у «зону адаптивного менеджменту». У цій зоні працює поєднання правил і аналітики з принципом «людина в контурі», зокрема, диспетчер підтверджує інтерпретацію, обирає ескалацію й превентивні дії (S1-S2-S3 за Херсі-Бланшаром залежно від загрози та зрілості команди, що буде розглянуто нижче). Рівень 3 визначає політику та ISO 31000 для стандартизації порогів, відповідальності й навчання. Зворотний зв'язок через KPI, а саме частота слабких сигналів, час реакції, частка проактивних втручань, замикає цикл і постійно уточнює як алгоритми, так і правила ескалації – тобто переводить МСУВБ із реактивного режиму в систему «Безпека II» з акцентом на попередження, а не на ліквідацію наслідків.

У дослідженні ситуаційного підходу в управлінні заслуговує на увагу праця І. Ансоффа [201] про «слабкі сигнали», яка закладає логіку раннього виявлення стратегічних загроз і перетворює її на керований цикл дій. Саме ці ідеї лягли в основу кожного блока на рис. 3.2.



Примітки:

Суцільні стрілки – нормальний послідовний цикл обробки; пунктир – прискорені ескалації до дій та зворотні зв'язки переналаштування (навчання/корекції), які не руйнують основний цикл, а накладаються поверх нього.

Основний потік: 1 → 2 → 3 → 4 → 5 → 6 → 1;

Швидкі ескалації (пунктир):

коли часу мало або загроза висока – минаємо проміжні кроки й одразу запускаємо дії:

1 → 5 (прямий перехід від сигналу до дій);

2 → 5 (аномалія та суворий поріг на етапі детекції → негайне реагування);

3 → 5 (осмислення відразу видає «діяти зараз»);

Петлі переналаштування (пунктир):

щоб швидко підкрутити модель і правила після дій/уроків;

5 → 4 (результати дій уточнюють індекс і пороги);

4 → 3 (нові порогові умови реагування змінюють пріоритети в інтерпретації);

3 → 2 (уточнене розуміння → нові фільтри/метрики детекції);

6 → 4, 6 → 2, 6 → 3 (уроки можуть одразу змінювати пороги, алгоритми детекції або правила інтерпретації);

Горизонтальний блок 7 «Управління та «людина в контурі» – диспетчер, керівник зміни, контролер контролюють усі вузли 1-6 (погоджують ескалації, затверджують дії, перевіряють журнал рішень)

Рисунок 3.2 – Схема управління виробничою безпекою за слабкими сигналами [194]

1) Джерела слабких сигналів – це стратегічне сканування середовища. І. Ансофф увів поняття ранніх, нечітких ознак (weak signals) і необхідності постійного сканування даних, інцидентів, скарг, погодних і логістичних відхилень.

2) Виявлення та попередня обробка – це відсів «шуму» і нарощування «сили сигналу». І. Ансофф звертав увагу на необхідність підсилювання слабого сигналу до «сильного» через нормалізацію, тренди, класифікацію, використовуючи контрольні карти, тегування аномалій і фільтри похибок.

3) Осмислення – запобігання стратегічному сюрпризу. Його мета – не

чекати аварії, а тлумачити ознаки до того, як загроза матеріалізується.

4) Індекс ризику та порогові умови реагування (тригери) – це «вікно випередження». Зазвичай використовують інтегральний індекс ризику, який змінюється в часі, щоб завчасно бачити зростання загроз. Чим раніше помічено слабкий сигнал, тим більше часу організація має на підготовку й дію. Для цього задаються «вікна випередження» – час до настання події і чіткі пороги ескалації трьох рівнів: рекомендація (уважніше стежити), попередження (підготувати ресурси) і дія (негайно виконати заходи безпеки).

5) Інструкції реагування та ескалація – це типи відповідей. Заздалегідь підготовлені покрокові інструкції, хто і що робить при різних сценаріях охоплюють три типи відповідей: оборонні (мінімізуємо шкоду), адаптивні (підлаштовуємо процеси й розподіл ресурсів) і проактивні (випереджаємо ризику через зміни в системі). У кожному сценарії розрізняємо інвестиційні дії (модернізація, резервні потужності), операційні дії (перемикання режимів, резервування, ізоляція) та організаційно-поведінкові дії (тренінги, брифінги, зміни в дисципліні безпеки). Маршрути ескалації визначають, коли питання піднімається на вищий рівень управління.

6) Зворотний зв'язок і навчання – це циклічність та спроможність. Після кожного інциденту чи тренування проводиться після дієвий структурований розбір дій, причин і висновків, оновлюються правила й інструкції та відстежуються ключові показники результативності, зокрема час реакції на слабкі сигнали та частоту тяжких подій. Підхід «культура справедливого ставлення до помилок» гарантує, що персонал може без страху повідомляти про відхилення й помилки. Це прискорює навчання організації та зменшує імовірність «стратегічних сюрпризів» у майбутньому.

Таким чином, праця І. Ансоффа дала основу управління за алгоритмом «скануй – осмислюй – запускай порогові умови реагування – дій за інструкціями – навчайся», де головна цінність – виграти час за рахунок ранніх, ще нечітких ознак і перетворити їх на керовані рішення (рис.3.2). Далі блок виявлення та попередньої обробки приводить потоки до єдиної семантики й

якості шляхом нормалізації, фільтрації похибок, урахування сезонності/лагів, статистичних і контрольних карт і алгоритмів виявлення аномалій для часових рядів та текстових звітів з допомогою кластеризації повідомлень. Отримані «кандидати» переходять до осмислення (sensemaking) та сортування – кожний сигнал оцінюється в матриці «серйозність × невизначеність» [202], а сама інтерпретація спирається на принципи колективної свідомості у керуванні ризиками шляхом постійної уваги до збоїв, небажання спрощувати, чутливість до операцій, відданість відновлюваності та верховенство експертності, що зменшує ризик пропустити слабкі, але важливі ознаки НРО [203]. Сигнали зіставляються зі швейцарським сиром Дж. Різона, де безпека розглядається як низка бар'єрів чи захистів із «дірками» (вразливостями), а інцидент стається, коли «дірки» тимчасово шикуються в один канал. Корисним для інтерпретації слабких сигналів як ознак деградації бар'єрів із причинно-наслідковими схемами є системно-теоретичний підхід Н. Левесон [204], який розглядає аварії як збої керування у складних соціотехнічних системах, а не як сума ізольованих відмов.

Метод «Системно-теоретичний аналіз процесів» дає процедуру виявлення небезпечних керуючих дій, контекстів, у яких вони стають небезпечними, а також розривів зворотного зв'язку. Такий підхід формує керувальні контури та дозволяє трактувати «слабкі сигнали» як ранні ознаки деградації бар'єрів і втрати керованості. На етапі осмислення даних розрізнені індикатори агрегуються в композитний індекс ризику $R(t)$, побудований на провідних показниках, зокрема щільності «майже-аварій», стані технічних і організаційних бар'єрів, швидкості зростання відхилень, порушеннях контролю та зворотного зв'язку тощо. Для індексу визначаються пороги та режими ескалації (інформаційне повідомлення, попередження, негайна дія) разом із чіткими правилами переходу між ними. Така логіка узгоджується з практикою процесної безпеки, що спирається на провідні індикатори, і з підходами до оцінювання ризиків, закріпленими у стандартах Міжнародної організації зі стандартизації 45001 та документах Міжнародної електротехнічної комісії

31010. Коли $R(t)$ перевищує встановлені пороги або демонструє негативний тренд, запускаються заздалегідь підготовлені сценарії дій – інспекція та діагностика, тимчасове зниження навантаження, технічне обслуговування і ремонт або заміна вузлів, увімкнення резервування, а у разі необхідності – зупинка робіт із суворо визначеними ролями, відповідальністю та каналами комунікації. Після виконання заходів реалізується зворотний зв'язок і навчання, здійснюється короткий розбір дій «після події», оновлення правил і вагових коефіцієнтів, перегляд порогів спрацювання, а також моніторинг показників результативності (частота і тяжкість травм, частота «майже-аварій», час реагування, стан бар'єрів). Такий навчальний контур утілює перехід від підходу «Безпека-I» Еріка Холнагеля – орієнтації на підрахунок помилок – до «Безпеки-II», де фокус зміщено на розуміння того, чому система зазвичай працює добре, і на підсилення її стійкості. Увесь процес перебуває під наглядом управлінського рівня та «людини у контурі» (відповідальні за охорону праці та промислову безпеку, керівники змін, комітет з ризиків), із прозорим аудиторським слідом і культурою справедливості.

Таким чином, теоретичну основу управління виробничою безпекою за сигналами зміцнюють концепція «слабких сигналів» І. Ансоффа як механізм раннього попередження; «модель швейцарського сиру» Дж. Різона як інструмент виявлення «дір» у бар'єрах; системно-теоретичні обмеження керування та аналіз причинно-наслідкових шляхів небезпек у роботах Н. Левесон, а також настанови та вимоги міжнародних стандартів щодо формалізації провідних індикаторів і процедур реагування.

Таким чином, узагальнюючи викладені тенденції та аспекти управління, що впливають на процеси енергоефективності, на рис. 3.3 представлено авторське бачення складових організаційно-економічного механізму формування ефективної системи управління енергоефективністю.

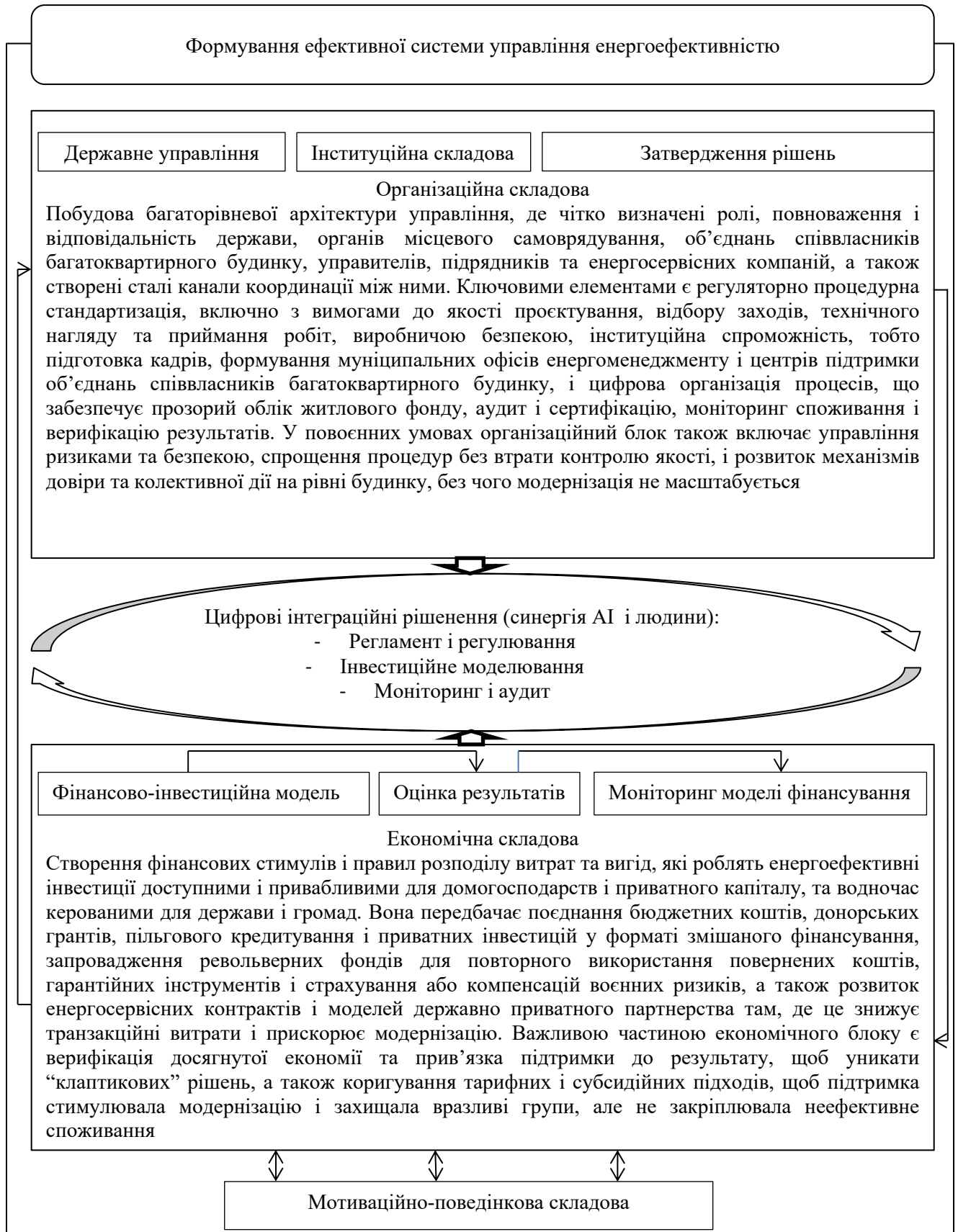


Рис.3.3. Характеристика складових організаційно-економічного механізму формування ефективної системи управління енергоефективністю

Джерело: Сформовано автором

Організаційний аспект забезпечує керованість процесів, тобто хто приймає рішення, як організована координація між рівнями і учасниками, які процедури діють під час підготовки і реалізації проєктів, як забезпечується якість робіт і відповідальність за результат, а економічний аспект створює стимули та фінансові умови, за яких енергоефективні рішення стають доступними для домогосподарств і привабливими для інвесторів. У житловому секторі це особливо складно через фрагментовану власність, проблему колективної дії та високі транзакційні витрати, тому «засади» означають побудову такої системи, яка зменшує складність для власника житла і водночас гарантує підтверджений ефект для держави, громад і донорів. У межах функціонування інституційної моделі ухвалюються рішення щодо енергоаудиту, фінансування та затвердження пакета заходів.

Організаційна складова цих засад починається з багаторівневої архітектури управління, у якій завдання розподілені між державою, муніципалітетами, об'єднаннями співвласників багатоквартирного будинку, професійними управителями, підрядниками, енергосервісними компаніями і фінансовими установами, а зв'язки між ними перетворені на зрозумілі робочі процедури. Держава забезпечує нормативну базу, стандарти енергоефективності, вимоги до енергоаудиту і сертифікації, а також критерії якості та прозору підзвітність програм, муніципалітети організовують локальне планування, портфель проєктів, сервісну підтримку для мешканців і супровід заявок, а рівень будинку забезпечує легітимність колективного рішення, контроль робіт і подальшу експлуатацію. Важливою організаційною умовою є інституційна спроможність, що включає підготовку кадрів, типові пакети документації, центри підтримки об'єднань співвласників багатоквартирного будинку, прозорі механізми приймання робіт і незалежний технічний нагляд, бо без цього фінансування часто перетворюється на неякісні або фрагментарні ремонти.

Економічна складова організаційно-економічних засад пов'язана зі створенням фінансової екосистеми, яка поєднує різні джерела коштів і чітку логіку стимулів, щоб модернізація була масштабованою, соціально

справедливою та результативною. Це передбачає змішане фінансування, коли бюджетні кошти, донорські гранти, муніципальні програми, пільгові кредити та приватні інвестиції працюють разом, і кожен інструмент виконує власну функцію, гранти знімають бар'єр входу, кредити розтягують навантаження в часі, гарантії та страхування зменшують ризики, а револьверні фонди дають ефект повторного використання повернутих коштів. Критично важливими є прив'язка підтримки до підтвердженої економії та вимога комплексності заходів, щоб уникати часткової термомодернізації, а також коректний розподіл витрат і вигід між співвласниками, щоб колективне рішення було досяжним і не породжувало конфліктів. В умовах повномасштабної війни й повоєнного відновлення економічний аспект також має включати інструменти управління воєнними ризиками, інакше приватний капітал не зайде у житло, а програми не будуть стабільними.

Економічна складова механізму є найбільш критичною в умовах дефіциту бюджетних коштів. Потреби у відновленні житлового сектору оцінюються десятками мільярдів доларів, що вимагає застосування складних фінансових інструментів [205]. Дана складова охоплює:

1. Трансформація грантової підтримки. Діяльність Фонду енергоефективності (програма «Енергодім») довела свою ефективність, але потребує адаптації. Досвід реалізації програми «Енергодім» Фонду енергоефективності довів, що грантова підтримка здатна забезпечувати вимірюваний ефект енергомодернізації, однак в умовах війни та значних руйнувань потребує зміни фінансової архітектури. Класична модель компенсації витрат «після виконання робіт» створює бар'єр для ОСББ, які не мають стартового капіталу, особливо коли йдеться про будинки з пошкодженнями та зниженими доходами співвласників. Саме тому Фонд у межах «Енергодім» запровадив механізм часткового авансування (передфінансування) - ОСББ можуть отримати до 30% вартості проекту як аванс гранту за встановленими умовами й процедурами, паралельно зменшено

обов'язковий власний внесок, щоб знизити фінансовий «вхідний поріг» для старту робіт.

Для будинків, що постраждали від воєнних дій, логіка підтримки ще більше зміщується від компенсації до відновлення: для цього діє програма «ВідновиДІМ», спрямована на фінансування відбудови пошкоджених житлових будівель ОСББ. Це фактично підтверджує потребу переходу до моделей, ближчих до поетапного фінансування, коли кошти надаються не одночасно після завершення, а відповідно до прогресу робіт і підтверджених проміжних результатів (етапів).

З управлінської точки зору, оптимальним розвитком такого підходу є механізм платежі за етапами виконання: аванс та транші прив'язуються до чітких контрольних точок (проектна документація та перевірка підрядника → виконання робіт з теплоізоляції, ІТП → приймання та верифікація → фінальна оплата). Це дає змогу одночасно зняти проблему відсутності стартових коштів у мешканців і мінімізувати ризики нецільового використання – завдяки жорсткій технічній і фінансовій верифікації кожного етапу. Додатково доцільною є диференціація грантової частки: вищий грант для будинків із підтвердженими пошкодженнями, високою часткою вразливих домогосподарств або розташуванням у прифронтових/деокупованих громадах, і нижчий - для типових проєктів у відносно стабільних локаціях (це підвищує справедливість розподілу ресурсів та ефективність відбудови).

2. Енергосервіс (ЕСКО) як каталізатор інвестицій. ЕСКО-механізм, що передбачає повернення інвестицій за рахунок економії, є ідеальним для ресурсодефіцитної економіки. Однак, [206] в житловому секторі України він не набув масового поширення через високі транзакційні витрати та ризики неплатежів. Для активізації цього напрямку OEM існують такі інструменти:

– запровадження «форфейтингу» енергосервісних договорів дає можливість продажу права вимоги за ЕСКО-договором фінансовим установам для швидкого обігу коштів;

– муніципальні гарантійні фонди дозволяють місту гарантувати ЕСКО-компанії виплату базової винагороди у разі зниження платоспроможності мешканців (в межах певного ліміту), що знижує ризик для інвестора [207].

3. Державно-приватне партнерство (ДПП) розглядається як перспективна модель для залучення нових інвестицій, підтримки держави та пріоритету інфраструктурних удосконалень, наприклад, комплексної реконструкції кварталів застарілої забудови [208]. Організаційно-економічний механізм ДПП базується на обміні, а саме інвестор проводить повну термомодернізацію будинку (н-д, утеплення, заміна комунікацій) в обмін на право надбудови додаткових поверхів або на комерційне використання прибудинкової території. В Україні цей механізм потребує законодавчого врегулювання питань земельної власності та згоди співвласників.

4. Зелені облігації та вуглецеві ринки. Карнаушенко А. підкреслює роль зелених облігацій у стимулюванні екологічно сталих ініціатив [209, 210]. Кошти від розміщення облігацій можуть спрямовуватися у фонди громад, які надають дешеві позики ОСББ. Погашення позик поповнює фонд для нових проєктів.

Окремої уваги заслуговує питання підготовки управлінських кадрів – управителів, проєктних менеджерів та адміністраторів муніципального рівня, яких можна залучати до планування та реалізації програм енергоефективності. Дефіцит кваліфікованих фахівців (енергоаудиторів, проєктувальників, монтажників) є серйозним бар'єром. Організаційний механізм має передбачати:

- створення мережі навчальних центрів компетенцій на базі професійно-технічних закладів;
- впровадження професійних стандартів для енергоменеджерів та енергоаудиторів, гармонізованих з європейськими.
- систему безперервного професійного розвитку (CPD) для фахівців муніципалітетів та ОСББ. Р. Гаррідо-Ісерте підкреслює роль закладів вищої освіти як стейкхолдерів, що не лише готують кадри, а й виступають «живими

лабораторіями» (Living Labs) для тестування нових технологій енергоефективності [211].

На рівні сформованих команд та груп управління в житловому секторі пропонуємо ситуаційну модель, яка відповідає часовій моделі «війна-перехід-відновлення» крізь призму ситуативного лідерства Герсі-Бланшара, де вибір стилю визначається поєднанням директивності, підтримувальної взаємодії та зрілості-готовності команди до змін (рис. 3.4).

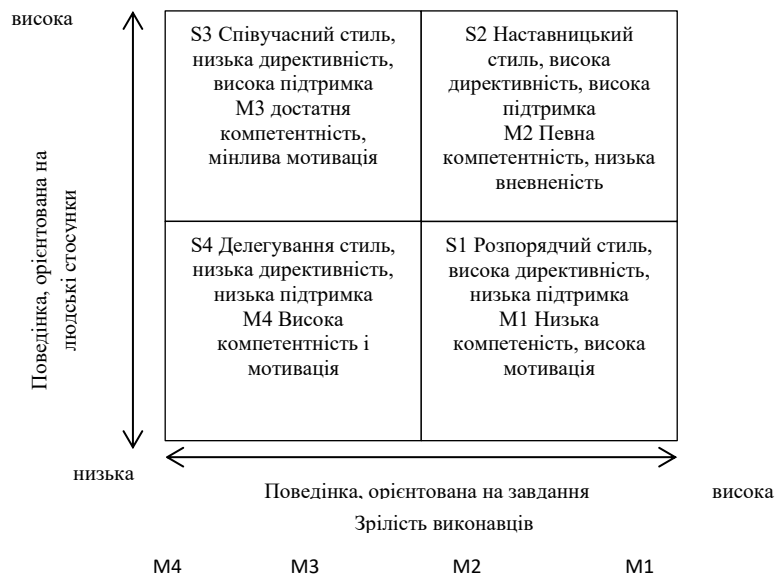


Рисунок 3.4 – Ситуаційна модель Херсі-Бланшара в управлінні

Джерело: сформовано автором на основі [212]

На етапі війни домінує реактивне, ситуаційне управління, що відповідає стилям S1 та S2: за високої невизначеності й дефіциту часу керівник забезпечує чітке завдання, одномоментне прийняття рішень і їх коротке ухвалення для мобілізації залученості. Тут акцент зміщено на одноманітні, прості у виконанні інструкції та жорстке дотримання протоколів, що мінімізує помилки і дає змогу швидко стабілізувати процеси.

У перехідний період доцільним стає комбіноване управління S2 та S3: зростання компетентності персоналу дозволяє зменшити директивність і посилити співучасть, тому рішення обґрунтовуються, порівнюються за сценаріями, частина повноважень делегується крос-функціональним командам,

а управлінський фокус зміщується від одноразових реакцій до збалансування жорстких стандартних процедур із варіантними планами дій.

На етапі відновлення раціональним є проактивне стратегічне управління S3 та S4: за високої зрілості команд директивність мінімізується, рішення приймаються із широкою участю та делегуванням, а головним змістом управління стає випереджальне проектування стійкості через цифрові двійники ризиків, виявлення аномалій, профілактичне обслуговування, інтеграція систем менеджменту безпеки й безперервності, що переводить безпеку з площини «реакції на інциденти» у площину стратегічної конкурентної переваги.

Отже, вибір стилю є функцією поєднання загроз і часових обмежень із поточною зрілістю команди. За високого ризику й тиску часу переважають S1 та S2; за часткового відновлення маневру – S2 та S3; за стабілізації та інституційного зміцнення – S3 та S4. Ця логіка забезпечує безперервний перехід від негайної стабілізації через збалансоване відновлення до інноваційно орієнтованої стійкості, узгоджуючи стиль керівництва з фазою розвитку системи та її організаційною готовністю.

Підсумовуючи, ефективна система управління енергоефективністю – це складний механізм, що поєднує нормативне регулювання, фінансові стимули, технологічні інновації та соціальну мобілізацію. Його успішне формування та функціонування є критичною умовою не лише для комфортного проживання громадян, а й для виживання та розвитку економіки України в умовах глобальних і локальних викликів.

Слід зазначити, що запропонований механізм охоплює такі рівні управління:

1. Стратегічний рівень – формування муніципальної програми енергоефективності та портфельного підходу до відбору проєктів.
2. Фінансовий рівень – застосування механізмів співфінансування (місцевий бюджет, гранти, пільгові кредити, компенсація відсоткових ставок, інструменти “зеленого” фінансування).

3. Операційний рівень – проведення енергоаудиту, підготовка техніко-економічного обґрунтування, реалізація будівельно-монтажних робіт.

4. Моніторинговий рівень – впровадження систем вимірювання та верифікації, оцінка економії енергії та бюджетного ефекту.

Реалізація механізмів підвищення енергоефективності у житловому секторі стикається з низкою системних обмежень, які істотно знижують їхню ефективність. Насамперед проблемою залишається дефіцит якісних даних і довіри до них. Недостатній рівень обліку та моніторингу споживання енергії, формальний характер енергетичних сертифікатів (EPC) [213] або неякісно проведені енергоаудити призводять до того, що фінансові установи не сприймають проекти як «банковані», а енергосервісні компанії (ESCO) уникають укладання перформанс-контрактів. Без належного вимірювання та верифікації економія залишається недоказовою, що підриває інвестиційну привабливість проектів. Саме тому в оновленій Директиві про енергетичну ефективність будівель (EPBD, 2024) підсилено роль енергетичної сертифікації, прозорості даних і стратегічного планування реновації.

Іншим критичним бар'єром є високі транзакційні витрати для ОСББ та співвласників. Підготовка техніко-економічного обґрунтування, проведення аудиту, розроблення проектної документації, тендерні процедури та технічний нагляд потребують значних організаційних зусиль і спеціалізованої експертизи. Без механізму «єдиного вікна» (One-Stop Shop) та інструментів технічної допомоги проекти залишаються поодинокими і не масштабуються [214]. Європейська практика в межах Renovation Wave прямо вказує на необхідність створення інтегрованих сервісних структур, які супроводжують власників на всіх етапах модернізації.

Суттєвою перепорою є також фінансовий бар'єр капітальних вкладень (CAPEX) та ризику неплатоспроможності. Більшість домогосподарств не має стартового капіталу для глибокої термомодернізації, а банки оцінюють житловий сектор як високоризиковий через нестабільні доходи та формажорні обставини. Грантові програми без залучення кредитного «плеча»

дають повільний і обмежений ефект. У відповідь Директива з енергоефективності (EED, 2023) передбачає розвиток інструментів підтримки інвестицій, змішаного фінансування та механізмів підготовки проєктів [215].

Окремою проблемою є застосування типових централізованих рішень без реального «власника» інвестиції. Хоча такі програми можуть формально підвищити клас енергоефективності будівлі, відсутність залучення мешканців і відповідальності за подальшу експлуатацію призводить до поступової втрати цього ефекту. Цей управлінський розрив суперечить сучасній європейській моделі, що поєднує технічні стандарти з поведінковими та інституційними чинниками.

Нарешті, кадровий дефіцит і нерівномірна якість робіт залишаються системними викликами. Нестача кваліфікованих проєктантів, аудиторів і монтажників створює ризик «паперових» ЕРС і формальної реновації без реального енергетичного ефекту. Посилення стандартів у межах EPBD спрямоване саме на підвищення якості та перевірюваності результатів модернізації [216] (EPBD, 2024).

У перспективі європейська регуляторна логіка формує чіткий вектор трансформації системи. По-перше, відбувається перехід від розрізнених ремонтів до планової глибокої реновації через національні плани модернізації та впровадження паспортів реновації, що забезпечує системність і прогнозованість інвестицій. По-друге, масштабування сервісної моделі для ОСББ через One-Stop Shops дозволяє зменшити транзакційні витрати і підвищити якість підготовки проєктів (European Commission, 2020). По-третє, змішані фінансові механізми у поєднанні з технічною допомогою (зокрема інструмент ELENA Європейського інвестиційного банку) роблять реалістичним портфельний підхід до модернізації десятків і сотень будинків одночасно [217].

Крім того, нова система торгівлі викидами для будівель (ETS2) створює економічний стимул до скорочення використання викопного палива, тоді як Соціальний кліматичний фонд [218] покликаний пом'якшити вплив підвищення цін на енергію для вразливих домогосподарств, забезпечуючи справедливість

переходу. Паралельно критерії сталого фінансування (EU Taxonomy) формують нову ринкову реальність: інвестиційні та кредитні потоки дедалі більше спрямовуються до проєктів із вимірюваним ефектом енергоефективності, що поступово «відсікає» неефективний будівельний фонд від доступу до капіталу [219].

Таким чином, європейська нормативна база не лише посилює технічні вимоги до будівель, а й вибудовує комплексну систему інституційних та фінансових стимулів, що переводить енергоефективність із добровільної ініціативи в обов'язковий елемент стратегічного управління розвитком житлового сектору.

Проведене дослідження дозволяє сформулювати наступні висновки щодо організаційно-економічних засад формування ефективної системи управління енергоефективністю в житловій сфері:

1. Зміна парадигми. Повоєнне відновлення вимагає переходу від фрагментарних заходів «латкового ремонту» до системної глибокої термомодернізації на основі принципу «Build Back Better». Це передбачає зміну філософії управління: від витратної моделі до інвестиційної, де енергоефективність розглядається як актив, що генерує грошовий потік.

2. Децентралізація та субсидіарність. Центр ваги в управлінні має зміститися на рівень територіальних громад, які повинні отримати необхідні фінансові ресурси та повноваження для розроблення локальних енергетичних стратегій. Інститут енергоменеджера громади має стати ключовою ланкою в цій системі.

3. Фінансова інженерія. В умовах дефіциту ресурсів успіх залежить від здатності мобілізувати приватний капітал через механізми змішаного фінансування (blended finance), розвиток ринку ЕСКО, державно-приватного партнерства та використання інструментів зеленого фінансування.

4. Технологічна модернізація. Система управління має базуватися на об'єктивних даних. Цифровізація процесів (від енергоаудиту до моніторингу

споживання в реальному часі) є необхідною умовою для прозорості та ефективності ухвалення рішень.

5. Соціальна інклюзія. Енергоефективність має стати спільною справою. Ефективна комунікація, навчання та залучення стейкхолдерів на всіх етапах проектного циклу є запорукою стійкості результатів.

6. Управління виробничою безпекою та ризиками. Дотримання міжнародних стандартів безпеки, формування систем швидкого реагування на симптоми і відхилення у сфері енергозабезпечення набуває вагомості.

7. Врахування кадрового питання та підготовки фахівців у сфері енергоефективності.

3.2. Інтеграція енергоефективних заходів у стратегії сталого розвитку громад

Проекти з енергоефективності загалом являють собою цілеспрямовані комплекси організаційних і технічних дій, які плануються, фінансуються, реалізуються та контролюються так, щоб забезпечити той самий або вищий рівень послуг, наприклад тепло, гарячу воду, освітлення, вентиляцію, комфорт і безпечну експлуатацію будівлі, за меншого споживання енергії. У житловому секторі вони зазвичай спрямовані на зменшення втрат енергії через огорожувальні конструкції, підвищення ефективності інженерних систем і покращення керованості споживання енергії. Важливо, що це не просто будівельні роботи, а управлінський проєкт з чіткою метою, визначеними показниками результативності, графіком, бюджетом, ризиками, відповідальністю сторін і процедурою підтвердження досягнутого ефекту, бо без цього енергозбереження залишається лише очікуванням, а не доведеним результатом. Зміст таких проєктів часто формується як пакет заходів, у якому поєднуються рішення для «оболонки» будівлі та її внутрішнього простору. До першої групи належать утеплення фасадів, дахів і підвалів, заміна вікон і дверей, ліквідація містків холоду, підвищення герметичності та грамотна

організація вентиляції, щоб зберігати тепло і не погіршувати якість повітря. До другої групи належать модернізація систем опалення і гарячого водопостачання, балансування і гідравлічне налаштування, встановлення індивідуальних теплових пунктів, терморегуляторів, насосів з частотним керуванням, сучасних приладів обліку і автоматизації, а також за можливості інтеграція розподіленої генерації, наприклад сонячних панелей для спільних потреб будинку. Саме поєднання заходів дає найкращий ефект, адже утеплення без налаштування системи опалення часто не дає очікуваної економії, так само, як модернізація котла без зменшення тепловтрат лише частково зменшує втрати.

У межах дисертаційного дослідження було проведено аналіз економічної ефективності заходу рекуперації стічних вод для цілей опалення приміщень [220]. Важливим висновком даного дослідження було те, що отримані результати відповідають цілям сталого розвитку. Результати представлено у табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунки ефектів заходів енергоефективності (на прикладі рекуперації стічних вод для цілей опалення)

Елементи оцінки ефективності	Розрахунок	Обґрунтування
Економічний ефект	$954057,60 - 134578,00 = 81947,60$ грн в сезон	Використання системи рекуперації тепла знижує витрати на опалення приблизно на 820 000 гривень за сезон, що становить економію понад 85% порівняно з повністю електричним опаленням.
Екологічний ефект	$(220,800 - 31,152) \times 0,432^* = 13,464,6$ кг $\text{CO}_2 \approx 13,46$ t CO_2	Використання системи рекуперації тепла стічних вод зменшує викиди парникових газів приблизно на 14 тонн CO_2 на рік для будинку площею 200 м ² .
Соціальний вплив	Зменшення вартості коштів: $819\,479,60 / 12 / 15\,000^{**} \approx 4,5$ людей	Соціальний вплив є непрямим результатом, який відображає якість життя, комфорт, доступність ресурсів, охорону здоров'я та добробут населення.

Примітки: *Умовні викиди CO_2 на 1 кВт·год електроенергії в Україні: 0,432 кг $\text{CO}_2/\text{кВт}\cdot\text{год}$; **Середня зарплата в Україні

Результати підтверджують, що системи рекуперації тепла стічних вод мають значний технічний, економічний та екологічний потенціал для підвищення енергоефективності житлових будівель. Система забезпечила близько 86% загального попиту на тепло, зменшивши витрати на опалення понад 85% та скоротивши викиди CO₂ приблизно на 13,5 тонн за сезон для будинку площею 200 м². Окрім економічних та екологічних переваг, такі системи покращують комфорт проживання, доступність і енергетичну безпеку – ключові пріоритети для післявоєнної відбудови України та інтеграції з ЄС.

Проекти з енергоефективності мають чітку управлінську логіку реалізації, яка включає ініціювання і підготовку, технічну діагностику, проектування та вибір оптимального пакета заходів, фінансування і закупівлі, будівельно-монтажні роботи, технічний нагляд і приймання, а потім експлуатаційне супроводження з контролем фактичного споживання. На практиці важливими є енергоаудит і технічне обстеження, бо вони дозволяють не діяти «навмання», а прив'язувати рішення до реального стану будівлі, її мереж і поведінки споживачів. Далі критичними стають якість проектування, підбір матеріалів і рішень, а також компетенції підрядників, оскільки помилки у вузлах утеплення, вентиляції або гідравліці можуть звести нанівець очікуваний ефект і навіть погіршити стан будівлі. Після завершення робіт важливо не просто здати об'єкт, а забезпечити правильні налаштування, інструкції для управителя і мешканців, а також регулярний моніторинг, бо результат енергозбереження є функцією і якості робіт, і якості подальшої експлуатації.

У контексті України, особливо в умовах війни і повоєнного відновлення, проекти з енергоефективності набувають додаткового змісту як інструмент стійкості та безпеки, оскільки кожне скорочення споживання зменшує навантаження на уразливу енергетичну інфраструктуру, знижує потребу в імпорті енергоносіїв і скорочує видатки на субсидії та компенсації. Вони також можуть підвищувати автономність будинків і громад, якщо поєднуються з резервними рішеннями, автоматизацією, розумним обліком і локальною генерацією для покриття критичних потреб. Водночас через дефіцит ресурсів і

ризика пошкоджень особливо важливими стають пріоритизація об'єктів, прозорі правила фінансування, підтвердження фактичної економії, управління якістю та залучення співвласників до відповідального користування результатами. Тому проєкт з енергоефективності у житловій сфері можна розглядати як спосіб перетворити відбудову на довгострокову модернізацію, яка одночасно підвищує комфорт, зменшує витрати і зміцнює енергетичну безпеку домогосподарств та громад.

В умовах масштабної руйнації енергетичної та житлової інфраструктури України внаслідок військової агресії проблематика енергоефективності трансформується з суто технічної площини на складні соціально-економічні та управлінські взаємодії. Повоєнне відновлення вимагає не просто фізичної відбудови будівель, а докорінної зміни філософії управління житловим фондом, де ключову роль відіграє узгодження інтересів широкого кола учасників. Як зазначав у своїй фундаментальній праці Р. Фрімен: стратегічне управління будь-якою складною системою неможливе без глибокого розуміння та врахування інтересів усіх сторін, які можуть впливати на досягнення цілей або зазнають впливу діяльності організації [221]. У контексті національної системи енергоефективності це означає перехід від директивного управління до моделей, що базуються на партисипації, співтворчості та розподіленій відповідальності.

Актуальність розробки нових управлінських сценаріїв зумовлена кризою традиційних підходів, які в умовах дефіциту ресурсів і невизначеності зовнішнього середовища демонструють свою неефективність. Аналіз сучасних досліджень вказує на необхідність імплементації інноваційних методологій залучення стейкхолдерів, таких як багатофакторний аналіз та концепції стейкхолдерів [222], які інтегрують цифрові технології та штучний інтелект у процеси прийняття рішень. Метод Multi-Actor Multi-Criteria Analysis (МAMСА) дозволяє інтегрувати думки та пріоритети різних груп зацікавлених сторін у процесі багатокритеріальної оцінки рішень, поєднуючи якісні й кількісні критерії та сприяючи відкритому обговоренню пріоритетів між акторами [223].

Формування управлінських сценаріїв та моделей залучення зацікавлених сторін у проєкти з енергоефективності, що враховують специфіку повоєнного часу, поведінкові патерни населення та можливості цифровізації, з використанням емпіричних даних щодо впровадження енергоефективних технологій.

Теорія стейкхолдерів, що зародилася як відповідь на обмеженість «акціонерного» підходу в корпоративному управлінні, сьогодні стає домінуючою парадигмою в сфері сталого розвитку та публічного адміністрування. Якщо класичний підхід Р. Фрімена фокусувався на захисті організації від негативного впливу зовнішніх груп, то сучасні інтерпретації наголошують на необхідності активного залучення (engagement) для створення спільної цінності.

У проєктах енергоефективності житлового сектору «спільна цінність» виходить за межі простої економії коштів. Вона включає енергетичну безпеку, комфорт проживання, зростання вартості нерухомості, зниження вуглецевого сліду та соціальну згуртованість громад. П. дель Ріо зазначає, що ігнорування цієї багатовимірності інтересів є основною причиною провалу багатьох державних програм енергозбереження, оскільки технічно досконалі рішення часто наштовхуються на соціальний опір або пасивність кінцевих споживачів [224].

Нарешті, постачальники технологій залучаються переважно у форматі консультування через демонстраційні проєкти, технічні консультації та стандартизацію рішень. Їхня роль полягає у підвищенні якості впровадження та довіри до технологічних рішень, що опосередковано впливає на досягнення енергетичних і фінансових результатів.

Таким чином, сценарії залучення зацікавлених сторін дозволяють формалізувати управлінську складову енергоефективності та кількісно пов'язати рівень взаємодії стейкхолдерів з економічними й сталими результатами проєктів. Ефективність енергоефективності визначається не лише технологіями, а передусім архітектурою управління та партнерства. Управління

енергоефективністю житлових будівель здійснюється через різні сценарії взаємодії, що відрізняються глибиною залучення зацікавлених сторін, рівнем відповідальності та формою участі в ухваленні рішень. Кожен сценарій є інструментом управління, який доцільно застосовувати до певних груп стейкхолдерів залежно від їхнього впливу та інтересу. У табл. 3.4 представлено сценарії залучення стейкхолдерів із відповідними стратегіями взаємодії.

У табл. 3.4 представлено ієрархію управління енергоефективністю, сформовану на основі об'єднання сценаріїв залучення: від інформування мешканців до активної участі об'єднань співвласників та до партнерства з органами влади, фінансовими інституціями та енергосервісними компаніями.

Таблиця 3.4 - Узагальнююча таблиця сценаріїв залучення стейкхолдерів

Сценарій залучення	Ключові зацікавлені сторони	Характер взаємодії	Основні інструменти	Роль стейкхолдерів	Управлінська мета
1	2	3	4	5	6
Інформування та стимулювання	Власники квартир, мешканці	Одностороння та адресна комунікація	Роз'яснення платіжок, інформаційні кампанії, калькулятори енергоспоживання, мобільні сервіси моніторингу, прості гіді щодо заходів	Пасивні отримувачі інформації, формування ставлення	Формування усвідомленої енергетичної поведінки та підтримки колективних рішень
Консультування та участь	Об'єднання співвласників, управителі будинків	Двостороння взаємодія з можливістю впливу	Енергоаудити з обговоренням, робочі групи, навчання керівників, консультаційні центри, співфінансування	Активні учасники планування та реалізації	Перехід від обслуговування до активного енергетичного управління будинком
Участь та партнерство	Органи місцевого самоврядування, об'єднання співвласників	Спільне планування та реалізація	Місцеві програми енергоефективності, муніципальні фонди, стандарти модернізації, енергомоніторинг житлового фонду	Співвідповідальні за досягнення результатів	Масштабування рішень і системне зниження енергетичної бідності
Партнерство	Державні органи, місцева влада	Інституційна взаємодія на стратегічному рівні	Законодавство, державні програми підтримки, податкові стимули, національні реєстри енергоспоживання	Формування правил і умов ринку	Створення стабільного інституційного середовища енергоефективності

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6
Участь та партнерство через енергосервісні договори	Енергосервісні компанії, об'єднання співвласників, місцева влада	Договірна взаємодія з розподілом ризиків	Енергосервісні договори, оплата за досягнутий результат, гарантії економії, системи обліку	Інвестори та виконавці з відповідальністю за результат	Перетворення енергоефективності на ринковий механізм
Консультація та партнерство	Банки, фонди, донорські організації	Фінансово-експертна взаємодія	Пільгові кредити, гарантійні механізми, змішане фінансування, критерії сталого розвитку	Постачальники фінансових ресурсів і зниження ризиків	Підвищення доступності інвестицій для модернізації
Консультація	Постачальники технологій, проектні організації	Технічна експертна підтримка	Демонстраційні проекти, технічні консультації, стандартизація рішень	Постачальники знань і технологій	Підвищення якості впровадження та довіри до технологій

Джерело: [124]

Перехід між сценаріями означає зростання відповідальності, координації та довгострокового ефекту.

Таким чином, використовуючи методику сценарного планування, зроблено висновок, що енергоефективність житлових будівель реалізується через послідовну систему сценаріїв залучення зацікавлених сторін, кожен з яких виконує окрему управлінську функцію. Поєднання цих сценаріїв дозволяє перетворити енергоефективність із разових технічних заходів на стійку соціально-економічну систему розвитку житлового фонду.

Для забезпечення ефективної взаємодії у сфері підвищення енергоефективності необхідно чітко ідентифікувати та класифікувати стейкхолдерів. Застосування класичної матриці «Вплив – Інтерес», адаптованої Л. Борном та Д. Вокером [225], з урахуванням умов воєнного та повоєнного періоду в Україні, дозволяє структурувати основні групи за рівнем їх впливу та зацікавленості в реалізації проектів енергоефективності.

До категорії ключових гравців (високий вплив / високий інтерес) належать насамперед державні інституції, зокрема Міністерство розвитку громад та

територій України та Фонд енергоефективності, які формують нормативно-правову базу, забезпечують фінансові інструменти підтримки та визначають стратегічні пріоритети відновлення житлового фонду. Вагому роль відіграють міжнародні донори та фінансові організації (ЄС, Світовий банк, IFC, USAID), що виступають ключовими джерелами інвестиційних ресурсів і водночас встановлюють вимоги до прозорості, дотримання стандартів NZEB та ESG-критеріїв [226]. Органи місцевого самоврядування також входять до цієї групи, оскільки саме вони забезпечують практичну реалізацію державної політики на рівні громад, координують процеси відновлення та організують взаємодію з мешканцями.

Групу «Захисників» (низький вплив / високий інтерес) формують ОСББ та домогосподарства як кінцеві бенефіціари енергоефективних заходів. Попри їхню зацікавленість у зниженні витрат та підвищенні комфорту проживання, у воєнних умовах їхня фінансова спроможність і можливість впливати на рішення істотно обмежені. До цієї ж категорії належать громадські організації та екоактивісти, які здійснюють моніторинг, адвокацію та просвітницьку діяльність.

До латентних гравців (високий вплив / низький інтерес) належать комерційні банки та великі будівельні компанії. Банківський сектор володіє необхідними фінансовими ресурсами, проте в умовах військових ризиків і низької платоспроможності населення сприймає проекти житлової енергоефективності як високоризикові. Великі будівельні компанії, у свою чергу, зацікавлені переважно у масштабному новому будівництві, часто не виявляючи достатнього інтересу до складних і менш маржинальних проектів глибокої термомодернізації без належних стимулів.

Нарешті, до апатичних груп (низький вплив / низький інтерес) належать випадкові постачальники послуг та частина пасивного населення, які фактично не залучені до процесів ухвалення рішень і не впливають на стратегічні напрями розвитку.

Водночас така структура є динамічною. Одним із ключових завдань управлінської моделі є поступове переміщення ОСББ із квадранту «Захисників» до категорії «Ключових гравців» шляхом надання їм фінансових інструментів, механізмів впливу та доступу до програм підтримки, а також активізація банківського сектору через впровадження державних гарантій і механізмів зниження ризиків. Саме така трансформація взаємодії стейкхолдерів дозволить посилити інституційну спроможність житлового сектору та забезпечити системне впровадження енергоефективних рішень у процесі відновлення України.

В умовах конфлікту інтересів, характерного для житлового сектору (наприклад, між бажанням мешканців мінімізувати витрати сьогодні та необхідністю інвестувати у майбутнє), традиційні методи оцінки ефективності (Cost-Benefit Analysis) є недостатніми. Вони часто ігнорують якісні критерії та різницю у сприйнятті цінності різними групами. Для вирішення цієї проблеми пропонується імплементація методології МАМСА, детально описаної в роботах С. Хьонінкс та співавтори [227]. Цей метод дозволяє структурувати діалог, виявляти приховані протиріччя та знаходити консенсусні рішення.

Використання МАМСА для управління енергоефективністю житлових будівель може бути практично імплементоване на основі вашої таблиці енергосертифікатів як «каркас» для узгодження рішень між співвласниками, управителем, ОСББ, громадою та потенційними фінансистами. Вихідною базою в цьому випадку виступають кількісні показники таблиці: клас енергоефективності, рік введення, кінцеве споживання енергії (кВт·год/м²·рік), первинна енергія (кВт·год/м²·рік) і коефіцієнт первинності, питомі викиди (кг/м²·рік), середня ціна енергії (грн/кВт·год), опалювальна площа (м²), а також тип системи опалення (тепломережа/газові котли/електрокотли). Саме ці дані дозволяють перейти від загальних дискусій до формалізованих альтернатив із вимірюваним ефектом у трикутнику «енергія-вартість-викиди» (через розрахунки річного кінцевого споживання $E_{\text{final}} = FE \cdot A$, вартості $C = E_{\text{final}} \cdot \text{Price}$ і

викидів $G = GHG \cdot A$, а також оцінити «якість» енергопостачання через $k_p = PE/FE$.

На етапі 1 відбувається визначення проблеми та альтернатив. МАМСА конкретизується так: проблема формулюється як зниження енерговитрат і викидів без погіршення комфорту та із прийнятною окупністю для співвласників. Альтернативи доцільно «прив'язати» до груп будівель із таблиці 2.6 (за періодом/класом/типом опалення):

А – інтервенційний сценарій – мінімальний ремонт чи відновлення працездатності систем, усунення втрат, балансування, регулювання, локальні роботи;

В – мобілізаційний сценарій – термомодернізація до мінімальних нормативів: утеплення огорожень, модернізація ІТП чи вузлів, лічильники, базова автоматика;

С – партнерський сценарій - глибока модернізація з високим ефектом: комплексна оболонка, модернізація систем, цифрове керування та енергоменеджмент, за потреби – ВДЕ або високоефективні рішення;

Сценарії управління енергоефективністю, які логічно впливають із застосування МАМСА:

1. Сценарій «швидкі втручання» (А) – для будинків із відносно прийнятними FE, але високими витратами через тариф чи режими: фокус на налаштуваннях системи, балансуванні, лічильниках, базовій автоматизації та дисципліні управління; мінімальні інвестиції, швидкий ефект у рахунках.

2. Сценарій «нормативна термомодернізація» (В) – для більшості будівель старого фонду з класами D-G та високими FE/м²: пріоритет – оболонка, модернізація вузлів чи регулювання, щоб перейти до стабільно нижчих FE та зменшити С і G; підходить для співфінансування з програмами громади.

3. Сценарій «глибока модернізація і цифрове керування» (С) – для будівель із найгіршими профілями (високі FE, високі GHG, велика площа, енергоносій з несприятливою первинністю): комплексний пакет із

максимальною економією та зниженням ризиків; потребує партнерів (донори, ЕСКО, місто), але дає найкращий довгостроковий ефект.

4. Сценарій «портфельне управління громадою» – коли МАМСА застосовується не до одного будинку, а до групи (табл.2.6): громада формує «портфель» проектів, де частина об'єктів отримує С-сценарій (високий кліматичний ефект і системна користь), а інші – В/А (масштабне зниження рахунків), досягаючи балансу між соціальною прийнятністю та декарбонізацією.

Етап 2 передбачає ідентифікацію стейкхолдерів у житловому секторі. Можна зафіксувати як мінімум чотири групи: співвласники та мешканці, ОСББ та управитель, муніципалітет та громада, фінансист через банк, донора чи ЕСКО).

Етап 3 визначає критерії для кожного стейкхолдера, що прямо виводиться з показників таблиці: мешканцям важливі зниження річних витрат С і прогнозована економія на 1 м², комфорт і ризики (наприклад, будинки з високим % річного енергоспоживання при опаленні та дорогим енергоносієм мають сильнішу мотивацію); ОСББ чи управителю критичні керованість системи (тип опалення), наявність даних і можливість контролю; муніципалітету – скорочення викидів G та навантаження на мережі (особливо для тепломережі), підвищення стійкості; фінансисту – фінансова ефективність (NPV, IRR) та прогнозованість економії, яка базується на $\Delta E_{\text{final}} = (FE_{\text{base}} - FE_{\text{alt}}) \cdot A$ і $\Delta C = \Delta E_{\text{final}} \cdot \text{Price}$, а також на чутливості до тарифів.

Етап 4 опирається на індикатори та ваги і реалізується як «переклад» критеріїв у числа та встановлення ваг для кожної групи. Тут формуються індикатори для базового стану, а для альтернатив – сценарні значення (наприклад, А дає невелике зниження FE, В – середнє, С – найбільше; аналогічно для GHG). Ваги в МАМСА задаються окремо для кожного стейкхолдера (наприклад, для мешканців із низьким доходом – більша вага у критерію С/рік, тоді як для громади – у G).

Етап 5 охоплює оцінку альтернатив та означає, що для кожної будівлі або групи будівель з таблиці розраховуються базові E_{final} , C, G і сценарні E_{final} (A, B, C), C (A, B, C), G (A, B, C) на основі припущених знижень FE та зміни коефіцієнта первинності та викидів (якщо змінюється енергоносіє або технологія). Наприклад, будівля з високим FE і великою площею матиме найбільший абсолютний ефект у гривнях і кВт·год навіть за однакового відсотка зниження – це одразу підсилює її пріоритет у сценаріях B та C.

Етап 6 передбачає багатокритеріальну агрегацію і дає управлінську «карту компромісів»: може виявитися, що для будівель із тепломережею й високими викидами сценарій C має найкращу екологічну оцінку, але сценарій B є більш прийнятним фінансово для співвласників; тоді рішенням стає партнерський пакет співфінансування (група/донор) саме для «вуглецево важких» об'єктів, а для інших – мобілізаційний пакет.

Етап 7 (імплементация та зворотний зв'язок) фіксує вибір сценарію, план дій та систему вимірювання результатів: порівняння фактичного споживання з базовою лінією, регулярний моніторинг і корекція. На рис. 3.5 представлено матрицю «інтерес-аплив» стейкхолдерів із виокремленням управлінських стратегій для житлової сфери в умовах воєнного та повоєнного відновлення.

Ключове завдання моделі управління стейкхолдерами – це переміщення ОСББ із квадранту «Захисники» до «Ключових гравців» через доступ до фінансових інструментів, посилення ролі у прийнятті рішень, цифровізацію та доступ до даних, інтеграцію у муніципальні програми енергоефективності. У підсумку, перевага МАМСА в дослідженні полягає в тому, що таблиця вже містить достатньо параметрів, щоб зробити діалог «вимірюваним»: кожен стейкхолдер бачить не абстрактні обіцянки, а різницю між альтернативами у кВт·год, гривнях і кілограмах викидів, а також у масштабі площі, що дає підстави для обґрунтованого вибору сценарію та прозорого розподілу фінансової відповідальності.

Рівень інтересу / Рівень впливу	Високий інтерес	Низький інтерес
Високий вплив	<p>КЛЮЧОВІ ГРАВЦІ Держава (Мінвідновлення, Фонд енергоефективності) Міжнародні донори (ЄС, Світовий банк, IFC, USAID) Органи місцевого самоврядування <i>Управлінська стратегія:</i> стратегічне партнерство, спільне планування, координація політики, контроль стандартів</p>	<p>ЛАТЕНТНІ ГРАВЦІ Комерційні банки Великі будівельні компанії</p> <p><i>Управлінська стратегія:</i> стимулювання участі через державні гарантії, компенсацію ризиків, регуляторні стимули</p>
Низький вплив	<p>ЗАХИСНИКИ ОСББ Домогосподарства Громадські організації та екоактивісти <i>Управлінська стратегія:</i> підвищення інституційної спроможності, фінансова підтримка, розширення інструментів впливу</p>	<p>АПАТИЧНІ ГРУПИ Пасивна частина населення Нерегулярні постачальники послуг <i>Управлінська стратегія:</i> інформаційні кампанії, підвищення обізнаності</p>

Рисунок 3.5 - Матриця «Вплив – Інтерес» для управління енергоефективністю житлової сфери

Джерело: сформовано автором

Елементи управління енергоефективності із урахуванням стейкхолдерів представлено у табл. 1 Додатку Г. Представлені складові управління охоплюють стейкхолдерів і засади європейського регулювання питання управління енергоефективністю. Організаційні складові створюють керованість системи на основі даних, стандартів, розподілу ролей, контролю якості, а економічні складові забезпечують фінансування змін, забезпечують стимули, сприяють зниженню ризиків, які у ЄС вони працюють у зв'язці через Директиву про енергетичну ефективність будівель (EPBD), Директиву про енергоефективність (EED), Директиву про відновлювану енергію (третья редакція) (RED III) та інструменти Другої системи торгівлі викидами ЄС (для будівель і автомобільного транспорту) (ETS2), Соціальний кліматичний фонд ЄС (SCF).

Базуючись на аналізі технічного стану житлового фонду, рівня енергоспоживання та інституційної спроможності стейкхолдерів, доцільно

виокремити три базові управлінські сценарії розвитку системи енергоефективності в повоєнний період. Вони відрізняються ступенем централізації рішень, фінансовою архітектурою та роллю ключових акторів, а також різним потенціалом досягнення цілей енергетичного переходу.

Перший сценарій – інерційний, або сценарій виживання – передбачає збереження довоєнної моделі управління з переважанням ситуативних рішень і мінімально необхідного відновлення. У цьому випадку реконструкція житлового фонду здійснюється за принципом «швидко і дешево», без системного врахування сучасних стандартів енергоефективності (NZEB, принципів декарбонізації). Управлінська модель є реактивною та фрагментарною: рішення ухвалюються на рівні окремих домогосподарств або як відповідь на аварійні ситуації. Взаємодія стейкхолдерів слабка, координація обмежена; державна підтримка зосереджується на ліквідації критичних пошкоджень, а міжнародні донори реалізують окремі пілотні проекти без масштабного ефекту. Фінансування формується переважно за рахунок власних коштів мешканців (які в умовах війни є вкрай обмеженими) або точкових бюджетних субвенцій. За таких умов консервується технологічна відсталість і поглиблюється енергетична бідність. Як зазначають автори дослідження [228], впровадження енергоефективних технологій у житлових будівлях стримується низкою взаємопов'язаних бар'єрів. Передусім вагому роль відіграють фінансові бар'єри, зокрема висока початкова вартість обладнання та модернізаційних заходів, обмежений доступ до фінансових інструментів, недостатня кількість державних стимулів, а також тривалий період окупності інвестицій. Окрім цього, суттєвими залишаються технічні бар'єри, що проявляються у недостатньому рівні технічної обізнаності мешканців, дефіциті кваліфікованих фахівців з монтажу та обслуговування, обмеженій доступності сучасних технологій на локальному ринку та слабкій технічній підтримці після встановлення обладнання. Також виявлено інституційно-регуляторні бар'єри, пов'язані з відсутністю чітких стандартів і нормативних вимог, непослідовністю політики у сфері енергоефективності та недостатнім

контролем за дотриманням енергетичних норм у сфері будівництва. Важливу роль відіграють поведінкові та інформаційні бар'єри, зокрема низький рівень поінформованості населення щодо переваг енергоефективних технологій, усталені моделі енергоспоживання, сприйняття нових технологій як складних або ризикованих, а також обмежений рівень довіри до інновацій. Додатково на процес впровадження впливають структурні чинники, серед яких перевантаженість національної енергосистеми, недостатня інтеграція відновлюваних джерел енергії у житловому секторі та слабка координація між зацікавленими сторонами. Сукупність зазначених фінансових, технічних, інституційних, поведінкових і структурних бар'єрів зумовлює повільні темпи поширення енергоефективних технологій та свідчить про необхідність комплексного підходу до їх подолання.

Другий сценарій – мобілізаційний (державно-центричний) або сценарій масштабної відбудови – передбачає домінуючу роль держави в координації процесів модернізації. У цьому випадку держава консолідує міжнародну допомогу, бюджетні ресурси та потенційні репараційні надходження, формуючи централізовану вертикаль управління. Рішення ухвалюються у форматі «згори-вниз», а профільні міністерства та спеціалізовані агенції виступають замовниками проектів реконструкції кварталів або мікрорайонів. Взаємодія стейкхолдерів має ієрархічний характер: роль ОСББ та громад обмежується погодженням рішень, а підрядники визначаються через централізовані тендерні процедури. Фінансування базується на великих донорських фондах, державних гарантіях і цільових програмах. Такий підхід дозволяє швидко підвищити середній рівень енергоефективності (до класу C-B), забезпечити стандартизацію рішень і контроль якості. Водночас існують ризики неефективного використання ресурсів, формалізації участі громад та відчуження мешканців від процесу модернізації. У дослідженні [229] зазначається, що житловий сектор України має значний потенціал енергозбереження, особливо в багатоквартирному житловому фонді, який потребує комплексної модернізації. Автор підкреслює, що основний потенціал

економії енергії може бути реалізований через першочергові технічні заходи, зокрема утеплення стін і теплового контуру будівель, заміну вікон, встановлення вузлів обліку тепла та гарячої води, а також регуляторів температури. Водночас серед ключових бар'єрів впровадження енергоефективних заходів названо субсидовані тарифи на енергію, енергоємні моделі споживання, нестачу фінансових ресурсів, відсутність інвесторського інтересу, низький рівень обізнаності населення та високий рівень корупції. Серед інструментів політики, здатних активізувати процес модернізації, особливу увагу приділено розвитку механізмів енергосервісних компаній (ЕСКО), які можуть забезпечити реалізацію заходів з енергоефективності без значного початкового фінансового навантаження на власників житла шляхом використання моделі енергосервісних контрактів.

Третій сценарій – партнерський (інноваційно-партисипативний), який розглядається як цільовий, – базується на принципах децентралізації, державно-приватного партнерства та активного залучення стейкхолдерів через цифрові платформи управління. Відбудова трактується не лише як відновлення втраченого, а як можливість для структурної модернізації за принципом Build Back Better і інтеграції в європейський зелений курс. Управлінська модель має мережевий характер: органи місцевого самоврядування виконують роль фасилітаторів, координуючи ініціативи ОСББ, бізнесу та фінансових інституцій. Взаємодія стейкхолдерів є партнерською, із застосуванням механізмів співфінансування та співуправління. Активно залучаються ЕСКО-компанії, приватні інвестори та банки, ризики для яких знижуються завдяки державним гарантіям і міжнародним фондам. Фінансова модель має змішаний характер: грантова складова (до 40-50%), пільгові кредити, кошти місцевих бюджетів і внески мешканців, що компенсуються за рахунок досягнутої економії енергії. Технологічно цей сценарій передбачає впровадження теплових насосів, систем рекуперації теплоти (зокрема використання теплоти стічних вод), будинкових систем енергоменеджменту (BEMS), цифрового моніторингу та інтелектуальних алгоритмів управління споживанням. Реальні можливості

для його реалізації пов'язані з процесом євроінтеграції України, доступом до інструментів ЄС, поширенням стандартів ESG та вимог до декарбонізації. У перспективі саме цей сценарій дозволяє досягти рівня енергоефективності класу А-В, скоротити викиди CO₂, зменшити імпорт енергоносіїв і підвищити енергетичну незалежність громад. Таким чином, вибір управлінського сценарію визначає не лише технічні параметри модернізації житлового фонду, а й траєкторію розвитку енергетичної системи країни. Інерційний сценарій веде до стагнації та зростання бюджетного навантаження, мобілізаційний – забезпечує швидке, але обмежене за інноваційністю відновлення, тоді як партнерський сценарій відкриває перспективи системного «зеленого» переходу, поєднуючи ресурсозбереження, інституційну модернізацію та сталий розвиток (рис. 1, Додаток Д).

Отже, у повоєнний період система управління енергоефективністю житлового фонду України має еволюціонувати від директивних методів до партнерських моделей, заснованих на широкому залученні стейкхолдерів. Застосування теорії стейкхолдерів та методології МАМСА дозволяє перетворити потенційні конфлікти інтересів на синергію співпраці. Результатом є: досягнення високих стандартів (клас А-В, NZEB); формування відповідального власника та сталої громади. У табл.3.7 представлено порівняльний аналіз управлінських сценаріїв підвищення енергоефективності.

Таблиця 3.7 - Порівняльний аналіз управлінських сценаріїв підвищення енергоефективності

Критерій порівняння	Інерційний сценарій	Мобілізаційний сценарій	Партнерський сценарій
1	2	3	4
Ключовий рушій	Вживання, ліквідація аварій	Національна безпека, масштабність	Сталий розвиток, ефективність, інновації
Роль держави	«Пожежна команда» (реагування)	Головний замовник та контролер	Регулятор, гарант, партнер

Продовження табл. 3.7

1	2	3	4
Механізм взаємодії	Спорадичний, конфліктний	Адміністративний, регламентований	Діалоговий, договірний (МАМСА)
Роль ОСББ/Громади	Пасивний об'єкт управління	Виконавець інструкцій	Ініціатор, активний суб'єкт, співінвестор
Технологічний рівень	Відновлення до попереднього стану	Дотримання чинних мінімальних норм	Впровадження передових технологій (NZEB)
Джерела фінансування	Власні кошти, залишки бюджетів	Держбюджет, макрофінансова допомога	Гранти, Кредити, ЕСКО, Власні кошти
Інструмент залучення	Інформування (одностороннє)	Консультавання (формальне)	Співтворчість (Co-creation), цифрові платформи

Джерело: Сформовано автором

Четверта промислова революція відкриває нові можливості для управління стейкхолдерами, трансформуючи традиційні підходи у модель Stakeholder Management 4.0. Ця концепція передбачає використання великих даних (Big Data), Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту (ШІ) для забезпечення безперервної, прозорої та персоналізованої взаємодії. У контексті енергоефективності, як зазначають К. Аланне та С. Сієрла, технології машинного навчання дозволяють перейти від реактивного до проактивного управління будівлями [230]. Проте суто технократичний підхід має свої обмеження. У статтях Шукур С. [231] та Лі Х. і Тіан Ф. [232] обґрунтовується концепція Human-AI Synergy, за якої штучний інтелект не замінює людину, а посилює її спроможність ухвалювати складні рішення, особливо в умовах багатфакторної невизначеності.

Концепція синергії людського та штучного інтелекту (Human-AI synergy) в управлінні енергоефективністю житлового будівництва ґрунтується на ідеї комплементарності, а не на заміні. Штучний інтелект не підміняє управлінця чи

мешканців, а підсилює їхню здатність ухвалювати обґрунтовані рішення в умовах складності, невизначеності та багатокритеріальності. В основі цієї концепції лежить системне бачення будівлі як соціально-технічного об'єкта, у якому технічні параметри, такі як споживання енергії, стан інженерних систем, теплові втрати тісно переплетені з поведінкою користувачів, організаційними процедурами управління та зовнішніми обмеженнями, якими виступають тарифи, клімат, надійність постачання.

Людський інтелект у цій синергії відповідає за ціннісно-нормативний і стратегічний вимір управління. Саме люди формують цілі енергоефективності, визначають прийнятний рівень комфорту, соціальні пріоритети та етичні обмеження, ухвалюють остаточні управлінські рішення і несуть за них відповідальність. У житловому будівництві це проявляється у виборі стратегій модернізації, погодженні інвестицій, балансуванні між економією енергії та якістю життя мешканців, а також у здатності враховувати контекстні чинники, які складно формалізувати: соціальну вразливість окремих груп, довіру до технологій, готовність до змін, локальні особливості будинку чи громади. Людський інтелект також виконує функцію контролю та корекції алгоритмічних рішень, забезпечуючи принцип «людина в контурі» (human-in-the-loop) [233].

Штучний інтелект у межах цієї концепції зосереджується на аналітично-обчислювальних і прогностичних аспектах управління. Він здатний обробляти великі масиви даних про енергоспоживання, погодні умови, тарифи, технічні параметри будівель і поведінкові патерни мешканців, виявляти приховані закономірності, прогнозувати пікові навантаження, оцінювати ефекти енергоефективних заходів і моделювати альтернативні сценарії розвитку. На відміну від людини, ШІ працює без втоми, швидко оновлює оцінки за змін умов та дозволяє перейти від реактивного управління, що реагує на перевитрати чи аварії, до предиктивного та проактивного підходу. Такі переваги дозволяють використовувати ШІ в цифровому управлінні енергоефективністю як ланцюг даних і сервісів, у якому розумний облік (smart metering) забезпечує регулярні

та порівнювані показники, а цифрові платформи трансформують їх у прозорий білінг, керування попитом і практичні дії для мешканців. При цьому використання штучного інтелекту розглядається як інструмент аналітичної обробки даних, що дозволяє здійснювати прогнозування споживання, виявлення неефективностей, оптимізацію режимів енергоспоживання та підтримку прийняття управлінських рішень на основі даних [234].

Синергія виникає саме у взаємодії цих ролей: люди задають цілі, правила та обмеження, інтерпретують результати й ухвалюють рішення, тоді як штучний інтелект забезпечує інформаційну основу для цих рішень, знижує когнітивне навантаження та підвищує точність оцінок. У результаті, управління енергоефективністю житлових будівель трансформується з фрагментарного та інтуїтивного у системний, прозорий й орієнтований на дані процес, де підвищення енергоефективності досягається не лише за рахунок технічних рішень, а й через узгоджену взаємодію технологій, управлінських практик і поведінки користувачів.

Таким чином, застосування парадигми Human-AI synergy полягає в інтеграції двох різнорідних типів інтелекту для розв'язання слабоструктурованих проблем. З одного боку, штучний інтелект забезпечує обробку колосальних обсягів гетерогенної інформації (показники датчиків, метеодані, поведінкові патерни, ринкові ціни), виявляючи приховані кореляції та тренди, недоступні для людського сприйняття [235]. З іншого боку, людина-управлінець, що може виступати у ролі державного службовця, енергоменеджера громади, голови ОСББ, вносить у процес прийняття рішень контекстуальне розуміння, етичні міркування, соціальну чутливість та стратегічне бачення, які наразі не піддаються повній алгоритмізації. У табл. 3.8 виділено чотири рівні взаємодії людини і ШІ в управлінні енергоефективністю, що відображають зростання ролі ШІ в управлінні енергоефективністю.

В умовах повоєнної відбудови України найбільш затребуваним є саме прескриптивний рівень з елементами Human-AI synergy. Це зумовлено тим, що управлінські рішення часто доводиться приймати в умовах дефіциту часу та

фінансових ресурсів, коли ціна помилки є критично високою. Масштаби руйнувань енергетичної інфраструктури вимагають не просто відновлення, а кардинальної модернізації на основі принципів децентралізації та енергонезалежності.

Таблиця 3.8 - Еволюція моделей взаємодії людини та AI в системах управління енергоефективністю

Рівень системи	Роль штучного Інтелекту	Роль людини (Менеджера)	Характеристика взаємодії
Описова (Descriptive) [236]	Збір та агрегація історичних даних, візуалізація («що сталося?»)	Аналіз звітів, виявлення проблем, прийняття рішень	ШІ як інструмент моніторингу. Людина повністю контролює інтерпретацію.
Діагностична (Diagnostic) [237]	Виявлення аномалій, автоматизований пошук причин («чому це сталося?»)	Верифікація діагнозів, вибір методів усунення проблем	ШІ надає аналітичні звіти, звужуючи для людини поле пошуку рішень.
Предиктивна (Predictive) [238]	Прогнозування майбутніх станів («що станеться?»), моделювання сценаріїв	Оцінка ризиків, планування ресурсів на основі прогнозів	ШІ формує сценарії. Людина обирає стратегію на випередження.
Прескриптивна (Prescriptive) [239]	Генерація рекомендацій щодо дій, оптимізація в реальному часі («Як досягти бажаного?»)	Визначення цільових функцій, затвердження або відхилення рекомендацій, етичний контроль	Human-AI Synergy: симбіотична робота, де ШІ пропонує оптимальні шляхи, а людина оцінює їх у соціальному контексті.

Джерело: [240]

Інтелектуальні системи дозволяють моделювати наслідки різних стратегій відновлення, наприклад, порівнювати сценарії глибокої термомодернізації на противагу встановленню локальної генерації ще до початку фізичних робіт.

У повоєнному контексті України доцільно виокремити перелік напрямів Human-AI synergy, які безпосередньо впливають із логіки відновлення та мають опору в реальних підходах енергоменеджменту й планування [241]. По-перше, пріоритезація об'єктів відновлення та термомодернізації справді є ключовою управлінською проблемою за умов дефіциту ресурсів, а RDNA3 –

третя спільна оцінка Уряду України, Світового банку, Європейської комісії та ООН, яка визначає масштаби збитків, втрат і пріоритетні потреби відновлення України внаслідок війни, зокрема в енергетичному та житловому секторах, – підкреслює масштаб потреб у відновленні та необхідність системного планування фінансування і проєктів у секторах житла та енергетики [242]. Роль інтелектуальної підтримки рішень полягає у переході від «ручного» вибору за одним критерієм (наприклад, рік забудови) до багатокритеріального ранжування з використанням даних про технічний стан, очікуваний потенціал енергозбереження, кількість мешканців і вразливі групи, доступність мереж, вартість робіт та ризики. Алгоритм не «вирішує замість людини», а надає прозору аналітичну основу для затвердження пріоритетів і перевірки сценаріїв, що узгоджується з логікою відбудови та підзвітності донорам.

По-друге, для України обґрунтованим напрямом є оптимізація попиту та гнучкості споживання як складова енергетичної стійкості, адже керування попитом у дослідженнях прямо розглядається як інструмент підвищення надійності й ефективності роботи енергосистем і мереж, особливо в умовах обмежень [243].

По-третє, важливим питанням є перевірка того, чи енергоефективні заходи або енергосервісні контракти дійсно забезпечили заявлену економію енергії, з урахуванням впливу погодних умов і змін режимів експлуатації будівель. Для цього доцільно спиратися на міжнародно визнані процедури вимірювання та верифікації результатів енергозбереження, які передбачають визначення базової лінії споживання та коректний розрахунок фактичної економії. У межах синергії людського та штучного інтелекту люди визначають правила обліку, затверджують методику та інтерпретують результати, тоді як алгоритми автоматизують розрахунки, обробляють дані з лічильників і підвищують прозорість та відтворюваність оцінювання, що формує довіру між усіма учасниками процесу.

По-четверте, поведінковий фактор доцільно залишити як окремий пріоритетний напрям саме для житлового сектору, оскільки навіть за якісних

технічних рішень фактичне споживання залежить від практик користувачів, а в українських дослідженнях у темі енергоефективності прямо виділяються мотиви та бар'єри споживачів, а саме вартість енергії, комфорт, екологічні міркування, інформаційні обмеження. Тому роль ШІ розглядається як інструмент комунікації й підтримки рішень через персоналізовані підказки, порівняння зі схожими будинками, пояснення ефекту простих дій у зрозумілих одиницях тощо.

Нарешті, важливо враховувати умови й обмеження впровадження Human-AI synergy, зокрема якість даних, що забезпечується через облік, лічильники, сумісність форматів, кібербезпека та приватність, організаційна спроможність управителів та ОСББ, а також етичний принцип «людина в контурі» у рішеннях, що зачіпають справедливість розподілу інвестицій і ризик енергетичної бідності.

Еволюція систем управління енергоефективністю демонструє чітку тенденцію до ускладнення об'єктів управління. Житловий фонд трансформується з пасивного споживача енергії в активний елемент енергетичної системи, що потребує нових підходів до координації та контролю. Проведене дослідження дозволяє стверджувати, що впровадження інтелектуальних систем підтримки прийняття управлінських рішень на засадах Human-AI synergy є визначальним вектором розвитку системи управління енергоефективністю в житловій сфері України в умовах повоєнного відновлення.

Зокрема, публічні дані свідчать про стійке зростання кількості об'єднань співвласників багатоквартирних будинків, що формує значну потенційну базу для впровадження цифрових та ШІ-орієнтованих рішень у житловому секторі. Станом на 1 січня 2023 року в Україні було зареєстровано близько 38,6 тис. ОСББ вказує на розширення формалізованого управління житловим фондом [244]. Цю динаміку доцільно інтерпретувати як зростання кількості об'єктів, де існує інституційна спроможність для впровадження цифрових інструментів

енергоменеджменту та систем підтримки прийняття рішень на основі штучного інтелекту.

Показовим прикладом є Івано-Франківськ, де станом на 2025 рік функціонувало близько 500 багатоквартирних будинків, у яких співвласники створили ОСББ, що становить приблизно 30% житлового фонду міста [245]. Динаміка зростання ОСББ у місті є поступовою та стабільною: у 2017 році їх налічувалося 281, у 2018 році – 320, у 2019 році – 365, а протягом 2020 року було створено ще 45 нових об'єднань [246]. Така еволюція свідчить про поступове зміцнення організованих форм управління житловими будинками на локальному рівні та формує критичну масу об'єктів, здатних виступати платформою для впровадження цифрових, аналітичних і ШІ-рішень у сфері управління енергоефективністю. У табл. 3.9 представлено дані про динаміку створення ОСББ в Україні, які демонструють стійку довгострокову тенденцію до зростання кількості об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ) в Україні у 2013–2023 рр., що свідчить про поступову інституціоналізацію управління житловим фондом.

Таблиця 3.9 - Динаміка створення ОСББ в Україні протягом 2013-2023 рр.

Період	Загальна кількість ОСББ	Щорічне зростання (одиниць)	Щорічний приріст (%)
01.01.2013	15,018	–	–
01.01.2014	16,213	1,195	8,0
01.01.2015	15,992	-221	-1,4
01.01.2016	17,109	1,117	7,0
01.01.2017	26,080	8,971	52,4
01.01.2018	27,999	1,919	7,4
01.01.2019	29,916	1,917	6,8
01.01.2020	32,700	2,784	9,3
01.01.2021	35,353	2,653	8,1
01.01.2022	37,695	2,342	6,6
01.01.2023	38,606	911	2,4

Джерело: [246]

Після помірного й нерівномірного зростання у 2013-2016 рр. у 2017 році відбувся різкий структурний злам: кількість ОСББ зросла на 8 971 одиницю, а темп приросту досяг 52,4%, що було зумовлено активізацією реформ у сфері житлово-комунального господарства.

У 2018-2021 рр. динаміка зберігала позитивний, але більш стабільний характер (6-9% на рік), що вказує на перехід від екстенсивного зростання до поступового насичення. У 2022-2023 рр. темпи приросту сповільнилися (до 2,4% у 2023 р.), імовірно, внаслідок воєнних та інституційних обмежень, однак загальна тенденція залишилася позитивною, формуючи організаційну базу для впровадження більш складних управлінських і цифрових рішень у житловому секторі. Зміщення структури управління багатоквартирними будинками у бік ОСББ та формалізованих моделей професійного управління можна обґрунтовано трактувати як ключову інституційно-організаційну передумову для впровадження штучного інтелекту в управління житловими будівлями. Зростання кількості ОСББ (табл. 3.9) означає розширення частки будинків із чітко визначеним суб'єктом прийняття рішень, відповідальними особами, бюджетуванням і формалізованими процедурами управління. Саме така інституційна визначеність є необхідною умовою для системного використання цифрових інструментів і алгоритмів штучного інтелекту, зокрема для оптимізації енергоспоживання, планування модернізацій та прогнозування ризиків. Цю тенденцію підсилюють законодавчі зміни 2023 року, спрямовані на спрощення управління багатоквартирними будинками, зокрема через розширення можливостей дистанційного ухвалення рішень і проведення зборів співвласників [247]. Зниження транзакційних бар'єрів колективного управління створює умови для переходу від реактивного реагування на проблеми до управління на основі даних, прогнозів і алгоритмічної підтримки ухвалення рішень. Навіть за збереження значної частки будинків без визначеної форми управління, сам тренд до формалізації означає поступове зростання кількості об'єктів, у яких можлива інтеграція даних, стандартизація процесів і запуск цифрових сервісів, що відповідає європейському підходу до оцінки «розумної готовності» будівель.

Важливою цифровою передумовою для впровадження штучного інтелекту є наявність міських відкритих даних і публічних аналітичних панелей щодо житлового фонду та діяльності ОСББ. У низці українських міст, зокрема у

Львові [248], функціонують відкриті дашборди, що містять агреговану інформацію про житловий фонд, структуру управління та її динаміку. У поєднанні з національною інфраструктурою відкритих даних (портал data.gov.ua) це формує середовище, у якому дані можуть використовуватися для порівняльного аналізу, моніторингу та навчання аналітичних моделей. Оскільки штучний інтелект є датоцентричним інструментом, наявність структурованих і відтворених даних є критичною умовою для побудови прогнозних моделей енергоспоживання та підтримки управлінських рішень.

Окремим елементом цифрової готовності житлового сектору є поширення систем сповіщення про відключення електроенергії. Такі системи доцільно розглядати не як приклад застосування штучного інтелекту, а як індикатор сформованої організаційної та комунікаційної інфраструктури. Вони передбачають наявність цифрових каналів взаємодії між управителем і мешканцями, процедур інформування та базових механізмів збору даних про події в енергопостачанні. Методологічно це відповідає початковому рівню цифрової готовності, на якому рішення виконують переважно реактивну функцію, але водночас створюють основу для накопичення даних, підвищення цифрової дисципліни управління та формування довіри до автоматизованих систем.

Узагальнюючи, поєднання інституційних змін, розвитку відкритих даних і впровадження базових цифрових сервісів формує реалістичні передумови для використання штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житлових будівель. Потенціал такого підходу полягає в оптимізації режимів споживання енергії, пріоритизації енергоефективних модернізацій, прогнозуванні витрат і ризиків, а також у покращенні комунікації з мешканцями завдяки персоналізованим рекомендаціям. Водночас реалізація цього потенціалу обмежується якістю та доступністю технічних даних, ризиками кібербезпеки й конфіденційності, організаційним опором і вартістю впровадження. Тому використання штучного інтелекту в житловому секторі доцільно розглядати як еволюційний процес – від базової цифрової готовності до повноцінних систем

Human-AI synergy, здатних підтримувати стале та енергоефективне управління житловими будівлями. Організаційний аспект інтеграції штучного інтелекту в управління енергоефективністю визначається рівнем управління та масштабом об'єкта. На рівні окремого будинку суб'єктом впровадження може бути ОСББ, яке забезпечує цифровий облік ресурсів, збір даних і ухвалення рішень щодо оптимізації споживання енергії. На рівні громади ключову роль відіграє міська рада або департамент енергоменеджменту, що координує впровадження систем моніторингу в муніципальних будівлях, формує аналітичну базу та використовує ШІ для бюджетного прогнозування і управління портфелем модернізацій. На регіональному рівні (обласна рада) ШІ застосовується переважно для стратегічного планування та координації діяльності громад. Ефективне впровадження можливе лише за умови наявності цифрових даних, визначеного власника даних, фінансової моделі, нормативного забезпечення та підготовленого персоналу. Найбільш практичною є багаторівнева модель, у якій ОСББ генерує первинні дані, громада здійснює аналітичне управління, а область забезпечує стратегічну координацію (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 – Рівні та організаційні аспекти впровадження ШІ

Рівень управління	Суб'єкт впровадження	Масштаб застосування ШІ	Основні організаційні завдання	Необхідні умови
Будинок	ОСББ	Оптимізація споживання, прогнозування навантаження, виявлення перевитрат	Рішення зборів співвласників, укладення договорів з підрядниками, організація збору даних	Лічильники з дистанційною передачею даних, онлайн-моніторинг, фінансування
Громада (місто)	Міська рада (департамент енергоменеджменту)	Управління портфелем будівель, бюджетне прогнозування, сценарне моделювання	Створення муніципальної системи енергомоніторингу, регламент доступу до даних, координація об'єктів	Централізована база даних, енергоменеджер, інтеграція в стратегію розвитку
Регіон (область)	Обласна рада (профільний департамент)	Стратегічне планування, координація громад, аналітика регіональних програм	Формування регіональної політики, синхронізація громад, контроль виконання програм	Аналітична платформа, нормативна база, міжмуніципальна співпраця

Джерело: сформовано автором

Узагальнюючи, використання штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житлових будівель дозволяє перейти від фрагментарного обліку показників до системного, аналітично обґрунтованого управління на основі даних. На першому етапі формується структурована цифрова база первинної інформації, яка охоплює показники річного споживання теплової енергії, питомі витрати енергії (кВт·год/м²), клас енергоефективності будівлі, а також технічні характеристики огорожувальних конструкцій і інженерних систем. Інтеграція цих даних у цифрову систему дає змогу створити повноцінний енергетичний профіль для кожного об'єкта.

Подальше застосування алгоритмів ШІ забезпечує автоматизований моніторинг і верифікацію результатів модернізації. Система порівнює фактичні показники споживання з розрахунковими, відстежує динаміку змін після впровадження заходів і контролює досягнення запланованого рівня економії. Таким чином формується доказова база ефективності (M&V), що є критично важливою для залучення фінансування та зниження інвестиційних ризиків. Аналітичний модуль на основі ШІ дозволяє здійснювати сценарний аналіз (базовий стан, нормативна модернізація, глибока модернізація), розраховувати інтегральні показники інвестиційної ефективності (NPV, IRR, індекс прибутковості, строк окупності), а також формувати рейтинги будівель за рівнем енергоефективності та фінансової доцільності модернізації. Це забезпечує обґрунтований вибір пріоритетів для громади або портфельного фінансування. Завершальним елементом є формування цифрової бази даних, що акумулює структуровану інформацію з енергетичних сертифікатів, історію змін показників і результати модернізацій. Накопичення історичних масивів даних створює основу для прогнозування споживання енергії, моделювання тарифних ризиків і стратегічного планування.

Узагальнюючи викладене вище, на рис. 3.7 представлено модель інтеграції людини і ШІ в управлінні енергоефективністю в житловому секторі.

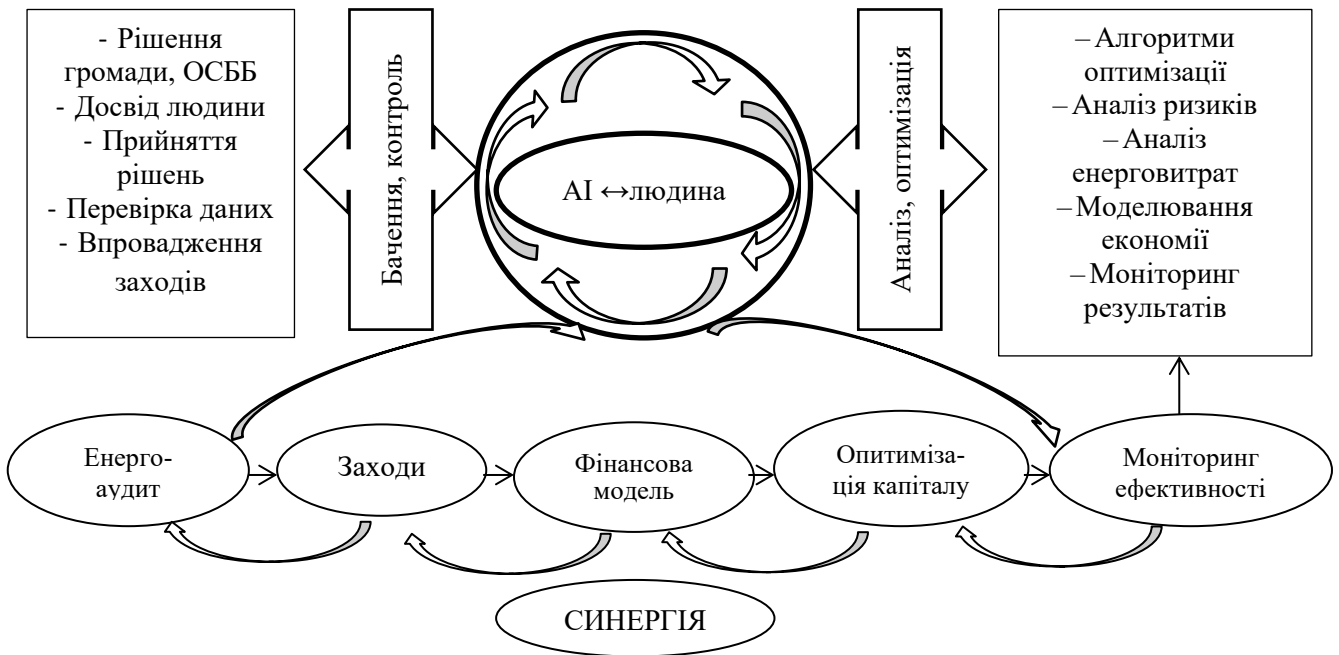


Рисунок 3.7 – Інтеграція людини і AI в управлінні енергоефективністю в житловому секторі

Джерело: сформовано автором

Подана схема відображає модель людсько-штучного синергізму в управлінні енергоефективністю житлового сектору як замкнений інтегрований цикл взаємодії людини та ШІ. У центрі моделі знаходиться принцип «ШІ ↔ людина», що символізує двосторонній обмін: штучний інтелект здійснює аналіз, оптимізацію та моделювання, тоді як людина ухвалює остаточні рішення, контролює процеси та несе відповідальність за впровадження. Людська сторона представлена такими функціями, як прийняття рішень ОСББ або громадою, використання практичного досвіду, перевірка даних і впровадження заходів. ШІ, у свою чергу, забезпечує алгоритмічну оптимізацію, аналіз енерговитрат, моделювання економії, оцінку ризиків і моніторинг результатів.

Схема демонструє, що процес управління починається з енергоаудиту, який формує базу даних про стан будівлі та потенціал економії. На основі цього формуються розширені заходи модернізації. Далі за участю ШІ відбувається побудова фінансової моделі, зокрема розрахунок економічної ефективності та

вибір оптимальної структури фінансування. Наступним етапом є оптимізація капіталу – визначення найкращої комбінації власних коштів, кредитів, грантів або партнерських інструментів. Завершальним елементом циклу є моніторинг ефективності, під час якого здійснюється оцінка фактичної економії, аналіз відхилень і формування рекомендацій для коригування рішень.

Уся система функціонує як динамічний замкнений контур: результати моніторингу повертаються до аналітичного рівня, оновлюючи дані для наступного циклу ухвалення рішень. Таким чином, синергія полягає у поєднанні аналітичної потужності ІІІ та управлінської відповідальності людини, що забезпечує підвищення прозорості, зниження ризиків, оптимізацію ресурсів і поступове масштабування енергоефективних заходів у житловому секторі.

ІІІ-модель інтегрується в організаційно-економічний механізм як цифровий контур підтримки управлінських рішень, що забезпечує:

- а) стандартизацію процедур (інституційний блок);
- б) дані та прогноз енергоспоживання (аналітичний блок);
- в) інвестиційне моделювання та вибір фінансової схеми (фінансовий блок);
- г) цифровий контроль виконання робіт (реалізаційний блок);
- г) М&V-верифікацію економії зі зворотним зв'язком для наступного циклу (моніторинговий блок).

Отже, впровадження ІІІ трансформує систему управління енергоефективністю з реактивної на проактивну, забезпечуючи прозорість, вимірюваність результатів і підвищуючи інвестиційну привабливість проєктів модернізації житлового фонду.

Таким чином, формування передумов для використання ІІІ в управлінні енергоефективністю житлових будівель в Україні відбувається на перетині інституційних, організаційних та цифрових змін у житловому секторі. По-перше, спостерігається стійкий тренд на формалізацію управління багатоквартирними будинками, зокрема через зростання кількості ОСББ та поширення професійних управителів. Наявність визначеного суб'єкта

управління, процедур ухвалення рішень і фінансової відповідальності є критичною умовою для впровадження алгоритмічних і аналітичних інструментів, оскільки ШІ потребує чіткої організаційної рамки для інтеграції в управлінські процеси.

По-друге, законодавчі зміни, спрямовані на спрощення управління багатоквартирними будинками та зниження транзакційних бар'єрів для колективних рішень, підсилюють здатність житлових об'єктів переходити від реактивного реагування до управління на основі даних. Це створює інституційну основу для використання прогнозних моделей, автоматизованої оцінки ризиків і планування енергоефективних заходів.

По-третє, розвиток відкритих даних і міських аналітичних панелей щодо житлового фонду та ОСББ формує цифрову передумову для застосування ШІ. Наявність структурованих, відтворюваних і агрегованих у часі даних є базовою вимогою для навчання моделей, порівняльного аналізу та підтримки управлінських рішень. Навіть за обмеженої деталізації такі дані створюють інформаційний фундамент для подальшої інтеграції технічних показників енергоспоживання.

По-четверте, поширення цифрових сервісів базового рівня, зокрема систем сповіщення про відключення електроенергії, свідчить про сформовану цифрову готовність житлового сектору в комунікаційній та організаційній площинах. Хоча ці рішення не є безпосереднім застосуванням ШІ, вони демонструють готовність суб'єктів управління до використання цифрових каналів, збору подієвих даних і взаємодії з мешканцями через електронні платформи, що є необхідною передумовою для використання складніших інтелектуальних систем.

Таким чином, потенціал застосування штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житлових будівель полягає в переході від фрагментарного контролю окремих показників до системного, прогнозно орієнтованого управління енергоспоживанням. ШІ може забезпечити оптимізацію режимів споживання енергії з урахуванням погодних умов, поведінки мешканців і

технічного стану інженерних систем, що дає змогу знижувати витрати без погіршення якості послуг і рівня комфорту.

Важливим напрямом є підтримка прийняття інвестиційних рішень, коли алгоритми ШІ можуть використовувати дані енергосертифікації, структури споживання та тарифи для пріоритизації енергоефективних заходів за критеріями «ефект–вартість–ризик». Це особливо актуально для ОСББ, які працюють в умовах обмежених ресурсів і потребують обґрунтованого вибору між альтернативними сценаріями модернізації.

Крім того, ШІ створює можливості для прогнозування фінансових і енергетичних ризиків, зокрема впливу тарифних змін, кліматичних коливань або аварійних ситуацій, що підсилює стійкість управління житловими будівлями в умовах нестабільного енергопостачання. Через персоналізовані рекомендації ШІ також може впливати на поведінку споживачів, сприяючи більш раціональному використанню енергії.

У сукупності, наявні передумови та окреслений потенціал дозволяють розглядати штучний інтелект не як ізольовану технологічну інновацію, а як інструмент системного підвищення енергоефективності житлових будівель, що поєднує технічні, організаційні, економічні та поведінкові аспекти управління.

3.3. Визначення ефективності проєктів з енергоефективності житлових будівель

Реалізацію проєктів з енергоефективності доцільно розглядати як з позицій будівництва нового житла, так і модернізації наявного. Будівництво нового житла є об'єктивною реальністю наслідків війни. Зокрема, у дослідженнях науковців обґрунтовується вплив післявоєнного відновлення України на зростання потреби в житлі внаслідок повернення населення, зокрема, до прикордонних з ЄС регіонів. На основі статистичних даних Львівської області побудовано лагову модель оцінювання впливу інвестицій у житлове будівництво на обсяги введення житла в експлуатацію. Запропонована модель

визначена як інструмент підтримки управлінських рішень на регіональному рівні, при цьому підкреслено необхідність врахування енергоефективності, екологічності, розвитку інфраструктури та принципів інклюзивності під час оцінювання інвестиційної привабливості житлового будівництва [249]. Такий висновок пов'язаний із позицією щодо реалізації проєктів у сфері діючого житлового фонду. При цьому, ефективність заходів енергоефективності в житловому секторі доцільно оцінювати як поєднання технічного результату шляхом зменшення споживання та втрат, так і фінансового результату шляхом зменшення платежів, приведених до теперішньої вартості через дисконтування.

У роботі пропонується методичний підхід до оцінки ефективності заходів з енергоефективності в межах сформованих у попередньому параграфі сценаріїв управління енергоефективністю житлових будівель для проєктів, що мають на меті реалізацію заходів з енергоефективності. Пропонована методика спирається на концепцію сценарного планування, дисконтування грошових потоків і прийняття рішень.

У межах даного дисертаційного дослідження пропонуємо такий алгоритм оцінювання проєктів з енергоефективності:

1. Визначаємо вихідні умови розрахунків, що включають

– тариф на тепло для населення по підприємствах обласних центрів станом на 01.12.2025 (зокрема для ДМП «Івано-Франківськтеплокомуненерго»), що дозволяє оцінити грошову економію як похідну від реальних рахунків;

– характеристики житлового будинку: для розрахунків взято будинок ОСББ з опалювальною площею 4 500 м², базові витрати на тепло приймаємо 1,63 млн грн/рік (вартість проєкту термомодернізації);

– враховуємо і порівнюємо три пакети рішень із переліком потенційних заходів з термомодернізації:

А – «швидкі втручання»;

В – «нормативна термомодернізація»;

С – «глибока модернізація та цифрове керування»;

Сценарій А («швидкі втручання»): вузол комерційного обліку тепла, індивідуальний тепловий пункт (ІТП), балансування та налаштування системи, базові елементи автоматизації (погодне регулювання, датчики). За бенчмарками Фонду енергоефективності типові граничні вартості для будинку середнього розміру включають, зокрема, вузол обліку та ІТП (вартість залежить від кількості квартир і конфігурації).

Сценарій В (нормативна термомодернізація): утеплення оболонки (фасад, горище або дах, підвал), ІТП; саме утеплення фасаду домінує в CAPEX, бо розраховується як добуток площі фасаду та граничної ціни за м² (напр., для пінополістиролу чи мінеральної вати).

Сценарій С (глибока модернізація та цифрове керування): повний пакет В, розширена модернізація внутрішніх систем і цифрове керування (BEMS, диспетчеризація), вимірювання та верифікація економії, «цифровий паспорт» будівлі для підвищення довіри банку чи донора.

– визначаємо джерело фінансування: офіційною базою для обґрунтування витрачання коштів є програма «Енергодім», яка розглядає різні пакети і рівні компенсації: до 60% будівельних робіт для пакета А і до 70% для пакета Б, а також компенсацію частини підготовчих витрат; граничні питомі вартості заходів як наприклад, вузол обліку, ІТП, утеплення фасаду, даху, підвалу). Саме ці документи дозволяють показати, що капітальні витрати – це сума кошторисів на чітко визначені заходи.

Окремо для фінансування важливо врахувати, що держава запустила механізми здешевлення кредитів, зокрема компенсацію 12% відсоткової ставки за кредитами банків-партнерів, що фактично знижує «ціну капіталу» у формі дисконту чи ставки фінансування для сценаріїв В-С.

– Методика фінансової оцінки проєктів управління енергоефективністю на основі сценарного підходу передбачає розрахунок для кожного сценарію річний грошовий потік як різницю між економією та операційними витратами:

1. Розрахунок річної економії коштів:

$$Saving_t = Cost_{heat,t} \cdot s. \quad (3.1)$$

де $Cost_{heat,t}$ – річні витрати на тепло, s – частка економії.

Офіційно відсоток економії визначається через енергетичний сертифікат будівлі, розрахунок теплових втрат, моделювання після впровадження заходів. В Україні це регулюється: законом України «Про енергетичну ефективність будівель» та Методикою визначення енергетичних характеристик будівель. Для старого житлового фонду типові результати аудиту представлено у табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Типова економія заходів енергоефективності для старого житлового фонду

Захід	Типова економія
ІТП і регулювання	10-15%
Утеплення фасаду	20-30%
Повна термомодернізація	30-45%
Глибока модернізація	50-60%

Іншим джерелом отримання інформації про економію є дані програми «Енергодім». Фонд енергоефективності публікує аналітику реалізованих проєктів. За практикою ОСББ:

Пакет А → ~10-20%

Пакет Б → ~30-45%

У країнах ЄС глибока реновація дає 50-60% зниження споживання, інколи до 70% (NZEB-рівень), що зазначається у документації Європейської Комісії (EPBD) та IEA Energy Efficiency Reports.

Вихідні дані щодо інвестицій та заходів енергоефективності отримуємо з офіційних джерел. Граничні питомі вартості робіт та обладнання отримано на основі бенчмаркінгу кошторису, верифікованого Фондом енергоефективності (ФЕЕ). В опублікованих документах розміщено «Розширений опис заходів... та їх граничні питомі вартості» (Додаток 1 до Порядку дій). Це офіційний орієнтир, в межах якого Фонд верифікує витрати [250].

Нижче наведено найбільш затребуване обладнання для забезпечення енергоефективності:

- вузол комерційного обліку теплової енергії: 86 500 грн (до 75 квартир) / 102 500 грн (76-150 квартир) / 150 800 грн (151 і більше);
- індивідуальний тепловий пункт (ІТП): 818 200 грн (до 75 квартир) / 974 650 грн (76-150 квартир) / (для більшої кількості квартир – вище, за шкалою документа);
- утеплення зовнішніх стін (фасаду) будівлі: 3 250 грн/м² (пінополістирол) або 3 750 грн/м² (мінеральна вата) (є уточнення для товщини більше 150 мм);
- теплоізоляція горищного перекриття: 3 050 грн/м²; утеплення/заміна даху в комплексі: 5 350 грн/м² (як комплексний варіант);
- утеплення перекриття підвалу: 2 300 грн/м².

Перелік заходів у пакетах «А» і «Б» визначено у програмі «Енергодім», яка окреслює напрями витрачання коштів, зокрема, у пакеті «А» - легкий і у пакеті «Б» - комплексний . Розмір власного внеску ОСББ складає [251]:

за Пакетом заходів «А» – 20%;

за Пакетом заходів «Б» – 10%;

Розглянемо конкретні заходи із енергоефективності житлових будівель.

Для сценарію А, що передбачає швидкі втручання, метою є швидко зменшити вартість енергоспоживання. Типові заходи представлені у табл. 3.12.

Таблиця 3.12 - Заходи з енергомодернізації за сценарієм А

Захід (А)	Обладнання, робота
Вузол комерційного обліку тепла	Лічильник, монтаж, обв'язка, ізоляція, пусканалагодження, захист вузла
ІТП (встановлення та модернізація)	Теплообмінник, насоси, арматура, автоматика, датчики, погодозалежне регулювання, промивка, пусканалагодження
Балансування/налаштування системи (як частина ІТП/внутрішніх робіт)	гідравлічне балансування, налаштування режимів, вузли, арматура, випробування
Мінімальна цифровізація (диспетчеризація/датчики)	збір даних для контролю режимів і моніторингу (може йти як супутні витрати в межах заходів)

Сценарій В (нормативна термомодернізація) має на меті стабільно знизити питомі витрати через оболонку та вузол регулювання (табл.3.13)

Таблиця 3.13 - Заходи з енергомодернізації за сценарієм А

Захід (В)	Напрями фінансування	Бенчмарк вартості
Утеплення зовнішніх стін (фасаду)	підготовка фасаду, риштування, утеплювач, армування, штукатурка/фініш, примикання, протипожежні відсічки	3 250-3 750 грн/м ² (ФЕЕ)
Утеплення горищного перекриття, даху	пароізоляція/утеплювач/настил/вузли примикань, водовідведення тощо	3 050 грн/м ² (перекриття), 5 350 грн/м ² (комплекс)
Утеплення перекриття підвалу	утеплювач/кріплення/захист/опорядження	2 300 грн/м ²
ІТП та вузол обліку	як у сценарії А (часто обов'язкова частина пакета)	шкали ФЕЕ

Сценарій С (глибока модернізація та цифрове керування) має на меті максимальну економію, а також досягнення кращої керованості та виконання повного пакета робіт. Типово включає все зі сценарію В, але додає:

- ширший обсяг модернізації внутрішніх систем (регулятори, розподільний облік, автоматика);
- системне вимірювання та верифікація і цифровий паспорт будівлі;
- інколи – рекуперация, вентиляція з керуванням (якщо це технічно й економічно виправдано).

Таким чином, для розрахунку економічної ефективності заходів з енергомодернізації за пропонованими сценаріями

- 1,2 млн грн для А (офіційні граничні вартості лічильника та ІТП).
- 8,0 млн для В, отриманого через:

$$CAPEX_B \approx A_{\text{facade}} \cdot C_{\text{facade}} + A_{\text{roof}} \cdot C_{\text{roof}} + A_{\text{basement}} \cdot C_{\text{basement}} + C_{\text{ITP}} + C_{\text{meter}} \quad (3.2)$$

де с беруться з Додатку 1 ФЕЕ.

- 3,2 млн для В після гранту 60%:

$$CAPEX_{\text{net}} = CAPEX \cdot (1 - 0,60)$$

- 6,0 млн.грн для С – CAPEX за рахунок додаткових компонентів автоматизації та внутрішніх систем.

– Визначення часового горизонту реалізації проєктів. У розрахунках прийнято: горизонт $n = 15$ років, базовий дисконт $r = 12\%$ (вартість капіталу банків), а також альтернативні $r = 6\%-8\%$ як результат «зеленого» пільгового фінансування. У розрахунках прийнято номінальну ставку дисконту $r = 12\%$ для оцінювання ефективності заходів термомодернізації. Її обґрунтовано на основі інфляційного середовища та помірної реальної норми дохідності: при річній інфляції $7,4\%$ [252] у січні 2026 року і припущенні реальної вимоги до дохідності 4% отримуємо:

$$r_n = (1 + 0,04) \times (1 + 0,074) - 1 \approx 0,117 \sim 11,7\% \quad (3.3)$$

Значення $11,7\%$ заокруглюємо до 12% . Додатково, ставка узгоджується зі сценарієм змішаного фінансування термомодернізації, де частина ресурсів може залучатися через пільгові програми кредитування ($5-7-9\%$) [253], а також є нижчою за монетарні бенчмарки (ключова ставка НБУ $15-15,5\%$ у $12.2025-01.2026$).

– Визначення операційних витрат. Операційні витрати прийняті на рівні $1-3\%$ від вартості впровадженого обладнання відповідно до практики енергосервісних контрактів та міжнародних рекомендацій щодо оцінки інвестицій у енергоефективність (табл. 3.14).

Таблиця 3.14 – Операційні витрати на енергоефективну модернізацію.

Сценарій	CAPEX повний	Рекомендований OPEX (2%)
A	1,2 млн	24 000 грн
B	8 млн	160 000 грн
C	15 млн	300 000 грн

Проводимо розрахунки за основними етапами описаної методики.

Проводимо розрахунки ефективності для сценаріїв А, В, С на період 15 років, з вихідним параметром $Cost_{heat} = 1,630,000$ грн/рік, беручи до уваги дані табл. 3.11. Фактор ануїтету для $r = 12\%$, $n = 15$: $PVAF \approx 6,81$.

$$PVAF(0,12,15) = \frac{1-(1,12)^{-15}}{0,12};$$

$$(1,12)^{15} \approx 5,474 \Rightarrow (1,12)^{-15} \approx 1/5,474 \approx 0,1827;$$

$$PVAF \approx \frac{1 - 0,1827}{0,12} = \frac{0,8173}{0,12} \approx 6,81;$$

Отже, $PVAF_{12} \approx 6,81$.

Аналогічно розраховуємо для $r = 8\%, 6\%$;

$$PVAF(0,08,15) = \frac{1 - (1,08)^{-15}}{0,08};$$

$$(1,08)^{15} \approx 3,17 \Rightarrow (1,08)^{-15} \approx 1/3,17 \approx 0,3154;$$

$$PVAF \approx \frac{1 - 0,3154}{0,08} = \frac{0,6845}{0,08} \approx 8,557;$$

Отже, $PVAF_8 \approx 6,81$.

$$PVAF(0,06,15) = \frac{1 - (1,06)^{-15}}{0,06};$$

$$(1,06)^{15} \approx 2,3966 \Rightarrow (1,06)^{-15} \approx 1/2,3966 \approx 0,4172;$$

$$PVAF \approx \frac{1 - 0,4172}{0,06} = \frac{0,5827}{0,06} \approx 9,712;$$

Отже, $PVAF_6 \approx 6,81$; $PVAF(8\%,15) = 8,557$; $PVAF(6\%, 15) = 9,712$.

У табл. 3.15 представлено розрахунок показників оцінки заходів з енергоефективності при дисконті 12 %

Таблиця 3.15 - Зведена таблиця ефективності ($r = 12\%$, $n = 15$)

Показник	Сценарій А	Сценарій В (без гранту)	Сценарій В (60% грант)	Сценарій С (60% грант)
Економія, грн/рік	195 600	570 500	570 500	896 500
Операційні витрати, грн/рік	24 000	160 000	160 000	300 000
Чистий потік, грн/рік	171 600	410 500	410 500	596 500
Капвкладення I_0 , млн грн	1.2	8.0	3.2	6.0
$PVAF(12\%,15)$	6,81	6,81	6,81	6,81
$PV = CF \cdot PVAF$, млн грн	1,169	2,796	2,796	4,063
$NPV = PV - I_0$, млн грн	-0,031	-5,204	-0,404	-1,937
$PI = PV/I_0$	0,974	0,349	0,874	0,677
Простий строк окупності, років I_0/CF	~7,0	~19,5	~7,8	~10,1
Дисконтований строк окупності	>15	>15	>15	>15

Примітка щодо CAPEX: конкретизація кошторису виконується через граничні питомі вартості ФЕЕ та склад заходів «Енергодіму» [249].

Логіка розрахунку зображена нижче:

$$CF_A = 195\,600 - 24\,000 = 171\,600 \text{ млн грн}$$

$$PV_A = 171\,600 \times 6,810864 = 1\,168\,744 \approx 1,169 \text{ млн грн}$$

$$NPV_A = 1,169 - 1,2 = -0,031 \text{ млн грн}$$

$$PI_A = 1,169/1,2 = 0,974$$

Термін окупності без врахування дисконтування: $1,2/0,1716 \approx 6,99$ року;

Термін окупності з урахуванням дисконтування: оскільки $PV < I_0$, дисконтована окупність за 15 років не досягається (тобто >15 років).

У табл. 3.16 представлено розрахунок показників оцінки заходів з енергоефективності при дисконті 8 %.

Таблиця 3.16 - Зведена таблиця ефективності ($r = 8\%$, $n = 15$)

Показник	Сценарій А	Сценарій В (без гранту)	Сценарій В (60% грант)	Сценарій С (60% грант)
1	2	3	4	5
Економія, грн/рік	195 600	570 500	570 500	896 500
Операційні витрати, грн/рік	24 000	160 000	160 000	300 000
Чистий потік, грн/рік	171 600	410 500	410 500	596 500
Капвкладення I_0 , млн грн	1,2	8,0	3,2	6,0
$PVAF(8\%,15)$	8,559	8,559	8,559	8,559
$PV = CF \cdot PVAF$, млн грн	1,469	3,514	3,514	5,106
$NPV = PV - I_0$, млн грн	+0,269	-4,486	+0,314	-0,894
$PI = PV/I_0$	1,224	0,439	1,098	0,851
Простий строк окупності, років I_0/CF	~7.0	~19.5	~7.8	~10.1
Дисконтований строк окупності (DPB)	~10-11	>15	~12-13	>15

Оскільки NPV більше 0, окупність у межах 15 років, приблизний термін окупності можна оцінити як момент, коли накопичена дисконтова сума зрівняється з I_0 . У табл. 3.17 представлено розрахунок показників оцінки заходів з енергоефективності при дисконті 6 %.

Таблиця 3.17 - Зведена таблиця ефективності ($r = 6\%$, $n = 15$)

Показник	Сценарій А	Сценарій В (без гранту)	Сценарій В (60% грант)	Сценарій С (60% грант)
1	2	3	4	5
Економія, грн/рік	195 600	570 500	570 500	896 500
Операційні витрати, грн/рік	24 000	160 000	160 000	300 000
Чистий потік, грн/рік	171 600	410 500	410 500	596 500
Капвкладення I_0 , млн грн	1,2	8,0	3,2	6,0
$PVAF(6\%,15)$	9,712	9,712	9,712	9,712
$PV = CF \cdot PVAF$, млн грн	1,667	3,987	3,987	5,793
$NPV = PV - I_0$, млн грн	+0,467	-4,013	+0,787	-0,207
$PI = PV/I_0$	1,389	0,498	1,246	0,966
Простий строк окупності, років I_0/CF	~7,0	~19,5	~7,8	~10,1
Дисконтований строк окупності	~10-11	>15	~10-11	>15

На основі проведених розрахунків отримано такі результати:

- зі зниженням дисконту з 12% до 8% і 6% поточна вартість вигід PV істотно зростає, тому NPV покращується;
- сценарій А стає інвестиційно прийнятним уже при 8% ($NPV > 0$), а при 6% – ще стійкіше; сценарій В без гранту залишається від’ємним навіть при 6% – тобто без грантів (іншого плеча) цей сценарій фінансово неефективний; В (60% грант) стає позитивним при 8% і 6%;
- сценарій С (60% гранту) навіть за 6% ще трохи «не дотягує» до нуля ($NPV \approx -0,207$ млн), тобто для нього потрібні або більший грант, або більша економія, або менший ОРЕХ, або довший горизонт.

З метою визначення чутливості ефективності проекту до ставки дисконту та розміру грантів, нижче представлені таблиці, що відображають результати двовимірного чутливісного аналізу показника чистої приведеної вартості (NPV) для сценарію нормативної термомодернізації житлового будинку за різними сценаріями залежно від двох ключових параметрів: ставки дисконту (r) та частки грантової підтримки (40-70%). Метою такого аналізу є визначення умов, за яких проєкт переходить із зони фінансової недоцільності ($NPV < 0$) у зону

інвестиційної привабливості ($NPV > 0$). А грантовий компонент для ОСББ задається «Енергодімом»: до 60% для пакета «А» і до 70% для пакета «Б», що прямо зменшує нетто-CAPEX I_0 :

$$I_0 = CAPEX \cdot (1 - Grant), \quad (3.4)$$

Звідси, вихідними даними для аналізу чутливості є:

– проєкт А (швидкі втручання): $CF = 171,600$ грн/рік, CAPEX повний = 1.2 млн грн.;

– проєкт В (термомодернізація): $CF = 410,500$ грн/рік, CAPEX повний = 8.0 млн грн.;

– проєкт С (глибока модернізація): $CF = 596,500$ грн/рік, CAPEX повний = 15.0 млн грн.;

Розрахунки для аналізу чутливості здійснюються за формулами:

$$NPV(r, g) = CF \cdot PVAF(r, 15) - CAPEX \cdot (1 - g), \quad (3.5)$$

де $g \in \{40\%, 50\%, 60\%, 70\%\}$, а

$$PVAF(r, 15) = \frac{1 - (1 + r)^{-15}}{r}$$

Отримуємо розраховані $PVAF$ рівні: 6%=9,712; 8%=8,559; 10%=7,606; 12%=6,811; 14%=6,142; 16%=5,575.

Аналіз чутливості для сценарію А (CAPEX = 1,2 млн; CF = 0,1716 млн/рік) представлено у табл.3.18.

Таблиця 3.18 – Чутливість NPV до r та гранту (млн грн)

$r \setminus$ Грант	40%	50%	60%	70%
6%	+0,947	+1,067	+1,187	+1,307
8%	+0,749	+0,869	+0,989	+1,109
10%	+0,585	+0,705	+0,825	+0,945
12%	+0,449	+0,569	+0,689	+0,809
14%	+0,334	+0,454	+0,574	+0,694
16%	+0,237	+0,357	+0,477	+0,597

Аналіз чутливості для сценарію В (CAPEX = 8,0 млн; CF = 0,4105 млн/рік) представлено у табл. 3.19.

Таблиця 3.19 – Чутливість NPV до r та гранту (млн грн)

$r \setminus$ Грант	40%	50%	60%	70%
6%	-0,813	-0,013	+0,787	+1,587
8%	-1,286	-0,487	+0,314	+1,114
10%	-1,678	-0,878	-0,078	+0,722
12%	-2,004	-1,204	-0,404	+0,396
14%	-2,278	-1,479	-0,678	+0,122
16%	-2,511	-1,711	-0,911	-0,111

3) Сценарій С (CAPEX = 15,0 млн; CF = 0,5965 млн/рік)

Таблиця 3.20 – Чутливість NPV до r та гранту (млн грн)

$r \setminus$ Грант	40%	50%	60%	70%
6%	-3,207	-1,707	-0,207	+1,293
8%	-3,894	-2,394	-0,894	+0,606
10%	-4,464	-2,964	-1,464	+0,036
12%	-4,937	-3,437	-1,937	-0,437
14%	-5,337	-3,837	-2,337	-0,837
16%	-5,674	-4,174	-2,674	-1,174

Проведені розрахунки NPV для кожного сценарію представлено у Додатках Е1-Е3.

Отже, аналізуючи отримані результати можемо зробити висновки:

– сценарій А майже завжди виходить у позитивний NPV навіть при високих r , але це тому, що він відносно «дешевий» і має стабільний чистий потік (CF). У реальній політиці грант для А може бути меншим, і таблиця показує, що А найменш ризиковий;

-сценарій В – «золота середина», але дуже залежить від того, чи є комбінація низьких дисконтних ставок (6-8%) і гранту $\geq 60\%$. При $r=12\%$ без підсилення гранту до $\sim 70\%$ значення NPV часто зменшується;

-сценарій С потребує або дуже високої грантової частки ($\approx 70\%$), або дешевого капіталу (6-8%). При $r \geq 12\%$ навіть 70% грант уже не гарантує позитивний NPV.

Отримані у таблицях 3.18-3.20 значення чутливості показують, що інвестиційна привабливість енергомодернізації в житловому секторі визначається не лише технічною економією, а насамперед поєднанням двох фінансових параметрів – вартості капіталу (ставки дисконту r) та обсягу грантової підтримки (частки гранту g), які напряду формують величину NPV. Для «швидких втручань» (сценарій А) характерні відносно невеликі капітальні витрати та стабільний грошовий потік, тому проєкт у більшості комбінацій r і g перебуває в зоні позитивного NPV і має найнижчий фінансовий ризик; це означає, що такі заходи доцільно масштабувати як «перший крок» навіть за обмежених ресурсів. Натомість сценарій В (нормативна термомодернізація) демонструє «пороговий» характер: він стає фінансово доцільним лише при достатній частці гранту (переважно $\geq 60-70\%$) або при зниженій вартості капіталу (орієнтовно 6-8%); при високих ставках дисконту (12-16%) без посилення підтримки NPV переходить у від'ємне значення, що відображає типову проблему ОСББ – дорогий капітал перешкоджає довгостроковій економії. Сценарій С (глибока модернізація) є найбільш чутливим до r : позитивний NPV можливий переважно у випадку дешевих «зелених» грошей та/або високої грантової складової, тобто це проєкт для партнерських та портфельних програм (громада – донори – банки), а не для індивідуального фінансування одним ОСББ.

Загалом методика, яку застосовано у роботі, є доцільною для оцінки ефективності заходів енергетичної модернізації, тому що вона:

1) чітко розділяє технічний ефект (економія енергії/коштів) та фінансовий ефект (вартість капіталу й підтримка);

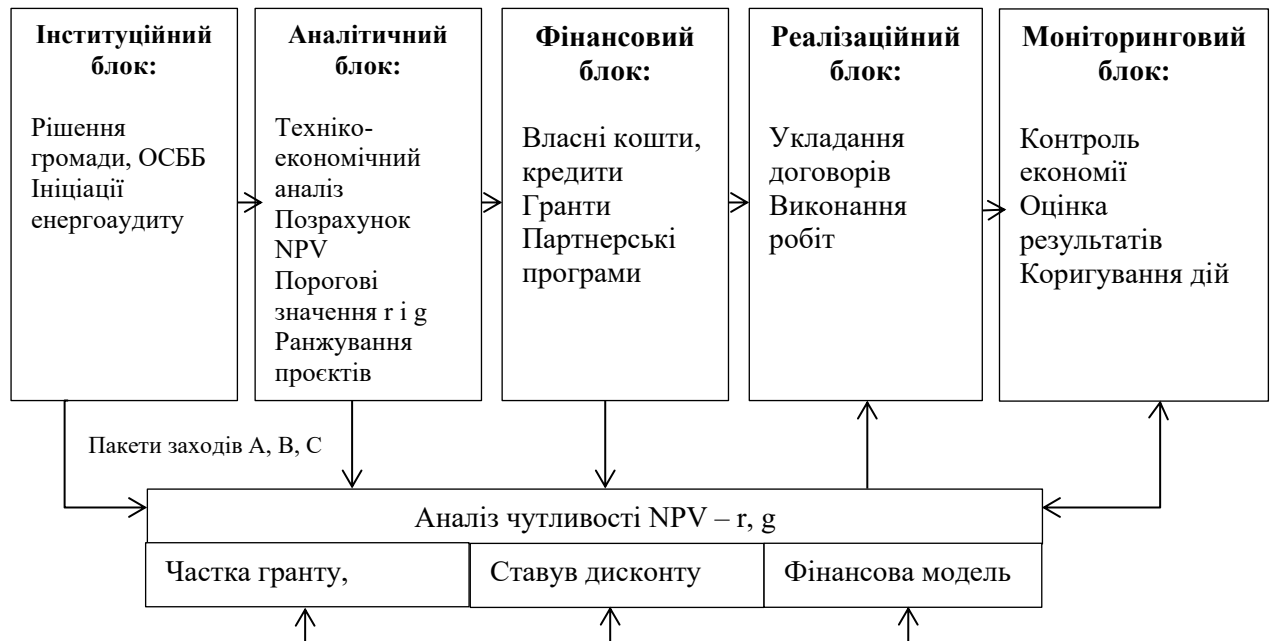
- 2) дає порівнювані між собою показники для різних пакетів заходів;
- 3) дозволяє знаходити порогові значення – яка мінімальна частка гранту або яка максимальна ставка дисконту роблять проєкт доцільним;
- 4) показує, які проєкти слід фінансувати індивідуально (А), які – через співфінансування (В), а які – лише через партнерські інструменти та дешевий капітал (С).

Це особливо важливо для житлового сектору, де тривалий життєвий цикл економії, ризики та обмежена платоспроможність мешканців роблять рішення без такого аналізу або надто оптимістичними, або непридатними до масштабування. Таким чином, методика є практично придатною як для обґрунтування проєктів ОСББ, так і для дизайну муніципальних програм: вона допомагає формувати портфель заходів, налаштовувати грантові частки та аргументовано доводити потребу в пільговому «зеленому» фінансуванні там, де глибока модернізація є стратегічно потрібною, але фінансово чутливою.

Методика може бути реалізована ОСББ через поетапний організаційно-економічний механізм, що поєднує технічний аудит, фінансове моделювання та залучення змішаного фінансування. Спочатку ОСББ замовляє енергоаудит і формує декілька пакетів заходів (А, В, С), після чого для кожного варіанта розраховує NPV з урахуванням ставки дисконту та можливої грантової підтримки. Далі обирається фінансова модель: для «швидких» заходів (тип А) – самофінансування або банківський кредит; для нормативної модернізації (тип В) – співфінансування (грант, кредит, власні внески); для глибокої модернізації (тип С) – партнерська модель із залученням муніципальних програм, донорських коштів або механізму енергосервісу (ESCO), де повернення інвестицій відбувається за рахунок досягнутої економії.

Таким чином, організаційний механізм включає рішення загальних зборів, укладання договорів (кредитних або енергосервісних), контроль виконання робіт та моніторинг економії, а економічний механізм базується на поєднанні грантів, пільгового або «зеленого» кредитування, внутрішніх внесків співвласників і, за потреби, енергосервісних контрактів. Це дозволяє ОСББ

обґрунтовано визначати масштаб модернізації, мінімізувати фінансові ризики та підвищувати інвестиційну привабливість проєкту (рис. 3.8).



Енергоаудит – розрахунок NPV – Фінансова модель – Реалізація – Моніторинг – Наступний цикл

Рисунок 3.8 - Блок інвестиційного моделювання організаційно-економічного механізму управління енергоефективністю житлового сектору

Джерело: сформовано автором

Типова модель фінансування енергомодернізації в житловому секторі, що відповідає логіці (рис. 3.9), зазвичай будується як «внутрішній контур» ОСББ: рішення приймається загальними зборами співвласників, формується кошторис і графік робіт, після чого проєкт фінансується переважно за рахунок внесків мешканців (поточні внески, разові цільові платежі, резервний фонд), а також інколи – незначної підтримки з місцевого бюджету або компенсаційних механізмів.

У цій моделі роль держави й органів місцевого самоврядування переважно регуляторна: встановлення вимог, правил комерційного обліку, процедур погодження, стандартів енергоефективності та тарифного поля. Фінансова логіка внутрішнього фінансування така: інвестиція I_0 приблизно дорівнює повному CAPEX, а повернення відбувається через економію на рахунках за

тепло (Економія), з якої сплачуються операційні витрати на обслуговування, формуючи чистий грошовий потік. За цієї схеми ОСББ фактично самофінансується, а економія з часом може частково реінвестуватися в наступні заходи, що створює поступову, але повільну траєкторію модернізації.

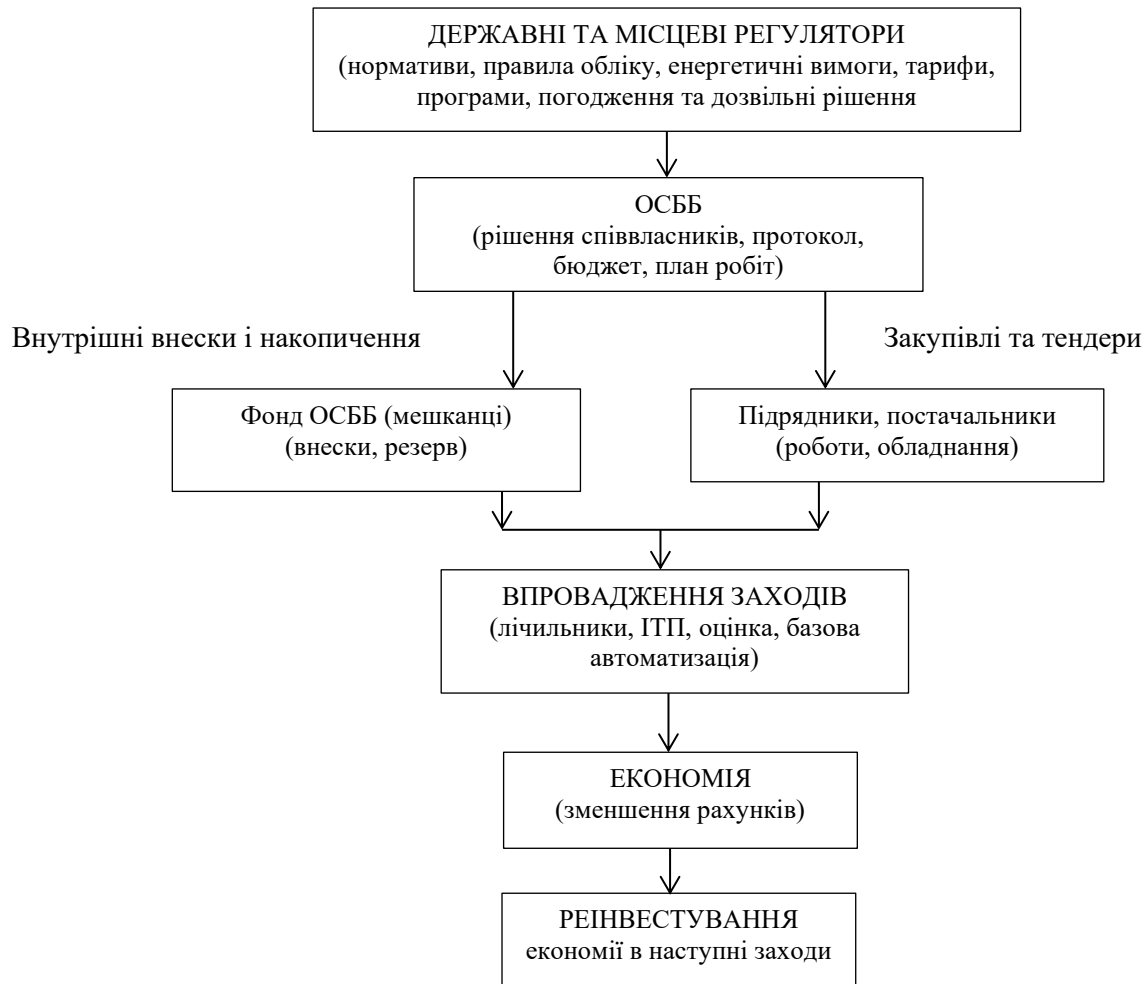


Рисунок 3.9 - Схема внутрішнього фінансування енергоефективної модернізації (без зовнішніх інвесторів)

Джерело: сформовано автором

Алгоритм внутрішнього фінансування енергоефективної модернізації: ОСББ фінансує проєкт власними внесками, діє в межах норм і погоджень, а економія зменшує платежі та може стати ресурсом для подальших кроків (поступова модернізація).

Водночас внутрішня модель має низку системних недоліків, які перешкоджають масштабуванню енергомодернізації. По-перше, ключовим

бар'єром є нестача стартового капіталу: навіть якщо технічно захід ефективний, потрібні значні одноразові внески, що у воєнний/післявоєнний період часто соціально неприйнятно та фінансово неможливо. По-друге, високими є транзакційні витрати на рівні ОСББ: підготовка технічної документації, енергоаудиту, проектування, закупівель, технагляду, комунікації з мешканцями – усе це потребує компетенцій і часу, і без професійного супроводу проекти «застрягають» на стадії рішень або реалізуються фрагментарно. По-третє, у внутрішній моделі часто слабкий компонент вимірювання та підтвердження результату (моніторинг, верифікація економії), через що складно довести фактичний ефект і підвищити довіру мешканців до наступних інвестицій. По-четверте, є ризик технічного «недоотримання» ефекту: навіть правильні заходи (ІТП, балансування, утеплення) без якісної експлуатації та регулярного сервісу втрачають результативність, а економія деградує. Нарешті, внутрішня модель майже не знижує вартість капіталу: ОСББ фінансує модернізацію дорогою ліквідністю мешканців, тому економічно складніші пакети (глибша термомодернізація) часто не проходять за критеріями NPV та окупності, особливо коли ставка дисконту (вартість грошей та ризику) висока.

Алгоритм покращення, який закладає рис. 3.10 полягає у переході від «внутрішнього самофінансування» до партнерської моделі, де змішане фінансування (грант, співфінансування ОСББ) та інституційний супровід зменшують як фінансові, так і організаційні бар'єри. Алгоритм партнерського фінансування охоплює зовнішні кошти у формі грантів, інвестицій, що зменшують або початкову інвестицію I , або вартість капіталу r через пільгове, «зелене» фінансування. Моніторинг і валідація потрібні, щоб кредитори та донори бачили підтверджений ефект і щоб портфель можна було масштабувати. Практично це означає три напрямки вдосконалення.

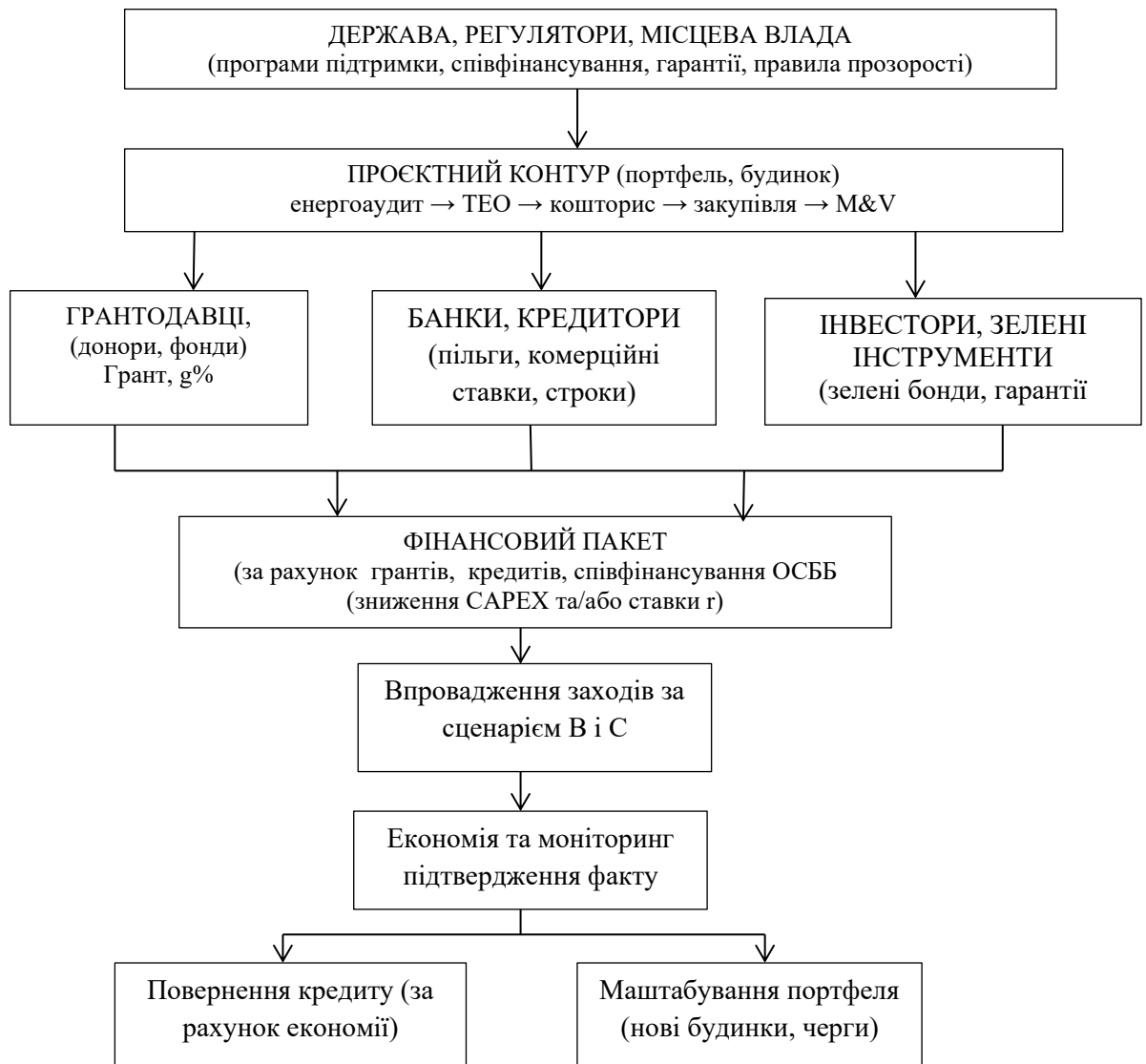


Рисунок 3.10 - Схема зовнішнього, партнерського фінансування (донори, гранти, банки, інвестори, «зелені» інструменти)

Джерело: сформовано автором

Перший – зниження стартового навантаження через грантову складову та муніципальне співфінансування, що безпосередньо зменшує початкове фінансування $I_0 = CAPEX(1-g)$ і переводить проєкти з негативної NPV у позитивну зону.

Другий – здешевлення капіталу через пільгові кредитні лінії, гарантійні інструменти або «зелені» облігації/портфельні програми громади, які фактично знижують ставку дисконту r і підвищують поточну вартість майбутньої економії $PV = CF \cdot PVA(r, n)$.

Третій – інституційна підтримка та «єдине вікно»: створення міською радою або уповноваженою структурою сервісного центру для ОСББ (типова функція – енергоаудит, технічна допомога, типові технічні рішення, шаблони закупівель, супровід підрядників, технагляд, юридичні процедури), що різко знижує транзакційні витрати та підвищує якість проєктів.

Окремо важливо додати компонент вимірювання та верифікації і цифрового моніторингу, адже саме він об'єднує інтереси донорів, банків та інвесторів із результатом будинку: підтверджена економія знижує ризик і для кредитора, і для мешканців, а отже опосередковано здешевлює фінансування та полегшує масштабування на портфель інших будинків.

У підсумку, типова внутрішня модель (рис. 3.8) є придатною для малих, швидких заходів і поступових змін, але має обмежений потенціал для масової термомодернізації через дефіцит капіталу, транзакційні бар'єри та слабку доказовість ефекту. Партнерська модель (рис. 3.9) є більш придатною для середніх і глибоких модернізацій, оскільки комбінує фінансові важелі (грант і дешевший капітал) з організаційними (супровід і контроль якості), що забезпечує не лише технічне енергозбереження, а й фінансову життєздатність та керованість результату на рівні громади.

Отже, підсумовуючи результати досліджень, у Додатках Є та Ж подано відповідно характеристики організаційних та економічних елементів управління енергоефективністю. Урахування зв'язків між ними, а також послідовність досягнення цілей енергоефективності дозволило сформулювати на рис. 3.11 запропонований механізм управління енергоефективністю в житловій сфері.

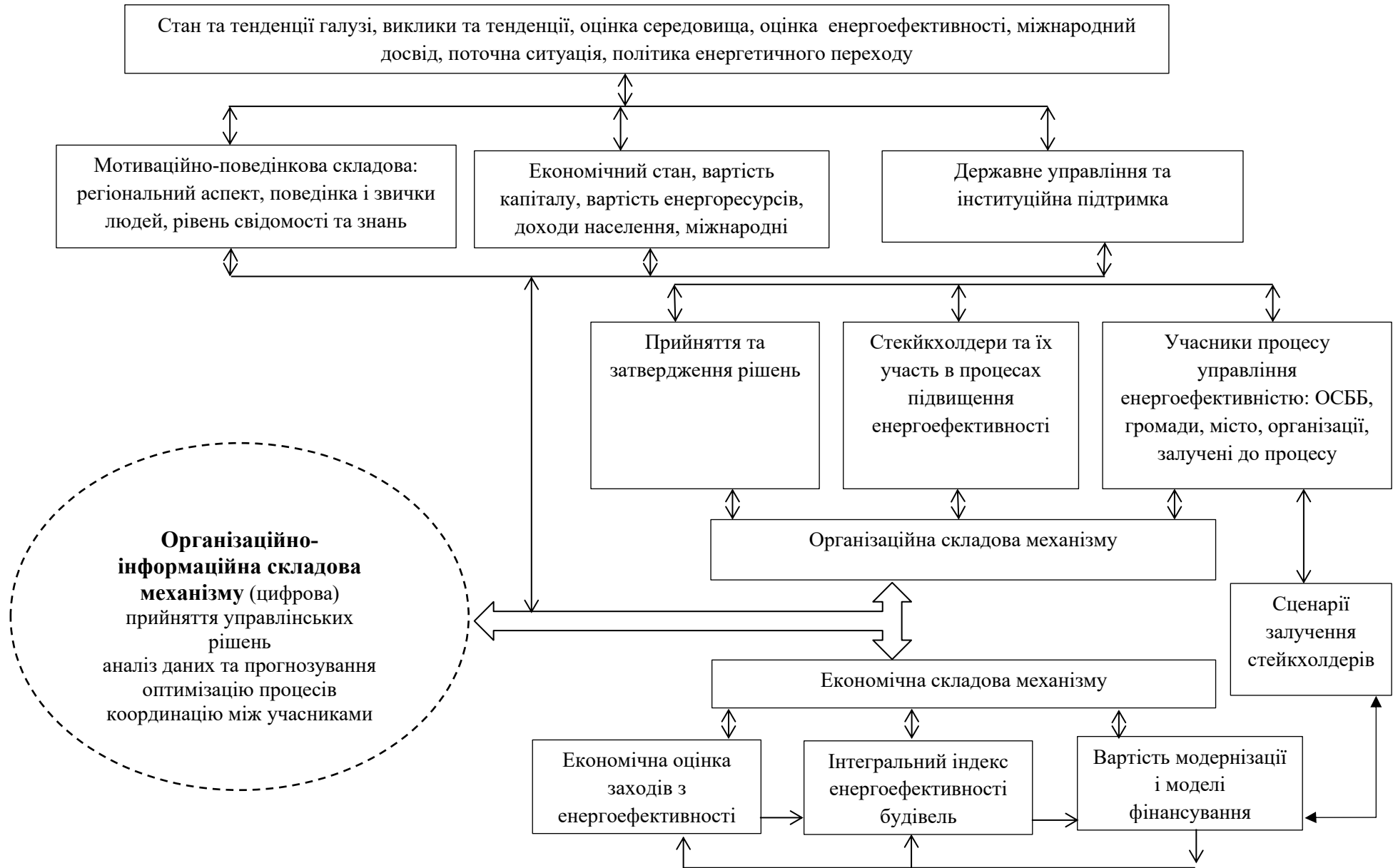


Рисунок 3.11 - Організаційно-економічний механізм управління енергоефективністю в житловому секторі
Джерело: сформовано автором

Він формує комплексну систему управління, що поєднує економічні, організаційні, поведінкові та інформаційно-аналітичні елементи. Його метою є забезпечення обґрунтованого прийняття рішень щодо енергомодернізації будівель і розвитку енергоефективних практик на основі аналізу стану галузі, міжнародного досвіду, поточних тенденцій енергетичного переходу та умов соціально-економічного середовища. Механізм враховує вплив мотиваційно-поведінкових факторів населення, економічних умов, державної політики та інституційної підтримки, які разом формують середовище для реалізації енергоефективних заходів.

Функціонування механізму базується на взаємодії трьох основних складових: організаційної, економічної та організаційно-інформаційної. Організаційна складова забезпечує координацію учасників процесу – органів влади, громад, ОСББ, організацій та інших стейкхолдерів – і включає процедури прийняття та затвердження управлінських рішень, а також формування сценаріїв їхньої взаємодії. Економічна складова спрямована на обґрунтування доцільності енергоефективних заходів через економічну оцінку проєктів, визначення вартості модернізації та вибір моделей фінансування, що дає змогу оцінити ефективність інвестицій і сформувати інтегральний індекс енергоефективності будівель. Організаційно-інформаційна складова виконує функцію аналітичної підтримки управління: вона передбачає використання цифрових інструментів, аналізу даних і прогнозування для оптимізації процесів, координації учасників та підвищення обґрунтованості рішень.

У результаті взаємодії цих елементів формується цілісний управлінський цикл, який дозволяє визначати пріоритети модернізації, залучати стейкхолдерів, оцінювати економічну ефективність заходів і забезпечувати послідовне підвищення енергоефективності будівель і територій.

Для забезпечення практичного впровадження такого механізму необхідно визначити інституційні рівні його реалізації, через які відбуваються формування політики, координація учасників, інформаційно-аналітична підтримка та фінансування заходів енергоефективності. У зв'язку з цим

механізм доцільно розглядати як багаторівневу систему управління, що функціонує через стратегічно-нормативний, організаційно-інституційний, інформаційно-аналітичний та фінансово-економічний рівні. Відповідну структуру рівнів реалізації механізму представлено на рисунку 3.12.

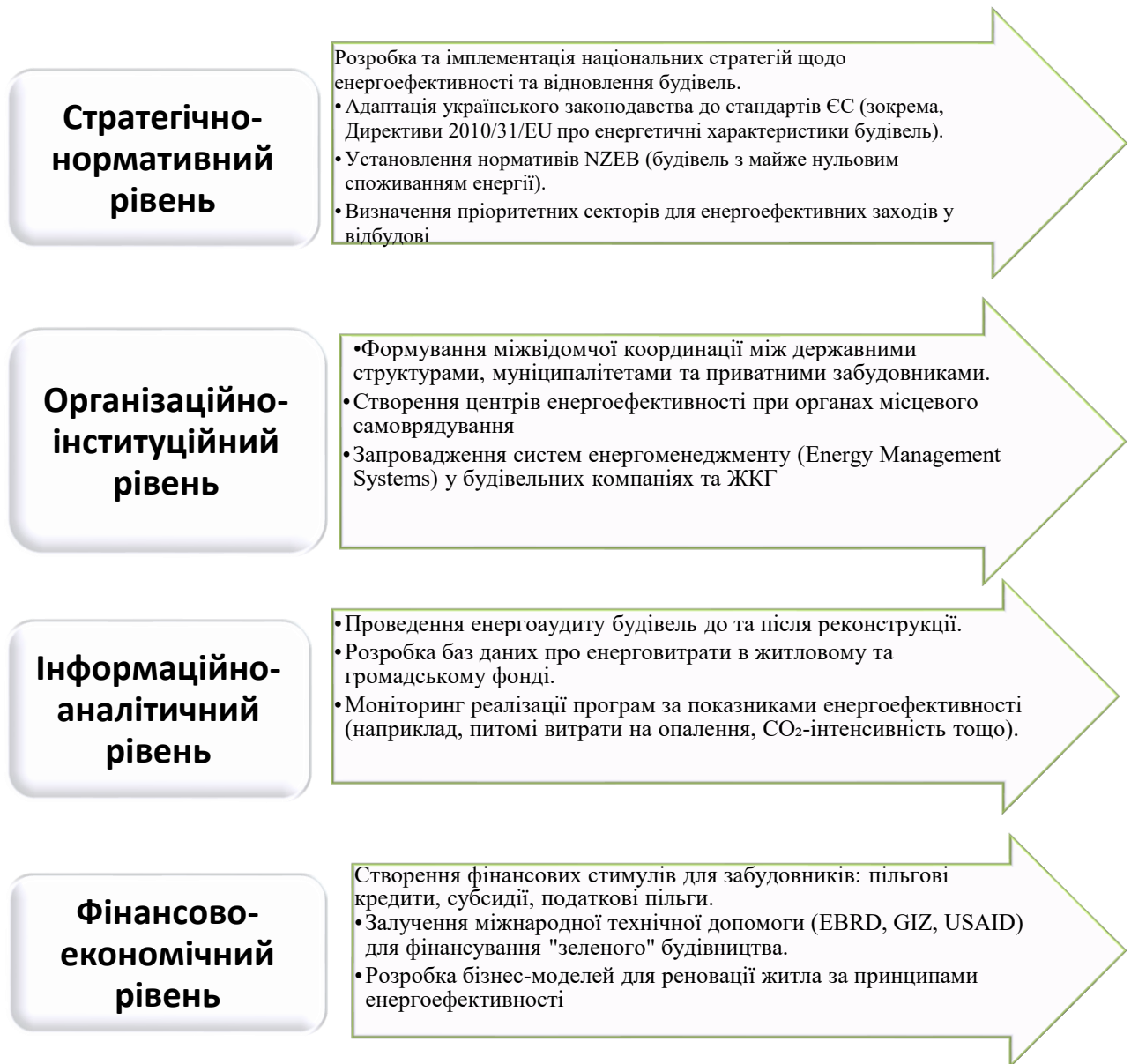


Рисунок 3.12 – Рівні реалізації організаційно-економічного механізму

Джерело: сформовано автором

Стратегічно-нормативний рівень формує загальні рамки функціонування механізму та визначає довгострокові цілі підвищення енергоефективності. На цьому рівні здійснюється розробка державних стратегій і програм відновлення та модернізації будівель, адаптація національного законодавства до

європейських стандартів енергоефективності, а також встановлення нормативів і пріоритетних напрямів впровадження енергоефективних заходів.

Організаційно-інституційний рівень забезпечує координацію учасників процесу реалізації політики енергоефективності. Він передбачає налагодження взаємодії між державними органами, органами місцевого самоврядування, приватними компаніями та іншими стейкхолдерами, створення інституцій підтримки енергоефективності, а також впровадження систем енергоменеджменту у сфері будівництва та житлово-комунального господарства.

Інформаційно-аналітичний рівень спрямований на забезпечення обґрунтованості управлінських рішень шляхом збору, обробки та аналізу даних. На цьому рівні здійснюється проведення енергетичних аудитів будівель, формування інформаційних баз даних щодо енергоспоживання, а також моніторинг реалізації програм енергоефективності за відповідними показниками, що дає змогу оцінювати результати впроваджених заходів та коригувати управлінські рішення.

Фінансово-економічний рівень забезпечує ресурсну основу для реалізації цього механізму. Його ключовими інструментами є формування системи фінансових стимулів для впровадження енергоефективних технологій, залучення міжнародної технічної та фінансової допомоги, а також розробка ефективних моделей фінансування модернізації житлового фонду.

Таким чином, зазначені рівні утворюють взаємопов'язану систему реалізації механізму підвищення енергоефективності, у межах якої стратегічні рішення трансформуються в організаційні дії, підтримуються інформаційно-аналітичними інструментами та забезпечуються необхідними фінансовими ресурсами.

Висновки до третього розділу

У третьому розділі узагальнено, що результат управління енергоефективністю житлового сектору визначається узгодженістю цілей на

трьох рівнях: державному, муніципальному та рівні домогосподарств. Система має розглядатися як багаторівнева, що поєднує організаційний і економічний блоки. Організаційний блок передбачає чіткий розподіл ролей між учасниками, стандартизацію процедур, розвиток інституційної спроможності та цифровізацію процесів управління. В умовах повоєнного відновлення важливими є також управління ризиками, безпекою та формування довіри на рівні співвласників. Економічний блок базується на створенні стимулів для інвестицій через поєднання державних, донорських і приватних ресурсів, а також на розвитку енергосервісу та механізмів змішаного фінансування.

Підсумовано, що результативність заходів з енергоефективності визначається не лише вибором технологій, а передусім архітектурою взаємодії між співвласниками, управителями, органами місцевого самоврядування, фінансовими установами, донорами та підрядниками. Сценарний підхід, структурований через МАМСА, дозволяє формалізувати цю взаємодію та кількісно пов'язати рівень залучення зацікавлених сторін із економічними, енергетичними та кліматичними результатами.

Визначено, що диференціація сценаріїв забезпечує адаптивність управління залежно від типу будівлі та її енергетичного профілю. Сценарій «швидкі втручання» орієнтований на мінімальні інвестиції та швидкий ефект у рахунках, сценарій «нормативна термомодернізація» забезпечує стабільне зниження питомого споживання і придатний для співфінансування, а сценарій «глибока модернізація і цифрове керування» створює максимальний довгостроковий ефект, проте потребує партнерства та зовнішнього капіталу. Водночас портфельний підхід на рівні громади дозволяє поєднувати різні сценарії, досягаючи балансу між соціальною прийнятністю, бюджетними можливостями та цілями декарбонізації.

Узагальнено, що результат управління енергоефективністю визначається насамперед якістю партнерства та керованістю взаємодії, а не лише набором технічних рішень.

Досліджено використання штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житлових будинків. Обґрунтовано, що сучасні підходи до управління енергоефективністю трансформуються від традиційних методів аналізу до багатовимірної аналітичної системи. У роботі розглянуто передумови застосування методології синергії людського та штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житлового фонду. Показано, що цифрова готовність житлового сектору, розвиток нормативно-правового середовища, зарубіжний досвід та об'єктивні виклики післявоєнного відновлення формують системоутворювальні чинники потенціалу використання штучного інтелекту. Зростання кількості об'єднань співвласників багатоквартирних будинків як організаційно керованих суб'єктів, імплементація законодавства щодо форм управління житлом, формування регіональних аналітичних центрів і накопичення даних про стан та ресурси житлового фонду, а також поступове поширення цифрових технологій серед населення створюють інституційні та інформаційні передумови для реалізації підходів Human-AI synergy в управлінні енергоефективністю житлових будинків.

Узагальнено, що партнерська модель фінансування є більш придатною для масової термомодернізації, ніж внутрішня модель самофінансування. Вона поєднує три ключові елементи. Зменшення початкового навантаження через гранти та муніципальне співфінансування, що скорочує стартові інвестиції й переводить проекти у позитивну зону фінансової доцільності. Здешевлення капіталу завдяки пільговим кредитам, гарантіям і «зеленим» фінансовим інструментам підвищує поточну вартість майбутньої економії та покращує показники ефективності. Інституційну підтримку у форматі «єдиного вікна», яка знижує транзакційні витрати, підвищує якість підготовки та реалізації проектів і мінімізує організаційні ризики для ОСББ.

Вирішальним елементом є система вимірювання, верифікації та цифрового моніторингу, що підтверджує досягнутий ефект, знижує ризики для донорів і

кредиторів та створює можливості для масштабування проєктів на рівні портфеля громади.

Підсумовано, якщо внутрішня модель придатна для малих і поступових змін, то партнерська модель забезпечує фінансову життєздатність, керованість і масштабованість глибокої модернізації в умовах обмеженого капіталу та підвищених ризиків.

На основі узагальнення викладеного матеріалу запропоновано організаційно-економічний механізм управління енергоефективністю в житловій сфері. Визначено рівні реалізації сформованого механізму, які утворюють взаємопов'язану систему реалізації механізму підвищення енергоефективності, у межах якої стратегічні рішення трансформуються в організаційні дії, підтримуються інформаційно-аналітичними інструментами та забезпечуються необхідними фінансовими ресурсами.

Основні наукові результати опубліковані в працях: [177; 176; 194; 220; 240]

ВИСНОВКИ

Основні положення дисертаційного дослідження дозволили досягти мети, яка полягала у розробці теоретико-методологічних засад та науково-практичних рекомендацій щодо формування й упровадження ефективної системи управління підвищенням енергетичної ефективності в житловій сфері України в умовах повоєнного відновлення.

Проведене дисертаційне дослідження дозволяє стверджувати, що проблема підвищення енергетичної ефективності (ЕЕ) житлового фонду України в умовах повоєнного відновлення вийшла далеко за межі суто техніко-економічної площини, трансформувавшись у фундаментальний виклик національній безпеці та стратегічній стійкості держави. Якщо до початку повномасштабної агресії енергоефективність розглядалася переважно крізь призму економії ресурсів і комунального комфорту, то сьогодні вона набула екзистенційного значення, ставши ключовим елементом фізичного виживання громад та енергетичної незалежності країни. За результатами проведеного дисертаційного дослідження на тему «Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення» можна зробити наступні висновки:

1. На основі аналізу еволюції управлінської думки встановлено, що управління енергоефективністю пройшло шлях від вузькопрофільного технічного регулювання, сфокусованого на фізичних властивостях матеріалів до комплексного соціо-технічного врядування. У дисертації запропоновано удосконалене визначення управління енергетичною ефективністю в умовах повоєнного відновлення як системи цілеспрямованого впливу суб'єктів публічного та приватного секторів на процеси споживання енергії, яка через механізми координації, фінансового стимулювання та цифрової оптимізації забезпечує не лише скорочення витрат, а й енергетичну життєстійкість громад в умовах безпекових загроз. Це визначення, на відміну від існуючих, акцентує увагу на безпековому компоненті та суб'єктній взаємодії, що є критичним для

розуміння процесів відновлення. Воно базується на синтезі теорії стейкхолдерів та сучасних концепцій сталого розвитку.

2. Запропоновано методологічний підхід до оцінки управління енергоефективністю в житловому секторі шляхом його адаптації до принципів «Build Back Better». Такого роду адаптація передбачає пріоритизацію проєктів відновлення не лише за критеріями економічної доцільності та окупності, а й за інтегральними показниками соціального впливу, безпеки та життєстійкості (resilience) громад. Для оцінки енергоефективності житлових будівель запропоновано коефіцієнт первинності, який визначає співвідношення питомого та первинного споживання енергії у житлових будинках; врахування даного коефіцієнта разом з іншими індикаторами оцінки ефективного використання енергетичних ресурсів дозволило розрахувати інтегральний показник енергоефективності житлових будівель. На основі використання методу онтологічного моделювання побудовано таксономію енергоефективності житлових будівель, що дозволило здійснити аналіз оперативних факторів, що впливають на енергоефективність та доповнити їх факторами, які визначають політику енергоефективності на стратегічному рівні, зокрема ціни на енергоресурси та поведінка мешканців житлових будинків.

3. На основі врахування переваг методики QUEST аналізу для повоєнного контексту, зокрема того, що він оцінює не окремий проєкт, а здатність середовища забезпечити масове впровадження енергоефективності та стійкий ефект, здійснено оцінку такого середовища та визначено ключові фактори, що впливають на енергоефективність та визначають передумови для планування програм енергоефективного розвитку, формують сценарії реалізації політик енергоефективності та є пріоритетними інструментами змін у повоєнному відновленні.

4. На основі ознайомлення із діючими методиками оцінки енергоефективності житлових будівель, враховуючи вітчизняний та міжнародний досвід оцінювання енергоефективності житлових будівель,

удосконалено методику розрахунку інтегрального показника енергоефективності житлових будівель на основі використання даних первинного та кінцевого енергоспоживання, вартості енергії, площі опалення, що враховує не тільки технологічні параметри, але і ринкові та соціально-економічні детермінанти енергоефективності, що дозволяє отримати комплексну оцінку стану енергоефективності житлових будівель, дослідити її детермінанти та враховувати отримані результати для формування програм енергомодернізації.

5. Охарактеризовано інтегровану систему управління енергоефективністю в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення. Такого роду система, на відміну від існуючих підходів, що розглядають окремі аспекти, системно поєднує три ключові компоненти. Одним із пріоритетних є інституційні механізми публічного адміністрування на державному та муніципальному рівнях. Також, туди входять моделі залучення стейкхолдерів, адаптовані до змінених поведінкових патернів населення внаслідок війни, та інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень (СППР) для забезпечення прозорості та ефективності. Запропоновано організаційно-економічний механізм формування інтегрованої системи управління енергоефективності в житловій сфері в умовах повоєнного відновлення, що системно поєднує інституційний елемент публічного адміністрування на державному та муніципальному рівнях, елемент залучення стейкхолдерів, елемент інтелектуальної системи підтримки, та спирається на економічну оцінку енергоефективності та моделі фінансової підтримки заходів із енергоефективності.

6. Сформовано концептуальну модель синергії людини та ШІ, обґрунтовано доцільність її використання для прийняття рішень в умовах невизначеності шляхом поєднання переваг машинного аналізу великих даних та експертного досвіду людини. Обґрунтовано, що на даному етапі у регіонах країни формується інформаційний базис, який є необхідною передумовою для інтеграції ШІ в процеси управління енергоефективністю в житловій сфері.

7. Здійснено обґрунтування механізмів інтеграції заходів з енергоефективності у стратегії сталого розвитку громад. Доведено, що через інструменти муніципального та корпоративного менеджменту енергоефективність перетворюється з вузькотехнічного завдання на наскрізний елемент стратегічного планування, що забезпечує сталий та безпечний розвиток територій. На основі використання методу МАМСА (Multi-Actor Multi-Criteria Analysis), який є особливо актуальним для житлового сектору, де стикаються інтереси різнорідних груп: мешканців (прагнення мінімізувати витрати), держави (прагнення знизити навантаження на енергосистему), донорів (вимоги прозорості та «зеленого» переходу) та бізнесу, запропоновано механізми інтеграції енергоефективних заходів у стратегії сталого розвитку територіальних громад на основі формування сценаріїв та моделей залучення стейкхолдерів у проекти енергоефективності з урахування специфіки повоєнного контексту змін, що охоплюють поведінкові, ринкові та технологічні аспекти. Представлено ключові управлінські сценарії залучення ключових стейкхолдерів (ОСББ, муніципалітети, інвестори, донори, міжнародні партнери). На відміну від класичних теорій, запропоновані сценарії враховують специфічні повоєнні фактори: зміну соціальної структури громад та їх можливості та доступ до фінансування, фінансову вразливість та необхідність залучення широкого кола стейкхолдерів для потреб фінансування заходів енергоефективності, що вимагає впровадження проактивних комунікаційних стратегій та адаптивних механізмів залучення.

Зроблено висновок, що запропонований теоретико-методичний підхід до управління енергоефективністю в житловій сфері має наукове обґрунтування та практичну спрямованість, що дозволяє використовувати його в інших сферах господарської діяльності після врахування особливостей та обмежень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. European Commission. (2021). *“Fit for 55”*: Delivering the EU’s 2030 climate target on the way to climate neutrality (COM(2021) 550 final). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>
2. European Commission. (2022). *REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition* (COM(2022) 230 final). Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52022DC0230>
3. European Parliament and Council of the European Union. (2018). *Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency*. Official Journal of the European Union, L 156/75. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32018L0844>
4. Новик, Т. (2023). Повоєнна відбудова України у контексті довоєнних економічних проблем. *Grail of Science*, № 30, 44–49. doi: <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.04.08.2023.004>
5. Метеленко, Н. Г., Ситий, В. Л., & Курмак, А. В. (2023). Трансформаційна відбудова національної економіки: екстренні та планові дії. *Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України*: матеріали Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (Запоріжжя, 25–26 травня 2023 р.), 664–669. https://znu.edu.ua/ii_znu/nauka/conf7/zbirnyk_23.pdf
6. DiXi Group. (2023). *Покроковий план енергоефективної відбудови в Україні: аналітичний огляд*. Київ, 48 с. Доступ через <https://dixigroup.org/analytic/pokrokovyj-plan-energoefektyvnoyi-vidbudovy-v-ukrayini/>
7. International Energy Agency. (2022). *Energy efficiency 2022*. Paris. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>

8. International Energy Agency. (2021). *Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector*. Paris. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
9. Про енергетичну ефективність : Закон України від 21.10.2021 № 1818-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1818-20>
10. International energy agency. 2014. Energy Efficiency Indicators: Essentials for Policy Making. https://iea.blob.core.windows.net/assets/135d18c1-7640-4918-ad53-c093130f2513/Energy_Efficiency_Indicators_Essentials_for_Policy_Making.pdf
11. Bhattacharyya, S. C. (2019). *Energy economics: Concepts, issues, markets and governance* (2nd ed.). London: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-85729-268-1>
12. Moomaw, W., Yamba, F., Kamimoto, M., Maurice, L., Nyboer, J., Urama, K., & Weir, T. (2011). Introduction. In O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, K. Seyboth, P. Matschoss, S. Kadner, T. Zwickel, P. Eickemeier, G. Hansen, S. Schlömer, & C. von Stechow (Eds.), *IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation*. Cambridge University Press.
13. Nejat, P., Jomehzadeh, F., Taheri, M. M., Gohari, M., & Majid, M. Z. A. (2015). A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 843–862. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>
14. Ürge-Vorsatz, D., Eyre, N., Graham, P., Harvey, D., Hertwich, E., Jiang, Y., Kornevall, C., Majumdar, M., McMahon, J. E., & Mirasgedis, S. (2012). Energy end-use: Buildings. In T. B. Johansson, N. Nakicenovic, A. Patwardhan, & L. Gomez-Echeverri (Eds.), *Global energy assessment: Toward a sustainable future* (pp. 649–760). Cambridge University Press.

15. Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, 142, 435–444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>
16. Bukarica, V., & Robić, S. (2013). Implementing energy efficiency policy in Croatia: Stakeholder interactions for closing the gap. *Energy Policy*, 61, 414–422. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.06.052>
17. Polzin, F. (2017). Mobilizing private finance for low-carbon innovation – A systematic review of barriers and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 525–535. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.007>
18. Щербініна, С., & Шевченко, О. (2022). Фінансові інструменти забезпечення енергоефективності житлового сектора України. *Економічний простір*, 177, 20–24. doi: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/177-3>
19. Yushchenko, A., & Patel, M. (2017). Cost-effectiveness of energy efficiency programs: How to better understand and improve from multiple stakeholder perspectives? *Energy Policy*, 108, 538–550. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.015>
20. Jelle, B. P., Baetens, R., & Gustavsen, A. (2015). Aerogel insulation for building application. In D. Levy & M. Zayat (Eds.), *The sol-gel handbook: Synthesis, characterization, and applications* (pp. 1385–1412). Wiley-VCH. doi: <https://doi.org/10.1002/9783527670819.ch45>
21. Ясенчук, Р. В. (2021). Інституційна спроможність територіальних громад в умовах зовнішніх загроз. *Право та державне управління*, 4. doi: <https://doi.org/10.32782/pdu.2021.4.28>
22. Дмитрієва, О. В. (2024). Вплив соціальних факторів на управління енергоефективністю та розвиток відновлюваних джерел енергії. *Вчені записки КНЕУ*, 36, 42–49. doi: https://doi.org/10.33111/vz_kneu.36.24.03.04.026.032
23. Shove, E. (2016). Matters of practice. In A. Hui, T. Schatzki, & E. Shove (Eds.), *The nexus of practices: Connections, constellations, practitioners* (pp. 155–168). Routledge. Retrieved from https://www.demand.ac.uk/wp-content/uploads/2016/06/11_Ch11-Shove.pdf

24. Kempton, W., & Montgomery, L. (1982). Folk quantification of energy. *Energy*, 7(10), 817–827. doi: [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(82\)90030-5](https://doi.org/10.1016/0360-5442(82)90030-5)
25. Paone, A., & Bacher, J.-P. (2018). The impact of building occupant behavior on energy efficiency and methods to influence it: A review of the state of the art. *Energies*, 11(4), 1–19. doi: <https://doi.org/10.3390/en11040953>
26. Денисюк, С. П., & Бориченко, О. В. (2015). Теоретичні основи побудови систем енергетичного менеджменту в Україні. *Енергетика: економіка, технології, екологія*, 1(39), 7–17. <https://ela.kpi.ua/items/78a5fc1f-fa5d-4f81-b275-42a080400b91>
27. Бицюра, Л. О. (2021). *Формування стратегії енергоефективності на підприємстві* (Автореферат дисертації кандидата економічних наук, Тернопільський національний економічний університет).
28. Ульяновченко, Ю. О., Ульяновченко, Н. В., & Смаглюк, А. А. (2025). Енергоефективність у публічному управлінні відновленням житлово-будівельної сфери: стратегічні пріоритети та управлінські підходи. *Наукові перспективи*, 5(59), 585–598. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/90398>
29. Єпіфанова, І., & Ганчук, М. (2025). Інноваційні стратегії управління енергоефективними підприємствами в умовах трансформації промисловості. *Modeling the Development of the Economic Systems*, 1, 401–410. doi: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-15-52>
30. Kiris, S. (2021). Implementation of energy efficient principles in management of an apartment building in Ukraine. *Three Seas Economic Journal*, 2(3), 16–21. doi: <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-3-3>
31. Череп, О. Г., Олейнікова, Л. Г., Лищенко, О. Г., & Осмаковська, К. Ю. (2023). Енергоефективність під час війни та післявоєнна відбудова енергетичного сектору України. *Вісник соціально-економічних досліджень*, 1–2(84–85), 24–35. <http://vsed.oneu.edu.ua/collections/2023/84-85/pdf/24-35.pdf>
32. Комеліна, О. В., & Щербініна, С. А. (2019). Системно-інформаційний підхід у забезпеченні енергетичної ефективності житлового сектору економіки.

Економіка. Менеджмент. Бізнес., 2(28), 21–31. doi: <https://doi.org/10.31673/2415-8089.2019.022131>

33. Паламарчук, Д. М. (2021). Механізм формування економічної політики у сфері енергоефективності. *Вісник соціально-економічних досліджень*, 2(77), 25–40.

34. Галюк І. Б., Єжак Ф. Ф. (2026). Управління енергоефективністю житлових будівель у контексті сталого розвитку. *Актуальні питання економічних наук*, 20. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18624838>

35. Чернова, І., Ємельянова, О., & Гончаренко, А. (2022). Перспективи відновлення житлового будівництва у воєнний та повоєнний час. *Економіка та суспільство*, 44. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-15>

36. Ковтун, О. А. (2022). Організаційні механізми відновлення житлового фонду України у поствоєнний період. *Публічне управління та адміністрування в умовах війни і в поствоєнний період в Україні: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф.* (Vol. 2, pp. 38–41). ДЗВО «УМО» НАПН України.

37. Семененко, О., Гаврилюк, І., Соломицький, О., Клят, Ю., Добровольський, Ю., & Гетьман, А. (2025). Стратегія повоєнного відновлення України: системна модель інтеграції економіки, управління та безпеки. *Social Development and Security*, 15(2), 12–19. doi: <https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.2.4>

38. Savchenko, O., Kozak, K., Zhelykh, V., Al-Hafith, O., Alencastro, J., Oladinrin, O., & Akinbami, A. (2025). Public priorities for the post-war reconstruction of Ukraine's energy sector. *Energy Engineering and Control Systems*, 11(2), 115–123. doi: <https://doi.org/10.23939/jeecs2025.02.115>

39. Галюк І. Б., Єжак Ф. Ф. (2025). Формування сталої бізнес-моделі будівельних підприємств: енергоефективність, циркулярність і цифрові технології. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості*, 2 (32), 121-131. doi: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2\(32\)-121-131](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2(32)-121-131)

40. Vlasenko, V. M., & Martynov, V. L. (2021). Principles of formation of energy efficient residential buildings. *East European Scientific Journal*, 10(74), 4–15. doi: <https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.136>

41. United Nations Development Programme (UNDP). (2023). *Зелене відновлення України: керівні принципи та інструменти для тих, хто ухвалює рішення*. Retrieved from <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2024-04/undp-ua-green-recovery-ukr.pdf>

42. European Union. (2019). *Clean energy for all Europeans*. Retrieved from <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/1a9f4c7f-8a4c-11e9-9f05-01aa75ed71a1>

43. International Energy Agency. (2022). *World energy outlook 2022*. Retrieved from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/830fe099-5530-48f2-a7c1-11f35d510983/WorldEnergyOutlook2022.pdf>

44. SLB. (2023). *Sustainability report 2023*. Retrieved from <https://www.slb.com/-/media/files/sustainability/2023/sustainability-report-2023.ashx>

45. Synnefa, A., Laskari, M., Gupta, R., Pisello, A. L., & Santamouris, M. (2017). Development of net zero energy settlements using advanced energy technologies. *Procedia Engineering*, 180, 1388–1401. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.302>

46. Boermans, T., & Petersdorff, C. (2007). *Cost-effective climate protection in the building stock of the EU*. Ecofys; EURIMA – European Insulation Manufacturers Association. Retrieved from https://www.eurima.org/uploads/files/modules/articles/1576835528_EURIMA-ECOFYS_VII_report_p1-651.pdf.

47. Tomaszewski, K. (2018). Multi-level governance in the EU energy policy. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 21(1), 21–35. Retrieved from <https://epj.min-pan.krakow.pl/pdf-96196-28973?filename=Multi-level-governance-in.pdf>

48. Melica, G., Bertoldi, P., Kona, A., Iancu, A., Rivas, S., & Zancanella, P. (2018). Multilevel governance of sustainable energy policies: The role of regions and

provinces to support the participation of small local authorities in the Covenant of Mayors. *Sustainable Cities and Society*, 39, 729–739. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.01.013>

49. Ясенчук, Р. В. (2021). Інституційна спроможність територіальних громад в умовах зовнішніх загроз. *Право та державне управління*, 4. doi: <https://doi.org/10.32782/pdu.2021.4.28>

50. Du, J., & Pan, W. (2023). Behavioral energy efficiency with environment sensors: A case in Hong Kong. *Energy and Buildings*, 299, 113590. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113590>

51. Михайлишин, Х., & Полянська, А. (2025). Мотиви та бар'єри споживчої поведінки на шляху до підвищення енергоефективності в умовах енергетичного переходу. *Сталий розвиток економіки*, 5 (56), 554-564. doi: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-56-76>

52. Nejat, P., Jomehzadeh, F., Taheri, M. M., Gohari, M., & Majid, M. Z. A. (2015). A global review of energy consumption, CO₂ emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO₂ emitting countries). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 843–862. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.066>

53. Reynolds, S. (2024). Stakeholder engagement and its impact on supply chain sustainability in the context of renewable energy. *Preprints*, 2024060080. doi: <https://doi.org/10.20944/preprints202406.0080.v1>

54. Freeman, R. E., & McVea, J. (2001). A stakeholder approach to strategic management. *SSRN Electronic Journal*. doi: <https://doi.org/10.2139/ssrn.263511>

55. Ackermann, F., Eden, C., & McKiernan, P. (2024). Stakeholders in strategy-making. *Journal of Strategy and Management*, 17(2), 282–296. doi: <https://doi.org/10.1108/JSMA-11-2023-0280>

56. Ляшенко, В. І., Іванов, С. В., & Підоричева, І. Ю. (2023). Будівництво та виробництво будматеріалів як драйвери повоєнного резильєнтного відновлення та розвитку підприємництва. *Комплексний підхід до модернізації науки: методи, моделі та мультидисциплінарність: матеріали III*

Міжнародної наукової конференції (Житомир, 18 серпня 2023 р., pp. 20–25). Європейська наукова платформа. doi: <https://doi.org/10.36074/mcnd-18.08.2023>

57. World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2025). *Ukraine fourth rapid damage and needs assessment (RDNA4): February 2022 -December 2024*. Washington, DC: World Bank Group. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022025114040022/pdf/P180174-ca39eccd-ea67-4bd8-b537-ff73a675a0a8.pdf>

58. Київська школа економіки (KSE Institute). (2023). *Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України за рік від початку повномасштабного вторгнення*. Березень 2023. Retrieved from https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/03/UKR_Feb23_FINAL_Damages-Report.pdf

59. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2021). *Аналітичний огляд оновленого національно визначеного внеску України до Паризької угоди*. <http://surl.li/oihag>

60. Сімонова, Л., & Следзь, С. (2022). Без панорамних вікон, але з міцнішими дверима: експерти спрогнозували, яким будинкам віддаватимуть перевагу українці після війни. *ZN.UA – Дзеркало тижня*. <https://zn.ua/ukr/ECONOMICS/bez-panoramnikh-vikon-ale-z-mitsnishimi-dverima-eksperti-sprohnozuvali-jakim-budinkam-viddavativmut-perevahu-ukrajintsi-pislja-vijni.html>

61. Білик, А. (2023). Відродження будівельної галузі в умовах війни. *Український центр сталевого будівництва*. <https://uscc.ua/news/vidrodzenna-budivelnoi-galuzi-v-umovah-vijni>

62. Покровська, Н. М. (2022). Концептуальні засади післявоєнного відновлення України: економічні аспекти. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 4(274), 41–47. doi: <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2022-274-4-41-47>

63. Галюк І. Б., Єжак Ф. Ф. (2024). Логістика будівництва та сталий розвиток: виклики та перспективи. *Науковий вісник Івано-Франківського*

національного технічного університету нафти і газу. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості, 2, 110-117. doi: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2024-2\(30\)-110-117](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2024-2(30)-110-117)

64. Паламарчук, О. М., & Петришина, С. В. (2023). Будівельна галузь України: стан та прогнози. *Економіка та суспільство*, 51. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-51-45>

65. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель у частині збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії та затвердження Національного плану збільшення кількості будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії : Розпорядження Кабінету Міністрів України; Концепція, План від 29.01.2020 № 88-р // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/88-2020-%D1%80>

66. Бенч, Н. (2021). Стале будівництво: труднощі переходу в Україні. *Економічна правда*. <https://www.epravda.com.ua/columns/2021/10/29/679222/>

67. Andrusiv U., Zelinska H., Galtsova O., Seleznova O., Bahorka M., Yurchenko N. (2022). Socio-economic development in the context of using reasonable specialization in Ukraine. Financial and credit activity: problems of theory and practice, 2 (43), 248-258. doi: <https://doi.org/10.55643/fcaptr.2.43.2022.37.29>

68. European Economic and Social Committee. (2015). Opinion on “Smart cities as drivers for sustainable growth”. *Official Journal of the European Union*, C 383, 24–33. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015IE0586&rid=1>

69. Пушкар, Т. А., Серьогіна, Д. О., & Михайлова, К. В. (2022). Розвиток «розумних міст» в умовах цифрової трансформації. *Держава та регіони. Серія: Економіка та підприємництво*, 1(124), 116–121. doi: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2022-1-20>

70. Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City: Analysis of Urban Trends, Culture, Theory, Policy, Action*, 12(3), 303–320.

71. СімоновPolyanska, A., Cichoń, D., & Mykytuk, O. (2023). Smart vs traditional building in conditions of global crisis. *Сталий розвиток економіки, суспільства та підприємництва: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* (Івано-Франківськ, 27–28 квітня 2023 р., pp. 31–33).

https://nung.edu.ua/sites/default/files/2023-05/збірник_тез.pdf

72. Manville, C., Cochrane, G., Cave, J., Millard, J., Pedersen, J. K., Thaarup, R. K., Liebe, A., Wissner, M., Massink, R., & Kotterink, B. (2014). *Mapping smart cities in the EU*. European Parliament, Policy Department A: Economic and Scientific Policy. Retrieved from

[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)

73. Базилевич, В. (2023). Досягнення цілей сталого розвитку під час відбудови України. *Містобудування та територіальне планування*, 83, 29–37. doi: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2023.83.29-37>

74. Пігуль, О., & Сьомушкін, В. (2023). Інтеграція понять сталого розвитку й управління проектами в сучасні моделі житлового будівництва. *Економіка та суспільство*, 53. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-53-64>

75. Федірко, А., Хома, Р., & Резніченко, Д. (2023). Будівництво скоротилося, попит обвалився, але ціни не падають: дослідження ринку нерухомості під час війни від Ernst & Young. *Forbes Ukraine*. <https://forbes.ua/money/budivnitstva-ne-zapuskayutsya-popitu-nemae-ale-tsini-ne-padayut-doslidzhennya-rinku-nerukhomosti-pid-chas-viyni-vid-ernst-amp-young-13032023-12337>

76. World Bank, Government of Ukraine, European Commission, & United Nations. (2024). *Ukraine third rapid damage and needs assessment (RDNA3): February 2022 – December 2023*. Washington, DC: World Bank Group. Retrieved from

<https://documents.worldbank.org/curated/en/099021324115085807/pdf/UKRAINE-RDNA3-UKRAINIAN.pdf>

77. Дмитрук, В. І. (2023). Управлінські виклики у сфері енергоефективності житлового сектору в умовах воєнного стану. *Інвестиції: практика та досвід*, 5, 78–83.

78. Дашко, І., Череп, О., & Михайліченко, Л. (2024). Розвиток штучного інтелекту: переваги та недоліки. *Економіка та суспільство*, 67. doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-67-31>

79. Rodríguez-Pose, A., & Bartalucci, F. (2019). The green transition and its potential territorial discontents. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*, 12(3), 431–448. doi: <https://doi.org/10.1093/cjres/rsz0222>

80. Lv, Z., Tang, C., Zheng, Y., & Yang, X. (2025). Proactive interaction of artificial intelligence agents in intelligent assistive systems: Mechanisms and impacts. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 1–21. doi: <https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2560518>

81. Печенюк, А. В., & Печенюк, В. А. (2024). Перспективи застосування штучного інтелекту для покращення енергозбереження в умовах України. *Інноваційна економіка*, 2, 46–52.

82. Лігоненко, Л. О. (2025). Вплив цифровізації на систему управління результативністю підприємств та формування стратегії їх діяльності. *Економічний простір*, 199, 220–227. doi: <https://doi.org/10.30838/EP.199.220-227>

83. Ігнат'єва, І. А., Клименко, Н. А., & Сербенівська, А. Ю. (2025). Трансформація системи управління підприємством на засадах цифрової економіки. *Наукові записки НаУКМА. Економічні науки*, 10(1), 100–106. doi: <https://doi.org/10.18523/2519-4739.2025.10.1.100-106>

84. Василюк, Д. (2025). Використання штучного інтелекту в управлінні організаціями: нові виклики та можливості. *Цифрова економіка та економічна безпека*, 3(18), 295–301. doi: <https://doi.org/10.32782/dees.18-45>

85. Черненко, Н. (2022). Штучний інтелект в управлінні персоналом. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, 12, 76–83. doi: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.11>

86. Руденко, В. О., Другова, О. С., & Бріль, М. С. (2025). Діджитал-компетентність персоналу як фактор цифрової ефективності підприємства. *Трансформаційна економіка*, 2(11), 100–106. doi: <https://doi.org/10.32782/2786-8141/2025-11-16>

87. Зелінська Г.О. (2025). Вплив людських ресурсів на управління бізнес-процесами в умовах цифрової трансформації підприємства. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (серія «Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості»)*, 1 (31), 90-98. doi: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-1\(31\)-90-98](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-1(31)-90-98)

88. Mykhailyshyn, K., Polyanska, A., Psyuk, V., & Antoniuk, O. (2024). How to achieve the energy transition taking into account the efficiency of energy resources consumption. *E3S Web of Conferences*, 567, 01026. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456701026>

89. Hafez, F. S., Sa'di, B., Safa-Gamal, M., Taufiq-Yap, Y. H., Alrifayy, M., Seyedmahmoudian, M., Stojcevski, A., Horan, B., & Mekhilef, S. (2023). Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects, Recommendations, and Pathways for Future Research. *Energy Strategy Reviews*, 45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.101013>

90. Wang, N., & Adeli, H. (2014). Sustainable building design. *Journal of Civil Engineering and Management*, 20(1), 1–10. doi: <https://doi.org/10.3846/13923730.2013.871330>

91. Kusi, E., Boateng, I., & Danso, H. (2025). Energy consumption and carbon emission of conventional and green buildings using building information modelling (BIM). *International Journal of Building Pathology and Adaptation*, 43(4), 826-854. doi: <https://doi.org/10.1108/IJBPA-09-2023-0127>

92. Shahee, A., Abdoos, M., Aslani, A. et al. (2024). Reducing the energy consumption of buildings by implementing insulation scenarios and using renewable energies. *Energy Inform* 7, 18. doi: <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00311-9>

93. European Commission, Directorate-General for Energy. (2021). *Renewable space heating under the revised Renewable Energy Directive (ENER/C1/2018-494)*. Publications Office of the European Union. doi: <https://doi.org/10.2833/525486>

94. Волощук, В. А., & Грицина, О. О. (2016). Стічні води як джерело енергії у системах теплозабезпечення нового покоління. *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*, 19, 63–70.

95. Nagpal, H., Spriet, J., Murali, M.K., McNabola, A. (2021). Heat Recovery from Wastewater – A Review of Available Resource. *Water*, 13, 1274. doi: <https://doi.org/10.3390/w13091274>

96. Łokietek, T., Tuchowski, W., Leciej-Pirczewska, D., Głowacka, A. (2023). Heat Recovery from a Wastewater Treatment Process – Case Study. *Energies*, 16, 44. doi: <https://doi.org/10.3390/en16010044>

97. International Energy Agency. (2022). *Energy efficiency 2022*. Paris: IEA. 165 p. Retrieved from <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7741739e-8e7f-4afa-a77f-49dadd51cb52/EnergyEfficiency2022.pdf>

98. Hadengue, B., Joshi, P., Figueroa, A., Larsen, T. A., & Blumensaat, F. (2021). In-building heat recovery mitigates adverse temperature effects on biological wastewater treatment: A network-scale analysis of thermal-hydraulics in sewers. *Water Research*, 204, 117552. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117552>

99. Eawag. (2021). *Reusing shower water*. Retrieved from <https://www.eawag.ch/en/info/portal/news/news-detail/reusing-shower-water/>

100. SIAAP. (2017). *Sustainable development strategy (STRAT-DD)*. Retrieved from https://www.siaap.fr/fileadmin/user_upload/Siaap/1_Le_SIAAP/SIAAP_en_anglais/SIAAP-STRAT-DD_EXE-GB.pdf

101. City of Amsterdam. (2020). *Renewable energy policy*. Retrieved from <https://www.amsterdam.nl/en/policy/sustainability/renewable-energy/>

102. Tokyo Metropolitan Government. (2023). *Tokyo sustainability action 2023*. Retrieved from https://gold.uclg.org/sites/default/files/uploaded/tokyo_2023.pdf

103. Liu, Z., Ma, L., Zhang, J. (2014). Application of a heat pump system using untreated urban sewage as a heat source. *Applied Thermal Engineering*, 62, 747-757. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2013.08.028>

104. Sievers, J., Londong, J., Stübler, A., Bestenlehner, D., Drück, H., Schönfelder, W. (2014). Heat recovery potential of domestic grey water in the pilot project Jenfelder Au in Hamburg. In *Proceedings of the 17th International EWA Symposium "WatEnergyResources-Water, Energy and Resources: Innovative Options and Sustainable Solutions"*, Munich, Germany, 5-9 May 2014.

105. Галюк І. Б., Єжак Ф. Ф. (2026). Управління енергоефективністю житлових будівель у контексті сталого розвитку. *Актуальні питання економічних наук*, 20. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18624838>

106. Savchenko, O., Kozak, K., Zhelykh, V., Al-Hafith, O., Alencastro, J., Oladinrin, O., & Akinbami, A. (2025). Public priorities for the post-war reconstruction of Ukraine's energy sector. *Energy Engineering and Control Systems*, 11(2), 115–123. doi: <https://doi.org/10.23939/jeeecs2025.02.115>

107. Vlasenko, V. M., & Martynov, V. L. (2021). Principles of formation of energy efficient residential buildings. *East European Scientific Journal*, 2(10(74)). doi: <https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.1>

108. Polyanska, A., Mykytiuk O. Sustainable development and preservation of the environment in a smart city: from the point of view of consumers. Smart machines and systems at the service of mankind: Abstracts of the 12th Annual Entrepreneurship and Innovation Conference (Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences, Ülemiste City, October 10, 2024), 2024, P.19. URL: <https://conference.euas.eu/2024/wp-content/uploads/2024/10/ConferenceProceedings2024-1.pdf>

109. Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, 142, 435–444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

110. European Commission. (2024). *Energy performance of buildings directive*. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

111. Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast). (2024). *Official Journal of the European Union*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2024/1275/oj/eng>

112. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2118-19>

113. International Energy Agency. (2023). *Buildings*. Retrieved from <https://www.iea.org/energy-system/buildings>

114. Перевозова І.В. (2025). Управлінські та маркетингові моделі енергоефективної модернізації житла у повоєнному відновленні України: портфель програм, КРІ та контроль результатів. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*, 45, 757-764. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18407715>

115. Комеліна О. В., Щербініна С. А. Сучасні проблеми забезпечення енергоефективності житлового будівництва в Україні. *Проблеми економіки*, (3), 108–114. https://www.problecon.com/export_pdf/problems-of-economy-2014-3_0-pages-108_114.pdf

116. Ukraine-OSS. (2023). *Енергоефективність може підвищити вартість нерухомості на 10–25%*. <https://ukraine-oss.com/energoefektyvnist-mozhe-pidvyshhyty-vartist-neruhomosti-na-10-25/>

117. Гарасимчук, І. Д., Панцир, Ю. І., Оленюк, О. А., & Печенюк, А. В. (2025). Сучасні виклики та перспективи підвищення енергоефективності будівель і споруд в Україні. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (1(46)), 228–235. doi: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-1.33>

118. Полянська А.С., Микитюк О.Р. Сучасні методи оцінки енергоефективності житлових будинків: вітчизняна та європейська практика. Збірник тез Міжнародного форуму «Нафтогазова енергетика» (Івано-Франківськ, 30 жовтня – 1 листопада 2025 р.), 243-246. URI: <https://repo.nung.edu.ua/handle/123456789/11848>

119. Полянська А., Микитюк О., Михайлишин Х. (2026). Управління енергоефективністю через призму системного підходу. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління", 37 (76) 1, 85-91. doi: <https://doi.org/10.32782/2523-4803/76-1-14>

120. Димченко О. В., Смачило В. В., Рудаченко О. О., Хайло Я. М. Регіональна кластеризація з урахуванням підприємств життєзабезпечення міст. Бізнес Інформ. 2023. №4. С. 41–46. doi: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2023-4-41-46>

121. Димченко О. В., Смачило В. В., Рудаченко О. О., Прасол В. М. Управління стратегічним розвитком підприємств життєзабезпечення міст // Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія: "Економічні науки". 2023. №3. doi: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2023-3-8690> .

122. Микитюк О.Р., Полянська А.С. Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері. The process and dynamics of the scientific path : матеріали VI міжнародної науково-теоретичної конференції (Афіни, Грецька Республіка, 5 липня 2024 р.)/ Athens : International Center of Scientific Research, 2024. С. 35-33. doi: <https://doi.org/10.36074/scientia-05.07.2024>

123. Зелінська Г.О., Цап'юк Н. (202). Зелена економіка: залучення фінансових інструментів у період післявоєнного відновлення України з врахуванням поведінкових чинників. “Національні інтереси України”: науково-практичний журнал, 2(19), 1203-1213. [https://doi.org/10.52058/3041-1793-2026-2\(19\)-1203-1213](https://doi.org/10.52058/3041-1793-2026-2(19)-1203-1213) .

124. Микитюк, О. Р. (2026). Актуальність сценарного підходу до залучення стейкхолдерів в управлінні енергоефективністю житлових будівель. У *Технології, інструменти та стратегії реалізації наукових досліджень: збірник наукових праць за матеріалами XI Міжнародної наукової конференції* (с. 36–40). Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп». doi: <https://doi.org/10.62731/mcnd-06.02.2026.001>

125. Державна служба статистики України. (2021). *Житловий фонд України (1995–2021)*. https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/zf/zf/zf_95_20_ue.xls

126. International Finance Corporation. (2020). *Assessment of multifamily building management in Ukraine*. Retrieved from https://upravbud.info/content/uploads/2020/12/mbm_report_2020_eng.pdf

127. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. (2016). *ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель*. https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dbn_v.2.6-31_2016.pdf

128. United Nations Economic Commission for Europe. (2013). *Country profile on housing and land management: Ukraine*. Retrieved from https://unece.org/DAM/hlm/documents/Publications/CP_Ukraine_ECE.HPB.176.en.pdf

129. Біловський, О. (2012). *Державна житлова політика України: проблеми соціально-економічної ефективності*. Київ: Національний інститут стратегічних досліджень. https://niss.gov.ua/sites/default/files/2012-10/1016_dop-2ae1c.pdf

130. RDNA5. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022026094036395/pdf/P514499-22f93f3a-4278-42bc-b907-db9553d12069.pdf>

131. Hu, Z. L., Ma, L. L., & Wu, H. (2023). Hazard evaluation framework for large yield explosions in urban environments: A case study of Beirut explosion.

Process Safety and Environmental Protection, 179, 677–690. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.09.057>

132. World Bank Group, European Union, & United Nations. (2020). *Beirut rapid damage and needs assessment*. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/650091598854062180/Beirut-Rapid-Damage-and-Needs-Assessment.pdf>

133. Antonenko, V., & Levinska, S. (2019). Biomass consumption in residential sector of Ukraine in 2007–2016. *E3S Web of Conferences*, 112, 02006. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201911202006>

134. Energy Community Secretariat. (2025). *Ukraine implementation report under the Energy Community Treaty*. Retrieved from https://www.energy-community.org/dam/jcr%3Abf9d6221-9290-42a8-9c55-f2f4d82a2b5d/Ukraine_IR25CP.pdf

135. Cabinet of Ministers of Ukraine. (2024). *National energy and climate plan of Ukraine 2025–2030*. Retrieved from https://www.energy-community.org/dam/jcr%3A9d144283-08ed-410b-a670-7fd15c7782f2/1_NECP_EnMachineTranslation.pdf

136. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. (2014). *Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року*. <https://saee.gov.ua/static-objects/saee/sites/1/Files/english-version-of-portal/docs/documents/npdee-eng.pdf>

137. Instrat Foundation, WISE Europa. (2022). *Зелена відбудова України* [Green reconstruction of Ukraine]. https://wise-europa.eu/wp-content/uploads/2024/05/Zielona-odbudowa_UA.pdf

138. Міжнародний фонд «Відродження». (2025). *Покроковий план енергоефективної відбудови в Україні*. <https://www.irf.ua/en/pokrokovyj-plan-energoefektyvnoyi-vidbudovy-v-ukrayini/>

139. VoxUkraine. (2021). *Energy efficiency of residential buildings: There are successes, but they are few*. Retrieved from <https://voxukraine.org/en/energy-efficiency-of-residential-buildings-there-are-successes-but-they-are-few>

140. Terekhov, Y. (2025). Current decarbonization technologies in Ukrainian cities in the energy production and consumption sector using solar energy. *2025 IEEE International Workshop on Metrology for Living Environment (MetroLivEnv)*. <https://doi.org/10.1109/METROLIVENV64961.2025.11107025>

141. Українська енергетика. (2024, 18 березня). *Комплексна термомодернізація житла: великі плани в період безгрошів'я*. <https://ua-energy.org/uk/posts/kompleksna-termomodernizatsiia-zhytla-velyki-plany-u-period-bezhroshivia>

142. Українська асоціація девелоперів. (2026). *Енергоефективність будівель в Україні: 85% житлового фонду потребує модернізації*. <https://www.ua-developers.com.ua/posts/energoefektivnist-budivel-v-ukrayini-85-zhitlovogo-fondu-potrebuie-modernizaciyi>

143. World Bank. (2019). *Challenges and options for reforming the social safety net system in Ukraine: A reform proposal developed as part of technical assistance*. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/493131559552778851/txt/Challenges-and-Options-for-Reforming-the-SSN-System-in-Ukraine-A-Reform-Proposal-Developed-as-Part-of-Technical-Assistance.txt>

144. World Bank Group. (2026). *Ukraine: Public expenditure review for recovery and reconstruction*. Retrieved from <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099022026094036395/pdf/P514499-22f93f3a-4278-42bc-b907-db9553d12069.pdf>

145. International Monetary Fund. (2025). *Ukraine: Eighth review under the Extended Arrangement under the Extended Fund Facility, requests for modification of performance criteria, rephasing of access, and financing assurances review*. Retrieved from <https://www.imf.org/en/-/media/files/publications/cr/2025/english/1ukrea2025002-print-pdf.pdf>

146. International Institute for Sustainable Development. (2019). *Інвентаризація субсидій на викопне паливо в Україні*. https://www.iisd.org/sites/default/files/gsi/ffs_ukraine_draftinventory_ukr.pdf

147. Щербініна, С. А., & Шевченко, О. М. (2022). Фінансові інструменти забезпечення енергоефективності житлового сектора України. *Економічний простір*, (177), 20–24. doi: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/177-3>

148. Щодо встановлення єдиних цін на природний газ і тарифів на електроенергію для населення та підприємств комунальної теплоенергетики : Лист; НКРЕ від 21.11.2006 № 6114/14/17-06 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/vl611227-06>

149. KT-Energy LLC. (2020). *Improving the performance of district heating systems in Central and Eastern Europe: District heating in Ukraine* (KeepWarm project, Horizon 2020, Project No. 784966). Retrieved from https://keepwarmeurope.eu/fileadmin/user_upload/country-pages/Ukraine/KeepWarm_DH_in_Ukraine.pdf

150. Портал Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва. (2024). *ЄДЕССБ: ключові дані за перший квартал 2024 року*. <https://e-construction.gov.ua/edessb-kljuchovi-dani-za-pershi-kvartal-2024-roku>

151. Програма розвитку ООН. (2026). *59% українців користуються державними е-послугами*. <https://www.undp.org/uk/ukraine/press-releases/59-ukrayintsiv-korystuyutsya-derzhavnymy-e-posluhamy-doslidzhennya-proon>

152. International Energy Agency. (2025). *Policy options to accelerate distributed solar PV in Ukraine*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/policy-options-to-accelerate-distributed-solar-pv-in-ukraine>

153. Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки : Постанова Кабінету Міністрів України; Стратегія від 05.08.2020 № 695 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/695-2020-%D0%BF>

154. World Economic Forum. (2016). *How to build smart, zero carbon buildings*. Retrieved from <https://www.weforum.org/agenda/2016/03/how-to-build-smart-zero-carbon-buildings/>

155. Полянська, А. С., Микитюк, Н. Є., & Микитюк, О. О. (2023). Концептуальні засади розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості)*, 2(28), 117–132. doi: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2023-2\(28\)-117-132](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2023-2(28)-117-132)

156. Deloitte Center for Energy Solutions. (2013). *Getting smart grid customers plugged in: Motivating change through mobile and social technology*. Retrieved from <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Energy-and-Resources/dttl-er-gettingsmartgrid-08082013.pdf>

157. Сімонова Л. Следзь С. Без панорамних вікон, але з міцнішими дверима: експерти спрогнозували, яким будинкам віддаватимуть перевагу українці після війни. URL: <https://zn.ua/ukr/economics/bez-panoramnikh-vikon-ale-z-mitsnishimi-dverima-eksperti-sprohnozuvali-jakim-budinkam-viddavativut-perevahu-ukrajintsi-pislja-vijni.html>

158. M2Bomber. (2026). *Ціни на нерухомість Івано-Франківськ*. <https://ua.m2bomber.com/stat/2362670/view/ivano-frankivsk>

159. Національний банк України. (2023). *НБУ встановив облікову ставку на рівні 16% та водночас залишив незмінними процентні ставки за своїми операціями з банками*. <https://bank.gov.ua/ua/news/all/nbu-vstanoviv-oblikovu-stavku-na-rivni-16-ta-vodnochas-zalishiv-nezminnimi-protsentni-stavki-za-svoyimi-operatsiyami-z-bankam>

160. Vochko O. Y., Kosar N. S., Kuzo N. Y., Fihun N. V. (2023). Real estate market in Ukraine: trends of development and challenges. *Академічний огляд*, 2 (59), 190-201. <https://doi.org/10.32342/2074-5354-2023-2-59-13>

161. AIM. (2022). *Тенденції будівельного ринку під час війни*. <https://aimarketing.info/uk/blog/business-analytics/tendentsiyi-budivelnogo-rynku-pid-chas-viiny>

162. Forbes Ukraine. (2023). *Французька Saint-Gobain почала будувати завод сухих будівельних сумішей на Івано-Франківщині*.

<https://forbes.ua/news/frantsuzka-saint-gobain-pochala-buduvati-zavod-sukhikh-budivelnikh-sumishey-na-ivano-frankivshchini-29092023-16341>

163. Український центр сталевих будівництва. (2023). *Відродження будівельної галузі в умовах війни*. <https://uscc.ua/news/vidrodzenna-budivelnoi-galuzi-v-umovah-vijni>

164. Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V., & Varun. (2011). *Life cycle assessment of buildings: A review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 871–875. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.008>

165. Sovacool, B. K., & Dworkin, M. H. (2015). *Energy justice: Conceptual insights and practical applications*. *Applied Energy*, 142, 435–444. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

166. Polyanska, A., Mykytiuk O. Justification of the management aspect of energy efficiency in the residential field on the basis of sustainable development. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 130-річчю С.Сейфулліна, (м. Астана, 10 жовтня 2024 р.) Астана: Казахський агротехнічний дослідницький університет ім. С.Сейфулліна, 2024. С.108-110. URL:

<https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D0%A7-20/Polyanska.pdf>

167. Фетісов, В. С. (2018). *Пакет статистичного аналізу даних STATISTICA: навчальний посібник*. Ніжин: НДУ імені М. Гоголя.

168. Єріна, А. М., & Єрін, Д. Л. (2014). *Статистичне моделювання та прогнозування: навчальний посібник*. Київ: КНЕУ.

169. World Economic Forum. (2021). *How to build zero carbon buildings*. Retrieved from <https://www.weforum.org/stories/2021/09/how-to-build-zero-carbon-buildings/>

170. Treehugger. (2017). *PassivDom: Passive tiny 3D-printed carbon-fiber autonomous solar-powered marvel*. Retrieved from <https://www.treehugger.com/passivdom-passive-tiny-d-printed-carbon-fiber-autonomous-solar-powered-marvel-4856809>

171. KRN. (2021). *Recykling materiałów budowlanych – na czym polega i jak wygląda w Polsce*. Retrieved from <https://www.krn.pl/artykul/recyklingmaterialow-budowlanych-na-czym-polega-i-jak-wyglada-w-polsce,3526>

172. Anguelovski, I., Connolly, J. J. T., Masip, L., & Pearsall, H. (2018). Assessing green gentrification in historically disenfranchised neighborhoods: A longitudinal and spatial analysis of Barcelona. *Urban Geography*, 39(3), 458–491. doi: <https://doi.org/10.1080/02723638.2017.1349987>

173. CNET. (2023). *I calculated exactly how much money smart thermostats save us*. Retrieved from <https://www.cnet.com/home/smart-home/i-calculated-exactly-how-much-money-smart-thermostats-save-us/>

174. Martirano, L. (2011). A smart lighting control to save energy. *Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems (IDAACS)*, 132–138. doi: <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2011.6072726>

175. Yun, G. Y., Jung, H., & Kim, J. T. (2013). Energy-saving potential of LED lighting systems. *Indoor and Built Environment*, 22(1), 235–241. doi: <https://doi.org/10.1177/1420326X12470298>

176. Полянська, А., & Микитюк, О. (2025). Адаптивна модель виробничої безпеки в системі ситуаційного управління. *Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу (серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості)*, (2(32)), 21–38. doi: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2\(32\)-21-38](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2(32)-21-38)

177. Polyanska, A., Mychajlyshyn K., Psiuk V., Mykytiuk O. Artificial intelligence implication in ensuring efficient use of limited resources. *Smart Machines and Technologies at the Service of Mankind: Monograph / Gen. edit. Olha Prokopenko, Kristjan Välk, Anne Neroda, Tallinn: Teadmus OÜ, 2024, PP. 56-70.*

178. Про затвердження Державної цільової економічної програми підтримки термомодернізації будівель до 2030 року. Розпорядження від 14 липня 2025 р. № 694-р <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/694-2025-%D1%80#Text>

179. Деякі питання запровадження вимог до будівель з близьким до нульового рівнем споживання енергії. Наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 06.02.2025. № 168
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0284-25#Text>

180. Концепція Державної цільової економічної програми підтримки термомодернізації будівель до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2023 р. № 1228-р. Вилучено
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1228-2023-%D1%80#Tex>

181. Success Stories. Ukraine Investment Framework.
<https://www.uif.eu/success-stories.html>

182. Хринюк, О. С., & Дергалюк, М. О. (2017). Генезис наукової думки щодо поняття «організаційно-економічний механізм». *Економічний вісник Національного технічного університету України «КПІ»*, (14), 267–274. doi: <https://doi.org/10.20535/2307-5651.14.2017.108769>

183. Подольчак, Н. Ю., Пушак, Я. Я., & Ворона, П. В. (ред.). (2017). *Публічне адміністрування та економічна безпека в умовах європейської інтеграції: монографія*. Львів: Ліга-Прес.

184. Виклики війни: як спростити управління багатоквартирним будинком. (2022). *UA-Energy*. <https://ua-energy.org/uk/posts/vyklyky-viiny-iak-sprostyty-upravlinnia-bahatokvartyrnym-budynkom>

185. World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2024). *Ukraine third rapid damage and needs assessment (RDNA3), February 2022 – December 2023*. Retrieved from <https://documents.worldbank.org/curated/en/099021324115085807/pdf/UKRAINE-RDNA3-UKRAINIAN.pdf>

186. Sigfrids, A., Leikas, J., Salo-Pöntinen, H., & Koskimies, E. (2023). Human-centricity in AI governance: A systemic approach. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6, 976887. doi: <https://doi.org/10.3389/frai.2023.976887>

187. Cozza, S., Chambers, J., & Patel, M. K. (2020). Measuring the thermal energy performance gap of labelled residential buildings in Switzerland. *Energy Policy*, 137, 111085. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111085>

188. Corrado, V., Ballarini, I., Paduos, S., & Primo, E. (2016, July 11–14). The rebound effect after the energy refurbishment of residential buildings towards high performances. In J. Braun & J. Mitchell (Eds.), *Proceedings of the International High Performance Buildings Conference at Purdue 2016*. Purdue University. Retrieved from

<https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?filename=0&article=1179&context=ihpbc&type=additional>

189. Ahl, A., Accawi, G., Hudey, B., Lapsa, M., & Nichols, T. (2019). Occupant Behavior for Energy Conservation in Commercial Buildings: Lessons Learned from Competition at the Oak Ridge National Laboratory. *Sustainability*, 11(12), 3297. doi: <https://doi.org/10.3390/su11123297>

190. Власенко, Т., Котельникова, Ю., Городецька, Т., & Помогалова, Н. (2023). Залучення стейкхолдерів для успішного управління проектом. *Modeling the development of the economic systems*, (3), 8–13. doi: <https://doi.org/10.31891/mdes/2023-9-1>

191. International Association for Public Participation. (2018). *IAP2 spectrum of public participation*. Retrieved from https://cdn.ymaws.com/www.iap2.org/resource/resmgr/pillars/spectrum_8.5x11_print.pdf

192. Heuninckx, S., Khalid, R., Kola-Bezka, M., Quast, P., & Wood, N. (2024). *Towards inclusive energy communities in Arnhem*. Zenodo. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14763261>

193. Полянська, А. С. (2013). Актуальність ситуаційних теорій керівництва в управлінні розвитком підприємств нафтогазового комплексу. *Науковий вісник ІФНТУНГ*, (1(34)), 209–216.

194. Полянська, А. С. & Микитюк, О. Р. (2025). Адаптивна модель виробничої безпеки в системі ситуаційного управління. *Науковий вісник*

ІФНТУНГ. Серія: економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості, 2(32), 21-38. doi: 10.31471/2409-0948-2025-2(32)-21-38

195. Directive (EU) 2023/1791 of the European Parliament and of the Council of 13 September 2023 on energy efficiency and amending Regulation (EU) 2023/955 (recast). (2023). *Official Journal of the European Union*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/1791/oj/eng>

196. Directive (EU) 2024/1275 of the European Parliament and of the Council of 24 April 2024 on the energy performance of buildings (recast). (2024). *Official Journal of the European Union*. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32024L1275>

197. Directive 92/57/EEC of 24 June 1992 on the implementation of minimum safety and health requirements at temporary or mobile construction sites (eighth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). (1992). *European Agency for Safety and Health at Work*. Retrieved from <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/15>

198. International Organization for Standardization. (2018). *ISO 50001:2018 Energy management systems - Requirements with guidance for use*. <https://www.iso.org/standard/69426.html>

199. ENTSO-E. (n.d.). *European resource adequacy assessment (ERAA)*. Retrieved from <https://www.entsoe.eu/eraa/>

200. ESMAP (World Bank Group). (n.d.). *Renovation wave: Guidance for local and regional authorities*. Retrieved from https://rise.esmap.org/sites/default/files/library/austria/Renewable%20Energy/Austria_page17_Renovation%20wave_full%20study.pdf

201. Ansoff, H. I. (1975). Managing strategic surprise by response to weak signals. *California Management Review*, 18(2), 21–33. doi: <https://doi.org/10.2307/41164635>

202. Reason, J. (2000). Human error: models and management. *BMJ*, 320(7237), 768–770. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.320.7237.768>

203. Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2015). *Managing the unexpected: Sustained performance in a complex world* (3rd ed.). John Wiley & Sons.

204. Leveson, N. G. (2012). *Engineering a safer world: Systems thinking applied to safety*. MIT Press. Retrieved from <https://my.eng.utah.edu/~cs5785/slides-f10/safer-world-draft.pdf>

205. Дубина, М. В., & Забаштанський, М. М. (2023). Організаційно-економічний інструментарій розвитку житлового фонду в Україні. *Економіка та суспільство*, (54). doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-54-21>

206. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. (2016, 2 липня). *Сергій Савчук: Використання ЕСКО-механізму для термомодернізації бюджетних установ – подвійна вигода для місцевих бюджетів*. <https://sace.gov.ua/news/sergii-savcuk-vikoristannia-esko-mexanizmu-dlia-termomodernizaciyi-biudzetnix-ustanov-podviina-vigoda-dlia-miscevix-biudzetiv>

207. Вишняк, І. О. (2015). ЕСКО як дієвий спосіб підвищення енергоефективності в житлово-комунальному господарстві. *Інвестиції: практика та досвід*, (7), 31–34. http://www.investplan.com.ua/pdf/7_2015/31.pdf

208. Манжул, І. (2020). Державно-приватне партнерство в енергетичній галузі. *Юридичний вісник*, (4), 51–57. doi: <https://doi.org/10.32837/yuv.v0i4.1971>

209. Карнаушенко, А. С. (2024). Розвиток ринку зелених облігацій у контексті глобальної стратегії сталого розвитку та переходу до циркулярної економіки. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, (16). doi: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2024-16-06-01>

210. Зелінська Г.О, Цап'юк Н. Зелена економіка: залучення фінансових інструментів у період післявоєнного відновлення України з врахуванням поведінкових чинників. *Національні інтереси України: науково-практичний журнал*. 2026. № 2(19) 2026. С 1203-1213. [https://doi.org/10.52058/3041-1793-2026-2\(19\)-1203-1213](https://doi.org/10.52058/3041-1793-2026-2(19)-1203-1213) .

211. Petrescu, D., Cermeño, H., Keller, C., Moujan, C., Belfield, A., Koch, F., Goff, D., Schalk, M., & Bernhardt, F. (2022). Sharing and space-commoning

knowledge through urban living labs across different European cities. *Urban Planning*, 7(3), 254–273. doi: <https://doi.org/10.17645/up.v7i3.5402>

212. Hersey, P., & Blanchard, K. H. (2013). *Management of organizational behavior: Leading human resources* (10th ed.). Dewey E. Johnson.

213. European Commission. (n.d.). *Energy performance of buildings directive*. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings/energy-performance-buildings-directive_en

214. European Commission. (2025). *Supporting consumers through renovation: The growing role of one-stop shops*. Retrieved from <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/articles/supporting-consumers-through-renovation-growing-role-one-stop-shops>

215. European Commission. (n.d.). *Energy efficiency directive*. Retrieved from https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets-directive-and-rules/energy-efficiency-directive_en

216. Buildings Performance Institute Europe. (2021). *Underpinning the role of one-stop shops in the EU renovation wave: First lessons learned*. Retrieved from https://www.bpie.eu/wp-content/uploads/2021/11/Turnkey-Retrofit-report_OneStopShops_RenovationWave_Final.pdf

217. European Investment Bank. (2024). *ELENA technical assistance: Grant support to prepare sustainable investments*. Retrieved from https://www.eib.org/files/publications/20240007_elena_technical_assistance_en.pdf

218. European Commission. (n.d.). *ETS2: Buildings, road transport and additional sectors*. Retrieved from https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/ets2-buildings-road-transport-and-additional-sectors_en

219. European Commission. (n.d.). *EU taxonomy for sustainable activities*. Retrieved from https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en

220. Polyanska, A., Mykytiuk O. Potential and results of sustainable residential heat supply using wastewater heat recovery. *International Scientific Journal*

“Internauka”. Series: “Economic Sciences”. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-10>

221. Freeman, R. E., Dmytriiev, S. D., & Phillips, R. A. (2021). Stakeholder Theory and the Resource-Based View of the Firm. *Journal of Management*, 47(7), 1757-1770. doi: <https://doi.org/10.1177/0149206321993576>

222. Garrido-Yserte, R., & Gallo-Rivera, M.-T. (2020). The potential role of stakeholders in the energy efficiency of higher education institutions. *Sustainability*, 12(21), 8908. doi: <https://doi.org/10.3390/su12218908>

223. Macharis, C., De Witte, A., & Ampe, J. (2009). The multi-actor, multi-criteria analysis methodology (MAMCA) for the evaluation of transport projects: Theory and practice. *Journal of Advanced Transportation*, 43(2), 183–202. doi: <https://doi.org/10.1002/atr.5670430206>

224. del Río, P. (2014). On evaluating success in complex policy mixes: The case of renewable energy support schemes. *Policy Sciences*, 47(3), 267–287. doi: <https://doi.org/10.1007/s11077-013-9189-7>

225. Bourne, L., & Walker, D. H. (2005). Visualizing and Mapping Stakeholder Influence. *Management Decision*, 43, 649-660. doi: <https://doi.org/10.1108/00251740510597680>

226. International Monetary Fund. (2023). *Ukraine: Staff report for the 2023 Article IV consultation, second review under the extended arrangement under the extended fund facility*. doi: <https://doi.org/10.5089/9798400269736.002>

227. Heuninckx, S., Macharis, C., te Boveldt, G., Lode, M. L., & Coosemans, T. (2024). The impact of MAMCA as a stakeholder engagement tool during the setup of an energy community. *Heliyon*, 10(1), e23068 doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23068>

228. Mollo, L. G., & Chomey, T. (2025). An Analysis of Barriers to the Implementation of Energy-Efficient Technologies in Residential Buildings: A Quantitative Approach. *Buildings*, 15(19), 3520. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings15193520>

229. Kiva, O. (2009). *Energy efficiency in the residential sector in Ukraine: Achieving the potential* (Master's thesis). Lund University. Retrieved from <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=1512566&fileOid=1512571>
230. Alanne, K., & Sierla, S. (2022). An overview of machine learning applications for smart buildings. *Sustainable Cities and Society*, 76, 103445. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103445>
231. Shukkoor, S. A. (2025). Human-AI collaboration in decision-making. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 15(1), 2434–2440. doi: <https://doi.org/10.30574/wjaets.2025.15.1.0498>
232. Li, H., & Tian, F. (2025). Advancing decision-making through AI-human collaboration: A systematic review and conceptual framework. *Research Square*. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6885768/v1>
233. Chen, X., Wang, X., & Qu, Y. (2023). Constructing ethical AI based on the “Human-in-the-Loop” system. *Systems*, 11(11), 548. doi: <https://doi.org/10.3390/systems11110548>
234. Перевозова, І.В. Цифрове управління та сервіс-дизайн енергоефективності: smart-облік, цифрові платформи взаємодії, клієнтський досвід і маркетинг «послуг економії». *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2025. Випуск 44. С. 714-721. <https://doi.org/10.5281/zenodo.18407643>
235. Ahmad, T., Zhang, D., Huang, C., Zhang, H., Dai, N., Song, Y., & Chen, H. (2021). Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status quo, challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125834. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125834>
236. Bajzek, M., Krems, D., Faustmann, C., Maletz, M., Kollegger, S., Kranabitzl, P., & Hick, H. (2023). Descriptive functions and the role of artificial intelligence. *INCOSE International Symposium*, 33(1), 1722–1737. doi: <https://doi.org/10.1002/iis2.13109>

237. Орехов, Д. (2024). Застосування штучного інтелекту в управлінні сучасним підприємством. *Економіка та суспільство*, (64). doi: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-143>

238. Melnyk, M., & Budiaiev, M. (2025, March 28). The role of artificial intelligence in transforming business processes in innovative entrepreneurship. In *Інноваційне підприємництво: стан та перспективи розвитку: збірник матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції* (pp. 810–813). КНЕУ.

239. Ma, Z., & Jørgensen, B. N. (2018). A discussion of building automation and stakeholder engagement for the readiness of energy flexible buildings. *Energy Informatics*, 1(1), 54. doi: <https://doi.org/10.1186/s42162-018-0061-z>

240. Полянська, А.С., Микитюк, О.Р. Передумови та потенціал використання штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житловими будівлями. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*. 2026. Випуск 1 (84), С. 624-630. doi: <https://doi.org/10.32782/business-navigator.84-95>

241. World Bank, Government of Ukraine, European Union, & United Nations. (2024). *Ukraine: Third rapid damage and needs assessment (RDNA3), February 2022 – December 2023*. Retrieved from <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/099021324115085807>

242. Кабінет Міністрів України. (n.d.). *План відновлення України*. <https://recovery.gov.ua/>

243. Williams, B., Bishop, D., Gallardo, P., & Chase, J. G. (2023). Demand side management in industrial, commercial, and residential sectors: A review of constraints and considerations. *Energies*, 16(13), 5155. doi: <https://doi.org/10.3390/en16135155>

244. Львівська міська рада. (n.d.). *Портал відкритих даних Львова*. <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/>

245. Фіртка. (2024). *Це вигідно для мешканців: скільки об'єднань співвласників багатоквартирних будинків функціонує в Івано-Франківську*.

<https://firtka.if.ua/blog/view/tse-vigidno-dlia-meshkantsiv-skilki-obiednani-spivvlasnikiv-bagatokvartirnikh-budinkiv-funktsionuie-v-ivano-frankivsku>

246. Про ОСББ. (2020). *Кожний п'ятий будинок в Івано-Франківську - це ОСББ*. <https://proosbb.info/node/496>

247. Про внесення змін до деяких законів України щодо спрощення управління багатоквартирними будинками : Закон України від 14.07.2023 № 3270-IX // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3270-20>

248. Портал відкритих даних Львова. URL: <https://opendata.city-adm.lviv.ua/dataset/>

249. Бочко, О., Косар, Н., Кузьо, Н., Білик, І., Демко, М., & Савченко, Ю. (2025). Дослідження факторів впливу на житлове будівництво в післявоєнний період з урахуванням аспектів сталого розвитку. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*, 2(61), 231–241. <https://doi.org/10.55643/fcaptp.2.61.2025.4691>

250. Державна установа «Фонд енергоефективності». (2025,). *Розширений опис заходів з енергоефективності та їхні граничні питомі вартості (додаток 1 до Порядку дії)*. <https://eefund.org.ua/wp-content/uploads/2025/08/rozshyrenyj-opys-zahodiv-z-energoefektyvnosti-ta-yihni-granychni-pytomi-vartosti-dodatok-1-do-poryadku-dij-vid-21.08.2025.pdf>

251. Укргазбанк. (n.d.). *Програма «Енергодім» для ОСББ*. https://www.ukrgasbank.com/small_bussiness/credit/osbb/energodim

252. Національний банк України. (2026). *Коментар Національного банку щодо рівня інфляції в січні 2026 року*. <https://bank.gov.ua/en/news/all/komentar-natsionalnogo-banku-schodo-rivnya-inflyatsiyi-v-sichni-2026-roku>

253. Кабінет Міністрів України. (2026). *«Доступні кредити 5-7-9%»: щотижнева статистика*. <https://www.kmu.gov.ua/news/dostupni-kredyty-5-7-9-shchotyzhneva-statystyka17022026>

ДОДАТОК А

Таблиця 1 Ціни на джерела енергії (2013-2025), грн/кВт·год

Рік	Електроенергія, грн/кВт·год	Газ, грн/кВт·год	Тепломережа (ІФ), грн/кВт·год
2013	0,2802	0,0688	–
2014	0,2967	0,0947	–
2015	0,3819	0,5388	–
2016	0,5993	0,6617	–
2017	0,8699	0,6520	–
2018	0,9000	0,6520	–
2019	0,9000	0,6520	–
2020	0,9000	0,6554	1,4483
2021	1,6800	0,7545	1,4483
2022	1,6800	0,7545	1,4483
2023	2,2428	0,7545	1,4483
2024	3,6223	0,7545	1,4483
2025	4,3200	0,7545	1,4483

Примітка по тепломережі: для Івано-Франківська в публічному джерелі зафіксований тариф 1684.32 грн/Гкал (діє з 08-12-2020), тому для 2013–2019 «–».

Джерело: <https://dom.ria.com/uk/kalkulyatory-zkh/tarify-na-teplo/ivano-frankovsk/>

Теплова енергія (тепломережа), 2013–2019

Рік	Тариф, грн/Гкал	Статус тарифу	грн/кВт·год (без перерахунку ПДВ)	грн/кВт·год (якщо додати 20% там, де “без податку”)
2013	281,66	імовірно вже “кінцевий” (вторинне зведене джерело)	0,242	0,242
2014	306,27	тариф без податку, чинний з 01.07.2014	0,263	0,316
2015	527,40	тариф без податку, чинний з 01.04.2015	0,453	0,544
2016	1036,29	тариф без податку, чинний з 01.07.2016	0,891	1,069
2017	1036,29	для панелі можна брати як базу (якщо не підтягуємо всі проміжні зміни)	0,891	0,891
2018	1218,51	тариф без податку (беремо як репер перед переходом до нових тарифів/послуг)	1,048	1,257
2019	1312,11	умовно-змінна частина двоставкового тарифу з податком (для будинків з лічильниками), чинна з 01.01.2019	1,128	1,128

ДОДАТОК Б

Ці критерії відповідають технічним, економічним та екологічним вимірам.

1. Формування матриці попарних порівнянь

На основі аналізу таблиці видно, що:

– найбільшу варіацію та управлінський вплив має FE (діапазон приблизно 28,6-325 кВт·год/м²);

– GHG сильно корелює з типом енергоносія (електрика та централізоване теплопостачання формують високі значення);

– вартість енергії залежить від тарифів і має поведінковий вимір.

З огляду на системну логіку (спочатку зменшення споживання, далі декарбонізація, далі тарифна чутливість), приймаємо такі експертні оцінки:

FE помірно важливіший за GHG → 3

FE суттєво важливіший за C → 5

GHG помірно важливіший за C → 3

Матриця A:

	FE	GHG	C
FE	1	3	5
GHG	1/3	1	3
C	1/5	1/3	1

2. Нормалізація матриці

Сума стовпців:

$$\text{FE: } 1 + 1/3 + 1/5 = 1 + 0,333 + 0,2 = 1,533$$

$$\text{GHG: } 3 + 1 + 1/3 = 3 + 1 + 0,333 = 4,333$$

$$\text{C: } 5 + 3 + 1 = 9$$

Нормалізуємо:

FE-рядок:

$$1/1,533 = 0,652$$

$$3/4,333 = 0,692$$

$$5/9 = 0,556$$

GHG-рядок:

$$0,333/1,533 = 0,217$$

$$1/4,333 = 0,231$$

$$3/9 = 0,333$$

C-рядок:

$$0,2/1,533 = 0,130$$

$$0,333/4,333 = 0,077$$

$$1/9 = 0,111$$

3. Обчислення ваг (середнє по рядку):

$$w_{FE} = (0,652 + 0,692 + 0,556)/3 = 0,633$$

$$w_{GHG} = (0,217 + 0,231 + 0,333)/3 = 0,260$$

$$w_C = (0,130 + 0,077 + 0,111)/3 = 0,106$$

Перевірка:

$$0,633 + 0,260 + 0,106 = 0,999 \approx 1$$

4. Перевірка узгодженості

Обчислюємо λ_{\max} :

$A \times w$:

$$FE: 1 \cdot 0,633 + 3 \cdot 0,260 + 5 \cdot 0,106 = 0,633 + 0,780 + 0,530 = 1,943$$

$$GHG: 0,333 \cdot 0,633 + 1 \cdot 0,260 + 3 \cdot 0,106 = 0,211 + 0,260 + 0,318 = 0,789$$

$$C: 0,2 \cdot 0,633 + 0,333 \cdot 0,260 + 1 \cdot 0,106 = 0,127 + 0,087 + 0,106 = 0,320$$

Ділимо на відповідні ваги:

$$1,943 / 0,633 = 3,07$$

$$0,789 / 0,260 = 3,03$$

$$0,320 / 0,106 = 3,02$$

$$\lambda_{\max} \approx 3,07$$

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1) = (3,07 - 3)/2 = 0,035$$

Для $n=3$, $RI=0,58$

$$CR = 0,035 / 0,58 = 0,034$$

$CR < 0,1 \rightarrow$ узгодженість прийнятна.

5. Інтерпретація результатів

Отримані ваги:

FE (кінцева енергія): 0,63

GHG (викиди): 0,26

Вартість: 0,11

Це означає, що технічне скорочення споживання є домінуючим фактором (63%), екологічний аспект – другий за важливістю (26%), а тарифна складова має допоміжний характер (11%).

6. Побудова інтегрального індексу

Індекс неефективності:

$$I_i = 0,63 \cdot z_{FE} + 0,26 \cdot z_{GHG} + 0,11 \cdot z_C$$

Індекс ефективності:

$$EE_i = 1 - I_i$$

7. Висновок

Метод Сааті показав, що у структурі енергоефективності житлових будівель найбільший вплив має рівень кінцевого енергоспоживання, далі – вуглецевий слід, і лише третім фактором виступає тарифна складова. Це означає, що стратегія модернізації має першочергово концентруватися на скороченні FE (утеплення, балансування систем, модернізація теплопунктів), паралельно враховуючи декарбонізацію джерела енергії.

ДОДАТОК В

Таблиця 1 - Кількісна QUEST-таблиця (scorecard 0-100)

Шкала оцінювання: 0 = дуже слабо/відсутнє; 100 = найкраща практика/висока готовність.

Блок QUEST (що оцінюємо)	Індикатор (кількісний)	Значення для ІФ регіону	Орієнтир/ціль	Бал (0–100)
Q1. Кліматичний тиск	Градусо-доби опалення	~3509 (м. Івано-Франківськ)	менше HDD → легше; більше HDD → складніше	40
Q2. Оновлення фонду (нове житло)	Введено житла, тис. м ² /рік	493,3 тис. м ² (2022)	стабільні темпи, NZEB, Єврокоди	65
S1. Готовність теплопостачання міста	К-сть ІТП, ЦТП, котельні, мережі	44 ІТП; 25 ЦТП; 38 котельні; 129,84 км мереж	ІТП «масово» для МБФ	55
S2. Тарифний сигнал (економічний стимул)	Наявність двоставкових, структурованих тарифів	Тарифи публікуються, є 2-ставкові підходи (міські рішення, НКРЕКП)	прозорий стимул до регулювання	60
E1. Інвест-механізм для ОСББ	Обласна програма підтримки «Енергодім»	Діє програма (2022-2023)	сталість 5 і більше років	70
E2. Портфель проєктів ОСББ	К-сть заявок, сума проєктів	45 заявок; проєкти ≈ 55,5 млн грн (станом на 29.10.2021)	зростання в рази та завершені кейси	55
R. Нормативна траєкторія	Перехід до жорсткіших вимог теплозахисту	Діють оновлені вимоги з 2022 (нова редакція теплоізоляції)	контроль виконання та NZEB	60
D. Дані, цифровізація	Системність даних у теплопостачанні (звіти, показники)	Річний звіт підприємства з інфраструктурою, тарифами	open-data по будинках, споживанню	50

Для визначення вагомості факторів методом Сааті (Analytic Hierarchy Process, АНР) застосуємо запропоновану методику до наявних даних. Мета – визначити відносну важливість трьох ключових критеріїв оцінки енергоефективності житлових будівель:

- питоме кінцеве споживання енергії (FE);
- річна вартість енергії на 1 м² (C/A);
- питомі викиди парникових газів (GHG).

ДОДАТОК Г

Таблиця 1 - Матриця елементів енергоефективності в будівлях за стейкхолдерами

Стейкхолдер	Реальні механізми та інструменти	КРІ та очікуваний ефект	Типові недоліки та бар'єри	Перспективи за європейською логікою
1	2	3	4	5
Держава (міністерства, фонд та програми)	Мінімальні вимоги до енергопоказників будівель; посилення енергосертифікації; програми підтримки інвестицій (гранти, пільгові кредити, гарантії); проектна підтримка (підготовка проектів)	Зростання темпів реновації; перехід до глибокої модернізації; скорочення енергобідності	«Паперова» відповідність без контролю якості; нестача інституційної спроможності; ризику нецільового використання	EPBD підсилює роль ЕРС та вводить/підтримує паспорти реновації як дорожню карту, а також інструменти, що мобілізують фінансування.
ОМС (міська та селищна рада, енергоменеджмент)	Програми для ОСББ: аудит → проєкт → підрядник → фінансування → M&V; агрегування портфеля будинків; муніципальні програми співфінансування; цифровий енергомоніторинг	Менші транзакційні витрати для ОСББ; масштабування реновацій; керованість портфеля	Брак кадрів і даних; слабка інтеграція з банками/донорами; нерівномірність спроможності громад	Практика ЄС робить ставку на one-stop shops і локальні механізми супроводу реновацій як ключ до масштабування.
ОСББ, домогосподарства	Рішення співвласників та співфінансування; поетапна глибока реновація за «паспортом реновації»; заміна обладнання, ІТП; впровадження BEMS, смарт-обліку; участь у програмах підтримки	Зниження кВт·год/м ² ; менші рахунки; комфорт та якість повітря; зростання інвестиційної привабливості будинку	Інвестиції; низька довіра; складність підготовки проєкту; короткий горизонт планування	EPBD просуває ЕРС (як «ринковий сигнал») і renovation passports (як план поетапної модернізації), що полегшує доступ до фінансування.
Міжнародні донори та фінансові організації (ЄС, СБ, IFC тощо)	Гранти, комбіноване фінансування; вимоги до прозорості, стандартів і результативності; технічна допомога (підготовка портфеля, консультації)	Прискорення відновлення; підвищення стандартів; зменшення ризиків для банків	Фрагментація пілотів; слабка масштабованість без місцевих «провайдерів проєктів»	EED передбачає розвиток project development assistance та прозорість інвестицій/контрактів енергоефективності (як підґрунтя масштабування).

Продовження Табл. 1

1	2	3	4	5
Банки та фінансовий сектор	Пільгові кредити; кредитні лінії під гарантії; фінансування під ЕРС, паспорт реновації; «зелена» оцінка активів	Кредитне «плече» до грантів; стабільні інвестиційні потоки; нижчі ризику через прозорі дані	Військові, платіжні ризики; нестача якісних даних; високі транзакційні витрати на дрібних клієнтів	У ЄС фінансовий попит підсилюють ЕРС-логіка та вимоги сталого фінансування (таксономічні підходи), що підштовхують гроші в «якісні» реновації.
ESCO, енергосервісні компанії	Енергоперфоманс-контракти (оплата з підтвердженої економії); модернізація ІТП, обладнання; пакетні рішення для будинків	Гарантована/контрактна економія; швидке впровадження без великого стартового капіталу власника	Складність М&V; слабка платіжна дисципліна; регуляторні прогалини	EED робить акцент на прозорості інвестицій та розвитку енергоперфоманс-контрактів як інструменту реалізації цілей енергоефективності.
Аудитори та сертифікатори	Енергоаудит; ЕРС; М&V-протоколи для доведення економії (особливо в ESCO, кредитах)	«Банківські» проекти; довіра донорів, банків; контроль якості	Ризик формального аудиту; нестача кадрів; розрив між аудитом і реальним виконанням робіт	EPBD підсилює роль ЕРС як інформінструменту й основи для фінансування; EED підтримує інвестиційну прозорість (що вимагає якісних даних).
Девелопери, підрядники, виробники	Проектування і виконання робіт за стандартами; індустріалізація реновації; гарантійні зобов'язання	Якість та швидкість модернізації; зменшення тепловтрат	Дефіцит кваліфікації; «дешеві» рішення; слабкий нагляд	EPBD орієнтує ринок на вищі стандарти та вимірювану результативність, що підвищує вимоги до якості робіт і ланцюга постачання.
Теплокомуненерго, оператори тепломереж, енергопостачальники	Підключення до ефективного теплопостачання; інтеграція теплових насосів; використання низькопотенційних джерел (у т.ч. стоки)	Менше викопного палива; менші піки; нижчі викиди	Інвестиції, складність дозволів/інтеграції; потреба в даних	RED III прямо підкреслює роль теплових насосів та виробництва відновлюваного тепла з «ambient energy», включно з джерелами на кшталт об'єктів очищення стічних вод.

Продовження Табл. 1

1	2	3	4	5
Соцслужби, державна підтримка вразливих домогосподарств	Адресна підтримка (щоб реновація була справедливою); програми боротьби з енергобідністю	Захист вразливих груп; політична стійкість реформи	Ризик «проїдання» без інвестицій; слабка таргетація	ETS2 створює ціновий стимул зменшувати споживання викопного палива в будівлях, а Social Climate Fund задуманий як механізм компенсації для вразливих груп.
Громадські організації та еко-активісти, мешканці	Моніторинг, контроль прозорості; інформаційні кампанії; підвищення участі та довіри	Менше ризиків; вища участь; краща експлуатація після реновації	«Втома» громад; слабкі канали участі	

Джерело: сформовано автором

ДОДАТОК Д

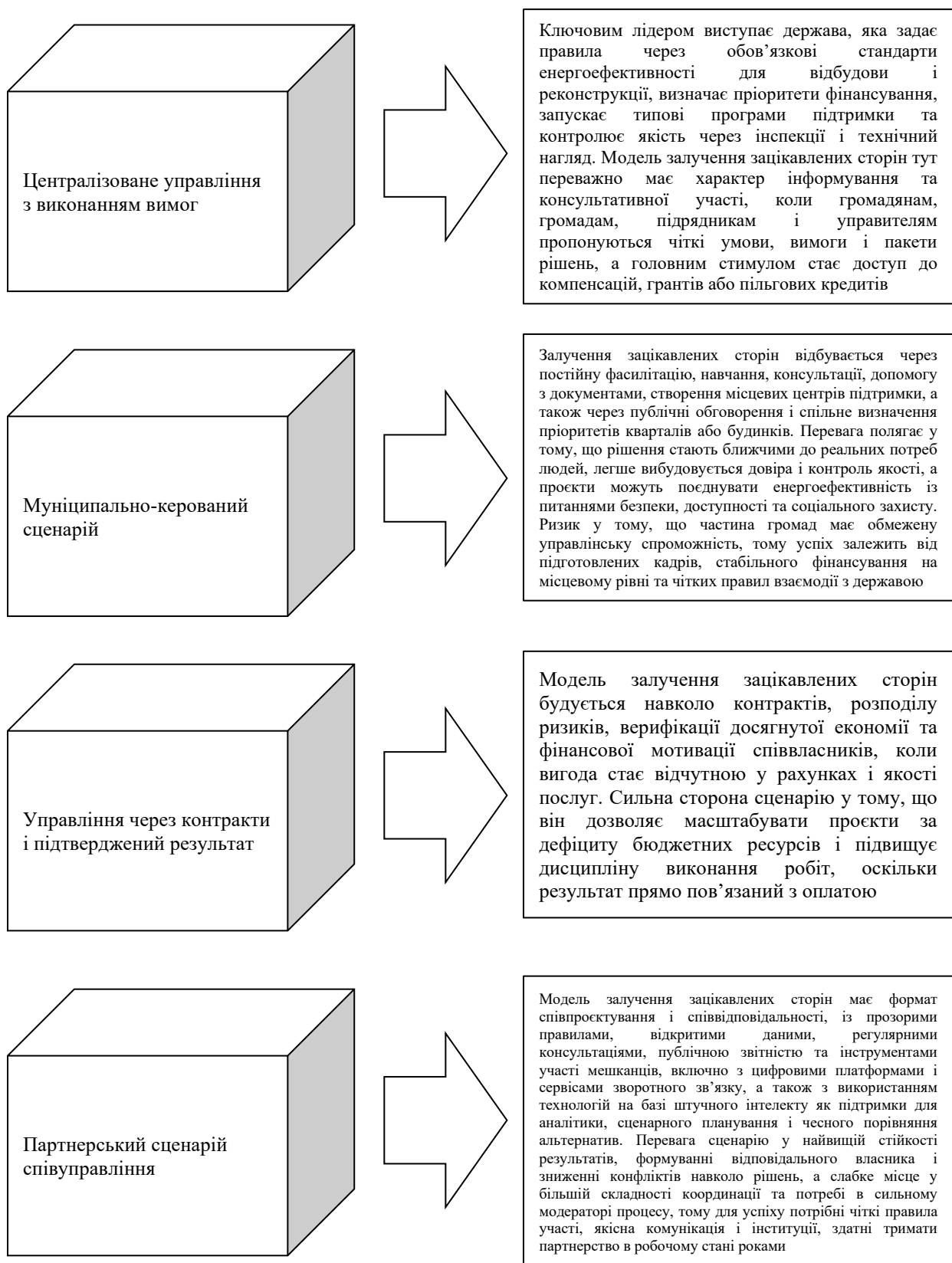


Рис.1. Модель управлінських сценаріїв і моделей залучення зацікавлених сторін (stakeholders) у проекти з енергоефективності

Джерело: сформовано автором

ДОДАТОК Е1

Розрахунок для сценарію А

Капітальні витрати для сценарію А – CAPEX = 1 200 000 грн;

Чистий грошовий потік – CF = 171 600 грн/рік;

PVAF для різних ставок дисконтування рівне: 6%=9,712; 8%=8,559; 10%=7,606; 12%=6,811; 14%=6,142; 16%=5,575.

Розрахунок NPV:

$$NPV(6\%, 40\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,4) = 946579,20,$$

$$NPV(6\%, 50\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,5) = 1066579,20,$$

$$NPV(6\%, 60\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,6) = 1186579,20,$$

$$NPV(6\%, 70\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,7) = 1306579,20,$$

$$NPV(8\%, 40\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,4) = 754902,00,$$

$$NPV(8\%, 50\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,5) = 868724,40,$$

$$NPV(8\%, 60\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,6) = 988724,40,$$

$$NPV(8\%, 70\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,7) = 1108724,40,$$

$$NPV(10\%, 40\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,4) = 585189,60,$$

$$NPV(10\%, 50\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,5) = 705189,60,$$

$$NPV(10\%, 60\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,6) = 825189,60,$$

$$NPV(10\%, 70\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,7) = 945189,60,$$

$$NPV(12\%, 40\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,4) = 448767,60,$$

$$NPV(12\%, 50\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,5) = 568767,60,$$

$$NPV(12\%, 60\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,6) = 688767,60,$$

$$NPV(12\%, 70\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,7) = 808967,20,$$

$$NPV(14\%, 40\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,4) = 333967,20,$$

$$NPV(14\%, 50\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,5) = 453967,20,$$

$$NPV(14\%, 60\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,6) = 573967,20,$$

$$NPV(14\%, 70\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,7) = 693967,20,$$

$$NPV(16\%, 40\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,4) = 236670,00$$

$$NPV(16\%, 50\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,5) = 356670,00,$$

$$NPV(16\%, 60\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,6) = 476670,00,$$

$$NPV(16\%, 70\%) = 171\,600 \cdot PVAF(r, 15) - 1\,200\,000 \cdot (1 - 0,7) = 596670,00.$$

ДОДАТОК Е2

Розрахунок для сценарію В

Капітальні витрати для сценарію А – CAPEX = 8 000 000 грн;

Чистий грошовий потік – CF = 410 500 грн/рік;

PVAF для різних ставок дисконтування рівне: 6%=9,712; 8%=8,559; 10%=7,606; 12%=6,811; 14%=6,142; 16%=5,575.

Розрахунок NPV:

$$NPV(6\%, 40\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = -813224,$$

$$NPV(6\%, 50\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -12224,00,$$

$$NPV(6\%, 60\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = 786776,00,$$

$$NPV(6\%, 70\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 1586776,00,$$

$$NPV(8\%, 40\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = -1286530,50,$$

$$NPV(8\%, 50\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -486530,50,$$

$$NPV(8\%, 60\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = 313469,50,$$

$$NPV(8\%, 70\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 1113469,50,$$

$$NPV(10\%, 40\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = \\ -1677737,00,$$

$$NPV(10\%, 50\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -877737,00,$$

$$NPV(10\%, 60\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -77737,00,$$

$$NPV(10\%, 70\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 722263,00,$$

$$NPV(12\%, 40\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = \\ -2004084,50,$$

$$NPV(12\%, 50\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = \\ -1204084,50,$$

$$NPV(12\%, 60\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -404084,50,$$

$$NPV(12\%, 70\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 395915,50,$$

$$NPV(14\%, 40\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = -2278709,00,$$

$$NPV(14\%, 50\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -1478709,00,$$

$$NPV(14\%, 60\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = 573967,20,$$

$$NPV(14\%, 70\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 693967,20,$$

$$NPV(16\%, 40\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = 236670,00$$

$$NPV(16\%, 50\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = 356670,00,$$

$$NPV(16\%, 60\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = 476670,00,$$

$$NPV(16\%, 70\%) = 410\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 8\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 596670,00.$$

ДОДАТОК ЕЗ

Розрахунок для сценарію С

Капітальні витрати для сценарію А – CAPEX = 15 000 000 грн;

Чистий грошовий потік – CF = 596 500 грн/рік;

PVAF для різних ставок дисконтування рівне: 6%=9,712; 8%=8,559; 10%=7,606; 12%=6,811; 14%=6,142; 16%=5,575.

Розрахунок NPV:

$$\begin{aligned} NPV(6\%, 40\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) \\ &= -3206792,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV(6\%, 50\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) \\ &= -1706792,00 \end{aligned}$$

$$NPV(6\%, 60\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -206792,$$

$$NPV(6\%, 70\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 1293208,00,$$

$$\begin{aligned} NPV(8\%, 40\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = \\ &= -3894556,50, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV(8\%, 50\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) \\ &= -2394556,50 \end{aligned}$$

$$NPV(8\%, 60\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -894556,50,$$

$$NPV(8\%, 70\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 605443,50,$$

$$\begin{aligned} NPV(10\%, 40\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) \\ &= -4463021,00, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV(10\%, 50\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = \\ &= -2963021,00, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} NPV(10\%, 60\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = \\ &= -1463021,00, \end{aligned}$$

$$NPV(10\%, 70\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = 36979,00,$$

$$\begin{aligned} NPV(12\%, 40\%) &= 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = \\ &= -4937238,50, \end{aligned}$$

$$NPV(12\%, 50\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -3437238,50,$$

$$NPV(12\%, 60\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -1937238,50,$$

$$NPV(12\%, 70\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = -437238,50,$$

$$NPV(14\%, 40\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = -5336297,00,$$

$$NPV(14\%, 50\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -3836297,00,$$

$$NPV(14\%, 60\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -2336297,00,$$

$$NPV(14\%, 70\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = -836297,00,$$

$$NPV(16\%, 40\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,4) = -5674512,50$$

$$NPV(16\%, 50\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,5) = -4174512,50,$$

$$NPV(16\%, 60\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,6) = -2674512,50,$$

$$NPV(16\%, 70\%) = 596\,500 \cdot PVAF(r, 15) - 15\,000\,000 \cdot (1 - 0,7) = -1174512,50.$$

ДОДАТОК Є

Таблиця 1 – Характеристика елементів організаційного механізму управління енергоефективністю

Стейкхолдери	Елемент організаційного механізму	Функції	КРІ (ефект)	Бар'єри	ЄС-перспектива, логіка
Держава	Мінімальні вимоги/стандарт и енергопоказники в будівель	Встановлює правила для нових і модернізованих будівель	Підвищення класу фонду, зменшення енергоємності	контроль якості, виконання	EPBD посилює рамку вимог і планування реновацій.
Держава, аудитори	ЕРС (енергосертифікація)	Прозорість класу, “сигнал” для ринку і фінансів	частка сертифікованих будівель, точність даних	ризик формальності	EPBD підсилює роль ЕРС.
ОСББ, власники, аудитори	Паспорти реновації	Дорожня карта поетапної модернізації	частка будинків із планом, глибина реновації	дефіцит експертизи	Практика ЄС підтримує паспорти.
ОМС, енергоагенції	“Єдине вікно” (One-Stop Shop)	Супровід: аудит→проект→підрядник→фінанси→моніторинг	більше проектів за рік, менша вартість транзакцій	кадровий дефіцит	ЄС-підхід: OSS як інфраструктура масштабування.
ОМС, ОСББ	Агрегація портфеля будинків	Пакування об'єктів у “програму”	ефект масштабу, швидкість	слабкі дані	Узгоджується з EED-логікою інвестпрозорості.
ESCO, аудитори	M&V (вимірювання і верифікація)	Доказ економії, база для оплат/кредитів	підтверджена економія (%)	Складність та вартість	IPMVP – міжнародний стандарт для M&V.
ОСББ, управителі, сервісні компанії	BEMS/цифровий моніторинг	Контроль режимів, оптимізація споживання	зниження піків, економія	відсутність лічильників/даних	EPBD рухає до “data-driven” управління.
Підрядники, девелопери, держава, ОМС	Стандарти якості робіт + технагляд	Гарантія результату модернізації	дефекти/рекламациі, фактична економія	“дешеві” роботи	Посилення вимог і відповідальності в межах EPBD-логіки.
Громадські організації	Моніторинг, прозорість, участь	Контроль і довіра, прийнятність реформ	менше корупційних ризиків	слабкі канали участі	ЄС-практика підтримує прозорість даних і участь.

ДОДАТОК Ж

Таблиця 1 – Характеристика елементів економічного механізму управління енергоефективністю

Стейкхолдер	Елементи економічного механізму	Функції	КРІ (ефект)	Бар'єри	ЄС-перспектива, логіка
Держава, донори	Гранти, субсидії на реновацію	Зменшення інвестицій для ОСББ/власників	кількість/обсяг проєктів	“витрачання” без контролю	EED підтримує інвестстимули та інструменти підтримки.
Банки, держава/донори	Пільгові кредити	Дешевший ресурс та довший термін	доступність фінансування	ризики неплатежів	Підсилюється ЕРС, паспортом як “доказовою базою”.
Держава	Державні гарантії	Залучення банків до житлових проєктів	зростання кредитування	бюджетні обмеження	Узгоджується з blended finance підходом ЄС.
ESCO, ОСББ, ОМС, банки	Енергосервіс (ЕРС, ESCO contracts)	Повернення інвестицій з економії	гарантована економія	потрібен М&V, довіра	EED просуває енергоперформанс-контракти.
Донори, ОМС	Техдопомога для підготовки проєктів	Зменшує транзакційні витрати, робить проєкти “банкованими”	більше підготовлених проєктів	нестача команд	ELENA (EIB) – класичний приклад.
Фінансовий сектор	Стале фінансування, таксономія	Спрямує капітал у “зелені” реновації	доступ до інвесткапіталу	складність критеріїв	EU Taxonomy задає рамку.
Держава, домогосподарства	ETS2 та Social Climate Fund	Ціновий стимул відмови від викопного палива та соціальна компенсація	нижче споживання викопного палива	соціальна чутливість	ETS2, SCF – ключові інструменти ЄС.
ОМС, теплокомуненерго, інвестори	Інвестиції у відновлюване тепло/теплові насоси/утилізацію теплоти	Зменшення газу, декарбонізація тепла	частка ВДЕ, відновлюваного тепла	CAPEX, дозволи	RED III підсилює роль ВДЕ в теплі та теплових насосів.
ОСББ/власники	Співфінансування “через економію”	Внесок мешканців покривається з майбутніх заощаджень	окупність, зниження рахунків	Недовіра, ризики	Працює в зв'язці з М&V та паспортом реновації.

ДОДАТОК 3

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Монографії

1. Polyanska, A., Mychajlyshyn K., Psiuk V., Mykytiuk O. Artificial intelligence implication in ensuring efficient use of limited resources. Smart Machines and Technologies at the Service of Mankind: Monograph / Gen. edit. Olha Prokopenko, Kristjan Välk, Anne Neroda, Tallinn: Teadmus OÜ, 2024, PP. 56-70. <file:///C:/Users/HP/Downloads/216639795-1.pdf>. 0,88 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: Характеристика можливості застосування технологій на базі штучного інтелекту в системі управління (0,2 друк. арк.).*

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Полянська А., Микитюк Н., Микитюк О. Концептуальні засади розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості*, №2 (28), 2023. С. 118-132. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2023-2\(28\)-117-132](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2023-2(28)-117-132) 0,78 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: розглянуто концептуальні засади розвитку житлового будівництва (0,28 друк. арк.)*

2. Polyanska, A., Mykytiuk O. Potential and results of sustainable residential heat supply using wastewater heat recovery. *International Scientific Journal "Internauka". Series: "Economic Sciences"*. DOI: https://doi.org/10.25313/2520-2294-2025-10_0,94. 0,94 друк арк. *Особистий внесок здобувача: проаналізовано та обґрунтовано потенціал можливостей досягнення теплопостачання на засадах сталого розвитку (0,64 друк. арк.).*

3. Полянська А., Микитюк О. Адаптивна модель виробничої безпеки в системі ситуаційного управління. *Науковий вісник ІФНТУНГ. Серія: Економіка та управління в нафтовій і газовій*, №2 (32), 2025. С. 21-38. DOI: [https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2\(32\)-21-38](https://doi.org/10.31471/2409-0948-2025-2(32)-21-38). 1,58 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: запропоновано інструменти управління безпекою в житловому секторі (1,2 друк. арк.).*

4. Полянська А.С., Микитюк О.Р. Передумови та потенціал використання штучного інтелекту в управлінні енергоефективністю житловими будівлями. *Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор»*, 2026, Випуск 1 (84), С. 624-630. <https://doi.org/10.32782/business-navigator.84-95>. 1,03 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: визначено, проаналізовано та обґрунтовано передумови використання ШІ в управлінні енергоефективністю в житловому секторі (0,73 друк. арк.).*

5. Полянська А., Микитюк О., Михайлишин Х. Управління енергоефективністю через призму системного підходу. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Економіка і управління*, 2026, Том 37 (76) № 1, С.85-91. <https://doi.org/10.32782/2523-4803/76-1-14>. 0,85 друк.арк. *Особистий внесок здобувача: проаналізовано енергоефективність житлових будівель на основі онтологічного моделювання (0,4 друк. арк.).*

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

2. Микитюк О.Р., Полянська А.С. Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері. The process and dynamics of the scientific path : матеріали VI міжнародної науково-теоретичної конференції (Афіни, Грецька Республіка, 5 липня 2024 р.). Athens : International Center of Scientific Research, 2024. С. 35-33. DOI: <https://doi.org/10.36074/scientia-05.07.2024>. 0,25 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: визначено управлінський аспект енергоефективності житлової сфери (0,15 друк. арк.).*

2. Polyanska, A., Mykytiuk O. Justification of the management aspect of energy efficiency in the residential field on the basis of sustainable development. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 130-річчю С.Сейфулліна, (м. Астана, 10 жовтня 2024 р.) Астана: Казахський агротехнічний дослідницький університет ім. С.Сейфулліна, 2024. С.108-110. URL: <https://kazatu.edu.kz/webroot/js/kcfinder/upload/files/%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%B0%D0%A1%D0%A7-20/Polyanska.pdf> 0,58 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: обґрунтовано управлінський аспект енергоефективності житлової сфери на засадах сталого розвитку (0,38 друк. арк.).*

3. Polyanska, A., Mykytiuk O. Shavaraskyi I. The management aspect of improving energy efficiency in the residential sector based on sustainable development. 1st DIM-ESEE Conference (m. Zagreb, 15th October, 2025). Zagreb: University of Zagreb, 2025. P. 32-34. URL: <https://dim-esee.eu/wp-content/uploads/1st-DIM-ESEE-Book-of-Abstracts.pdf>. 0,48 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: проаналізовано управлінський аспект підвищення енергоефективності в житловому секторі (0,30 друк. арк.).*

4. Polyanska, A., Mykytiuk O. Sustainable development and preservation of the environment in a smart city: from the point of view of consumers. *Smart machines and systems at the service of mankind: Abstracts of the 12th Annual Entrepreneurship and Innovation Conference* (Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences, Ülemiste City, October 10, 2024), 2024, P.19. URL: <https://conference.euas.eu/2024/wp-content/uploads/2024/10/ConferenceProceedings2024-1.pdf>. 0,08 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: охарактеризовано особливості забезпечення сталого розвитку в розумних містах (0,04 друк. арк.).*

5. Полянська А.С., Микитюк О.Р. Сучасні методи оцінки енергоефективності житлових будинків: вітчизняна та європейська практика. Збірник тез Міжнародного форуму «Нафтогазова енергетика» (Івано-Франківськ, 30 жовтня – 1 листопада 2025 р.). С. 243-246. URL: <https://repo.nung.edu.ua/handle/123456789/11848>. 0,35 друк. арк. *Особистий внесок здобувача: охарактеризовано методи оцінки енергоефективності житлових будівель (0,20 друк. арк.).*

6. Микитюк О.Р. Актуальність сценарного підходу до залучення стейкхолдерів в управлінні енергоефективністю житлових будівель. Технології, інструменти та стратегії реалізації наукових досліджень: збірник наукових праць з матеріалами XI Міжнародної наукової конференції, м.Чернівці, 6 лютого, 2026 р. Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2026. 318 с. С. 36-40. <https://doi.org/10.62731/mcnd-06.02.2026.001>. (0,48 друк. арк.).

ДОДАТОК К
ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІ

Міжнародний науковий форум «Нафтогазова енергетика» (м. Івано-Франківськ, 12-13 травня 2023 р.);

Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 130-річчю С.Сейфулліна, (м. Астана, Казахстан, 10 жовтня 2024 р.);

12th Annual Entrepreneurship and Innovation Conference (Estonian Entrepreneurship University of Applied Sciences, Ülemiste City, October 10, 2024);

Міжнародний науковий форум «Нафтогазова енергетика» (м. Івано-Франківськ, 30 жовтня 2025 р.);

1st DIM-ESEE Conference (м. Zagreb, Croatia, 15th October, 2025);

XI Міжнародна наукова конференція (м. Чернівці, 6 лютого, 2026).

ДОДАТОК Л



ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА МІСЬКА РАДА
ДЕПАРТАМЕНТ ІНФРАСТРУКТУРИ,
ЖИТЛОВОЇ ТА КОМУНАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ



27.02.2026 № 64/24-15/17п

ДОВІДКА
про застосування методики дослідження енергоефективності
на основі даних енергетичних сертифікатів

Департамент інфраструктури, житлової та комунальної політики Івано-Франківської міської ради підтверджує, що у своїй діяльності застосовує методику дослідження енергоефективності житлових будівель, розроблену здобувачем Микитюком О.Р. у межах написання дисертаційної роботи «Український аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повсякного відновлення», яка базується на використанні даних енергетичних сертифікатів будівель та результатів енергоаудиту.

Зазначена методика використовується під час аналізу енергетичних характеристик житлових будівель; формування базового енергетичного профілю об'єктів; визначення потенціалу економії енергоресурсів; обґрунтування вибору заходів з термомодернізації та модернізації інженерних систем; оцінки економічної та екологічної ефективності впроваджених заходів.

Методика передбачає систематизований підхід до роботи з даними енергетичних сертифікатів, зокрема застосування зазначеної методики дозволяє забезпечити системність управління енергоефективністю на рівні житлового фонду; підвищити обґрунтованість інвестиційних рішень; оптимізувати пріоритетність заходів модернізації; підвищити прозорість та контроль результатів енергоаудиту; створити аналітичну основу для стратегічного планування розвитку житлового сектору. Крім того, сформована база структурованих даних є передумовою для впровадження Кошпеної синергії людського та штучного інтелекту (Human-AI Synergy) в управлінні енергоефективністю житлового будівництва. У межах цієї концепції людський інтелект (експерти, енергоаудитори, управлінці) здійснює постановку задач, інтерпретацію результатів та прийняття стратегічних рішень, а алгоритми штучного інтелекту забезпечують обробку великих масивів даних, виявлення закономірностей, протиположення споживання енергії та моделювання ефекту від альтернативних сценаріїв модернізації. Поєднання експертного аналізу та інструментів штучного інтелекту дозволяє підвищити точність прогнозування економії енергії; скоротити час підготовки аналітичних матеріалів; мінімізувати ризики помилкових управлінських рішень; сформулювати інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень у сфері енергоефективності.

Заступник міського голови –
директор Департаменту інфраструктури,
житлової та комунальної політики
Івано-Франківської міської ради

(0342) 552442



Департамент інфраструктури, житлової та комунальної політики Івано-Франківської міської ради



ДОДАТОК М


АТ "ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНИЙ ЗАВОД"

76018 м. Івано-Франківськ, вул. Залізнична, 22, тел. 0342 532370, e-mail: info@lrz.if.ua,
код ЄДРПОУ 13655435, https://www.lrz.if.ua

ДОВІДКА
про застосування методик дослідження енергоефективності на основі даних енергетичних сертифікатів

Акціонерне товариство «Івано-Франківський локомотиворемонтний завод» підтверджує, що у своїй діяльності застосовує методик дослідження енергоефективності житлових будівель, розроблену здобувачем Микитюком О.Р. у межах написання дисертаційної роботи «Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повосного відновлення», яка базується на використанні даних енергетичних сертифікатів будівель та результатів енергоаудиту.

Зазначена методика використовується під час аналізу енергетичних характеристик житлових будівель; формування базового енергетичного профілю об'єктів; визначення потенціалу економії енергоресурсів; обґрунтування вибору заходів з термомодернізації та модернізації інженерних систем; оцінки економічної та екологічної ефективності впроваджених заходів.

Методика передбачає систематизований підхід до роботи з даними енергетичних сертифікатів, зокрема застосування зазначеної методики дозволяє забезпечити системність управління енергоефективністю на рівні житлового фонду; підвищити обґрунтованість інвестиційних рішень; оптимізувати пріоритетність заходів модернізації; підвищити прозорість та контроль результатів енергоаудиту; створити аналітичну основу для стратегічного планування розвитку житлового сектору. Крім того, сформована база структурованих даних є передумовою для впровадження Концепції синергії людського та штучного інтелекту (Human-AI Synergy) в управлінні енергоефективністю житлового будівництва. У межах цієї концепції людський інтелект (експерти, енергоаудитори, управлінці) здійснює постановку задач, інтерпретацію результатів та прийняття стратегічних рішень, а алгоритми штучного інтелекту забезпечують обробку великих масивів даних, виявлення закономірностей, прогнозування споживання енергії та моделювання ефекту від альтернативних сценаріїв модернізації. Поєднання експертного аналізу та інструментів штучного інтелекту дозволяє підвищити точність прогнозування економії енергії; скоротити час підготовки аналітичних матеріалів; мінімізувати ризики помилкових управлінських рішень; сформувати інтелектуальну систему підтримки прийняття рішень у сфері енергоефективності.

Підприємство підтверджує, що зазначена методика впроваджена у практичну діяльність та використовується при проведенні енергоаудитів і формуванні програм підвищення енергоефективності житлових будівель, а саме житлового фонду, що знаходиться на балансі підприємства. Дана методика дозволила мінімізувати теплозтрати, які виникали внаслідок масованих атак на енергосистему України.

Генеральний директор



Руслан ТЕРЕШКО

ДОДАТОК Н

**ТОВАРИСТВО З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«ЖЕО «ІМПЕРІЯ СЕРВІС»**

76019, м. Івано-Франківськ, вул. Кобляницької, буд. 22-А, код ЄДРПОУ 45875442,
р/р UA 60305299000026000005515708 в АТ КБ «ПриватБанк»

____, ____ 2026 р. № 9-іс/к

ДОВІДКА

про впровадження заходів з енергоефективності та апробацію мультирівневого механізму залучення стейкхолдерів

Видава Микитюку О.Р. про те, що результати його дисертаційного дослідження на тему «Управлінський аспект підвищення енергетичної ефективності в житловій сфері в умовах повосенного відновлення» використовувались ТОВ «ЖЕО «ІМПЕРІЯ СЕРВІС» у межах реалізації місцевої політики з підвищення енергоефективності житлового фонду та об'єктів комунальної інфраструктури, здійснюється апробація запропонованого мультирівневого механізму залучення стейкхолдерів до планування та впровадження заходів з енергоефективності.

Зазначений механізм передбачає координацію взаємодії між такими групами учасників:

- органами місцевого самоврядування у межах ініціатив програм, формування портфеля проєктів, нормативної підтримки;
- об'єднаннями співвласників багатоквартирних будинків та управителями для ініціювання та співфінансування заходів;
- фінансовими установами з метою кредитування, застосування механізмів здефлевання капіталу;
- державними інституціями та фондами підтримки для грантового співфінансування;
- міжнародними партнерами та донорами в цілях технічної допомоги, методологічної підтримки;
- підрядними організаціями та енергоаудиторами в межах розробки технічних рішень та впровадження;
- громадськістю та експертним середовищем для моніторингу, консультацій, інформаційної підтримки.

Апробація даного механізму дозволить підвищити рівень координації між учасниками процесу модернізації; зменшити транзакційні витрати для ОСББ та домогосподарств; забезпечити прозорість використання коштів; підвищити фінансову привабливість проєктів за рахунок комбінування грантових та кредитних інструментів; сформувати портфель проєктів із прогнозованими показниками економії енергії; знизити споживання теплової енергії у житловому фонді на орієнтовно 20–40% залежно від глибини модернізації; зменшити навантаження на місцевий бюджет у частині компенсацій та субсидій; сприяти досягненню цілей сталого розвитку громади та підвищенню енергетичної безпеки.

ТОВ «ЖЕО «ІМПЕРІЯ СЕРВІС» підтверджує готовність до подальшого впровадження зазначеної моделі, її масштабування на рівні громади та інтеграцію в стратегічних документів місцевого розвитку.

Директор ТОВ «ЖЕО «ІМПЕРІЯ СЕРВІС»



Пона В. С.

ДОДАТОК О

ЗАТВЕРДЖУЮ



Ректор Івано-Франківського
національного технічного
університету нафти і газу
д.р. техн. наук, проф.

Ігор ЧУДИК
2026 р.

**Довідка про впровадження результатів
дисертаційної роботи**

видана аспіранту Інституту економіки та менеджменту Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу *Микитюку Олесу Романовичу* про те, що результати його дисертаційної роботи на здобуття третього (освітньо-наукового) рівня доктора філософії за спеціальністю 073 «Менеджмент» отримані у результаті наукових досліджень держбюджетної теми Інституту економіки та менеджменту, зокрема:

Комплексна тема ІЕМ: «Сталий розвиток складних соціально-економічних систем в умовах сучасних змін та викликів» (Державний реєстраційний номер РК 0123U104471), внесок здобувача у яку полягає у обґрунтуванні основних підходів до розвитку житлового будівництва в умовах повоєнного відновлення, зокрема: регіонального підходу, що надає регіонам можливість самостійно приймати рішення щодо технологій відбудови та модернізації на основі врахування думок членів громад; підходу з позиції сталого будівництва, що пріоритетизує можливість вирішення екологічних проблем у процесі будівництва; підходу на засадах розумного будівництва, що використовує сучасні цифрові технології для сталого, безпечного та ефективного будівництва та експлуатації будівель; споживчого підходу на основі вивчення поведінки споживачів-жителів Івано-Франківська шляхом їх опитування та аналізу результатів опитування, за підсумками яких якого виділено стратегії ощадного використання енергетичних ресурсів, а також узагальнено, що готовність населення та їх знання і досвід у сфері ощадного споживання енергетичних ресурсів мають визначальне значення у виборі стратегій ощадного використання енергетичних ресурсів (2023-2025).

Директор Інституту
економіки та менеджменту
к.е.н., доцент

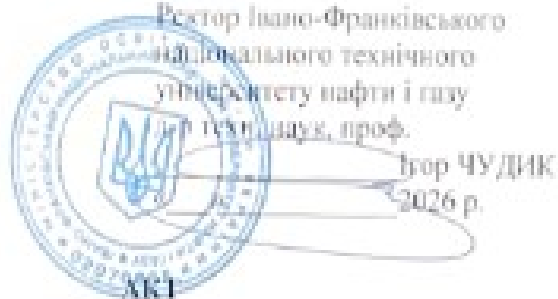
Сергій ПОБИГУН

Завідувач кафедри
менеджменту та адміністрування
д.е.н., професор

Ірина КИНАШ

ДОДАТОК П

ЗАТВЕРДЖУЮ



Про впровадження матеріалів дисертації аспіранта кафедри менеджменту та адміністрування Микитюк О.Р. у навчальний процес

«Трансформація моделі бізнес-екосистеми у стратегію розвитку підприємств енергетичної сфери»

Ми, що нижче підписалися, директор інституту економіки та менеджменту ІФНТУНГ, к.е.н., доцент Побігун С.А., завідувач кафедри менеджменту та адміністрування ІФНТУНГ д.е.н., професор Кінаш І.П. та аспірант кафедри Микитюк О.Р., склали даний акт у тому, що підходи до формування моделі бізнес-екосистеми та методика визначення інтегрального показника ефективності моделі бізнес-екосистеми впроваджено в навчальний процес кафедри Менеджменту та адміністрування, а саме:

- Дисципліна «Концепції та моделі розвитку соціально-економічних систем» (запропоновано концептуальний підхід управління енергоефективністю в житловій сфері: модуль М1, змістовий модуль ЗМ1, Т 1.1 «Концепції екологічного розвитку»; запропоновано методiku визначення інтегрального показника енергоефективності житлових будівель: модуль М 2, змістовий модуль ЗМ2, Т 2.5 «Концепції економічної ефективності») для здобувачів третього освітнього рівня спеціальності D3 Менеджмент.
- Дисципліна «Сталий розвиток в енергетиці» (запропоновано методiku оцінки заходів енергозабезпечення організацій на засадах сталого розвитку, модуль М1, змістовий модуль ЗМ1, П 2.1 «Методи оцінки ефективності») для студентів другого освітнього рівня спеціальності D3 Менеджмент.

Директор інституту економіки та менеджменту
к. е. наук, доцент

Сергій ПОБІГУН

Завідувач кафедри менеджменту та адміністрування, д-р екон. наук, проф.

Ірина КІНАШ

Аспірант

Олег МИКИТЮК

ДОДАТОК Р

Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
тел. (0342) 54-72-66, 54-51-14 факс 54-71-39;
Рахунок: UA 278201720313241013201004276
в ДКСУ, МФО 820172 СДРПОУ 02070855
Свідоцтво 12872203, ІПН 020708509155
Код неприбутковості 0031

ТОВ «КУЛЕВ-ІНВЕСТ»
Юридична адреса: 76018, м. Івано-Франківськ,
вул. А. Мельника, 1а
Поштова адреса: 76018, м. Івано-Франківськ,
вул. А. Мельника, 1а
Код ЄДРПОУ 37409577
IBAN UA 273204780000000026003126324
в ПАТ АБ «Укргазбанк»
МФО 320478
Телефон: +38050 026 7362

АКТ № 1
прийому-передачі наданих послуг

по договору № в/н-м від 02 квітня 2025 р.
про надання науково-технічних послуг
складений « 13 » « И » 2025 р.

Дослідження та розрахунок економічного ефекту впровадження «Системи реконструкції зовнішньої каналізації, приміщення Собору Св. Володимира та Св. Ольги (м. Івано-Франківськ), яке розраховане на місткість до 1000 осіб, з метою будівництва теплообмінника, що забезпечує роботу теплового насоса для функціонування системи теплопостачання даного приміщення»

Ми, нижчепідписані, представник «ВИКОНАВЦЯ» в особі ректора Чудика Ігоря Івановича, що діє на підставі Статуту з однієї сторони і представник «ЗАМОВНИКА» в особі директора Ігоря Микитюка, що діє на підставі Статуту з іншої сторони, склали даний Акт про те, що виконані роботи відповідають умовам Договору в належному порядку оформлені та прийняті Замовником. Власних претензій Сторони не мають.

Вартість виконаних послуг	<u>25 000,00 грн. (двадцять п'ять тисяч грн. 00 коп.)</u>
крім того ПДВ	<u>5 000,00 грн. (п'ять тисяч грн. 00 коп.)</u>
Всього з ПДВ	<u>30 000,00 грн. (тридцять тисяч шістьсот грн. 00 коп.)</u>
Підлягає оплаті	<u>25 000,00 грн. (двадцять п'ять тисяч грн. 00 коп.)</u>
крім того ПДВ	<u>5 000,00 грн. (п'ять тисяч грн. 00 коп.)</u>
Всього з ПДВ	<u>30 000,00 грн. (тридцять тисяч шістьсот грн. 00 коп.)</u>

ВИКОНАВЕЦЬ:

ЗАМОВНИК:

Ректор ІФНТУНГ

ТОВ «КУЛЕВ-ІНВЕСТ»

