

Полянська А.С.

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри менеджменту та адміністрування
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5169-1866>

Микитюк О.Р.

аспірант,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3732-4582>

Михайлишин Х.В.

аспірантка,
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2845-1965>

Polyanska Alla, Mykytiuk Oleg, Mychailyshyn Khrystyna

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

У статті 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. Доведено доцільність системного підходу, що дозволяє розглядати житловий будинок як цілісний об'єкт із взаємопов'язаними елементами та подолати фрагментарність існуючих управлінських рішень. Запропоновано методику оцінювання енергоефективності на основі онтологічного моделювання, що забезпечує формалізацію знань, аналіз фактичного та первинного енергоспоживання і комплексну інтерпретацію результатів. Методика створює аналітичну основу для енергетичного аудиту та обґрунтування пріоритетів енергоефективних заходів у житловому фонді.

Ключові слова: енергоефективність, онтологія, моделювання, системний підхід, житлові будівлі, енергетичний аудит.

Постановка проблеми. 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 економічної конкурентоспроможності. Житловий сектор, як один із найбільших кінцевих споживачів енергії у світі, знаходиться у центрі уваги політик енергоефективності. Для України, яка має статус кандидата на вступ до Європейського Союзу, особливої ваги набуває імплементація європейських стратегічних ініціатив, зокрема пакету "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 нагаль-

ної відбудови [4]. Зазначимо, що війна в Україні за результатами руйнувань житлового фонду та цілеспрямованих терористичних атак на критичну енергетичну інфраструктуру створила прецедент, коли дана 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].

Масштаб руйнувань та завдання «зеленої» відбудови висувають 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика управління ЕЕ знайшла відображення у працях багатьох вітчизняних науковців. Теоретичні основи та стратегічні імперативи управління ЕЕ досліджували

Денисюк С., Борисенко В. [7], Бицюра Л.О. [8], Ульяновченко Ю. О. [9], Єпіфанова та ін. [10]. Формуванню організаційно-економічних засад, принципів та механізмів управління ЕЕ присвячені роботи Кіріс С. [11], Череп, О. Г. та ін. [12], Комеліної О., Щербіної С. [13], Паламарчк Д. [14] тощо. Новий контекст, зумовлений війною, оцінкою збитків та викликами повоєнного відновлення став предметом аналізу у працях Чернова І. та ін. [15], Ковтуна О. [16]. Аналіз повоєнних викликів досліджується у працях Семененко О. [17] та авторського колективу [18]. Обґрунтування принципів ЕЕ відбудови розглядається в праці Власенко В., Мартинов В. [19]. Отже, існуючі дослідження зосереджені на довоєнних моделях управління, окремих аспектах механізмів управління ЕЕ в будівлях або на оцінці збитків від війни. Таким чином, залишається необхідність подальшого розвитку системної моделі управління підвищенням ЕЕ житлового фонду.

Формулювання цілей статті. Метою статті є розроблення та характеристика онтологічної моделі ЕЕ на основі системного підходу, яка формалізує ключові поняття, показники та причинно-наслідкові зв'язки між енергетичними, технічними, економічними та поведінковими складовими функціонування об'єктів.

Методи дослідження. Для дослідження управління ЕЕ житлових будівель через призму системного підходу використано онтологічне моделювання. Воно представлено 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:

$$k_{PE} = \frac{EP_{\text{первинний}}}{EP_{\text{фінальний}}}, \quad (1)$$

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.

ЕЕ будівлі проявляється не лише в загальному обсязі споживання енергії, а й у тому, як розподіляється енергія між системами. У статті досліджено структуру споживання, яка 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.

Виклад основного матеріалу. 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 з найбільших кінцевих споживачів енергії у світі (близько 40% загального енергоспоживання у розвинених країнах), ЕЕ набуває соціально-економічного змісту. Вона безпосередньо впливає на рівень витрат домогосподарств через доступність комунальних послуг, якість та 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 та витрат від енергетичних політик [21].

Незважаючи на доведену економічну та технічну доцільність заходів з ЕЕ, наприклад, термомодернізація, на практиці спостерігається «розрив енергоефективності як різниці між економічно оптимальним рівнем впровадження ЕЕ та фактичним, значно нижчим, рівнем її реалізації. Причини цього розриву лежать не тільки 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. Враховуючи викладене вище, можемо підсумувати, що подолання розриву доцільно розглядати як управління ЕЕ через призму системного підходу. Застосування онтологічного моделювання ЕЕ будівель у межах систем-

ного 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 та зовнішніх умов середовища. Відтак, онтологічне моделювання вносить ясність у систему управління, чітко виділяє ті елементи знань, які необхідні підприємству для вирішення ситуацій у режимі реального часу [20]. У центрі онтології перебуває будівля як цілісна система.

Таксономія онтології вибудовується у вигляді ієрархії, у якій загальні поняття деталізуються на нижчих рівнях (рис. 1). 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 пропонується модель складається з приміщень або зон, у яких функціонують інженерні системи. Кожна система виконує певну функцію та споживає енергію, формуючи відповідні енергетичні потоки. 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 створює 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 існуючих методик. Зібрані та опрацьовані на основі запропонованої методики дослідження житлових будинків дані представлено у табл. 1.

На рис. 2 представлено структуру споживання енергоресурсів для кожного, представленого у табл. 1 типу будівлі.

Аналіз представлених даних дозволив отримати такі результати на основі інтерпретації змісту значень коефіцієнта первинності структури споживання.

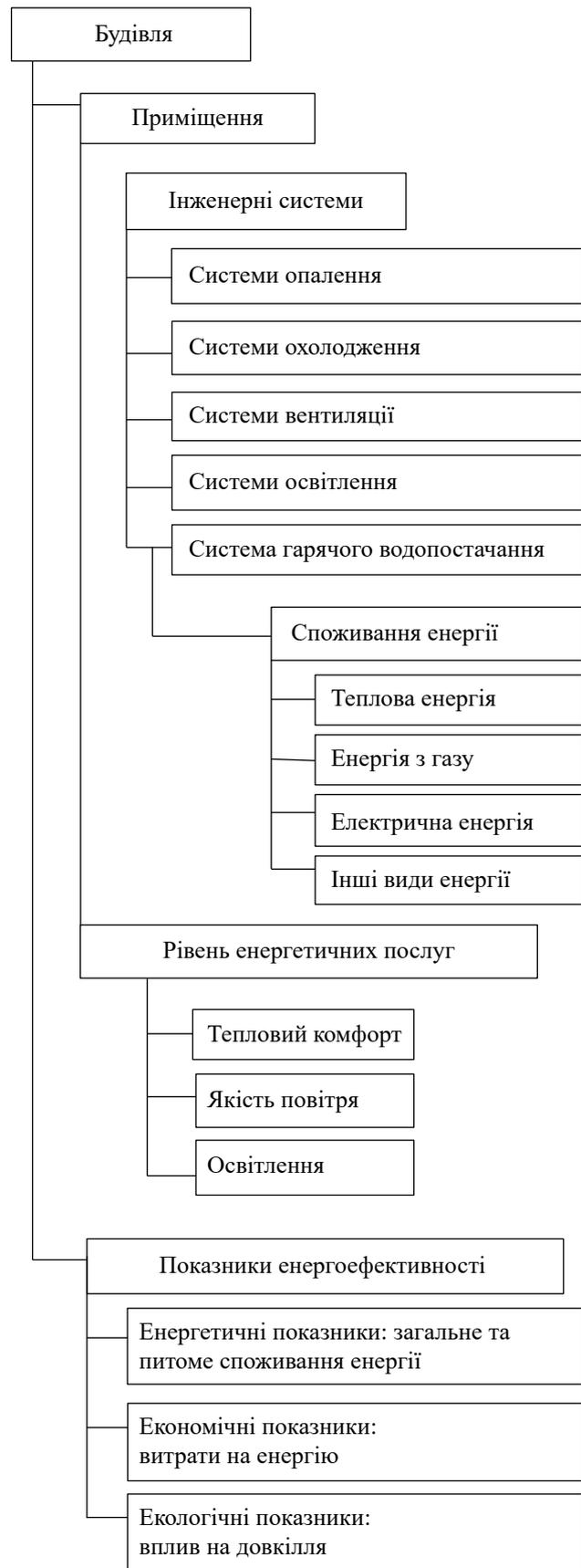


Рис. 1. Онтологічна модель дослідження енергоефективності будівель

Джерело: сформовано авторами

Вихідні дані для оцінки енергоефективності житлових будинків

Позначення будівлі	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.)	Характеристики інженерних систем будівлі: опалення
А	1973	217,6	318	1,46	63	1,047	Теплопостачання
Б	1990	261,2	669	2,56	122,2	1,44	Електрична енергія
В	2016	129,3	169	1,31	33	0,60	Газові котли
Г	2021	91,1	126,1	1,38	25,2	0,60	Газові котли
Д	2023	51,171	149,930	2,93	28,296	1,047	Теплопостачання

Джерело: сформовано авторами

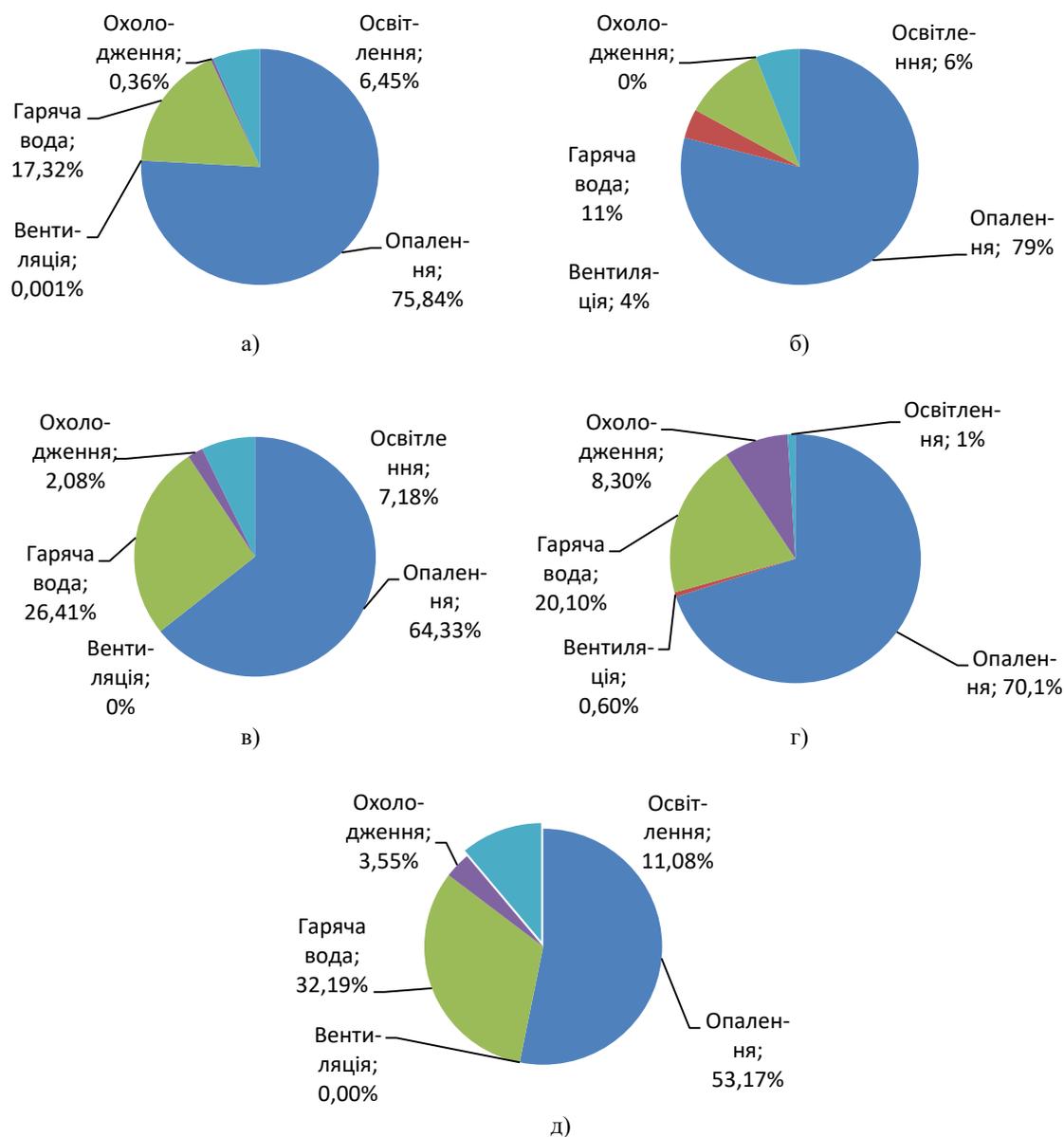


Рисунок 2. Структура енергоспоживання житлових будинків: а) будівля А; б) будівля Б; в) будівля В; г) будівля Г; д) будівля Д.

Джерело: сформовано авторами

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 таблиці 1. 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 $k_{PE} \approx 1,31$ найкраще. Воно пов'язане з використанням індивідуальних газових котлів, що свідчить про відносно ефективне перетворення кінцевої енергії у 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 формує значні втрати або використовує енергоносії із високим коефіцієнтом первинної енергії. Фактично, енергоефективна оболонка будівлі не компенсує неефективність 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, кращі проектні рішення та нормативні вимоги. Отже, енергоефективність оболонки зростає з роком введення в експлуатацію.

Поєднання коефіцієнта первинності з типом інженерних систем дозволяє 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.

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, який впливає на фактичне енергоспоживання через індивідуальні рішення користувачів будівель.

Порівняльний аналіз екологічного виміру ЕЕ показує, що навіть будівлі з низькою енергопотребною можуть характеризуватися підвищеними викидами CO₂ 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.

Висновки. Таким чином, у статті обґрунтовано актуальність застосування онтологічного підходу до дослідження ЕЕ. Проведена комплексна оцінка ЕЕ, що базується на поєднанні трьох компонентів: питомої енергопотребі будівлі, коефіцієнта первинності та структури енергоспоживання з урахуванням інженерних систем, дозволяє обґрунтовано визначати пріоритети енергоефективних заходів – від термомодернізації до трансформації систем енергопостачання – і формувати ефективну стратегію управління енергоспоживанням будівель.

Аналіз енергоефективності житлових будівель на основі онтологічного моделювання дозволив отримати висновок про те, що енергоефективність будівель не може бути коректно оцінена лише за показником питомого кінцевого енергоспоживання. Коефіцієнт первинності виступає індикатором системної ЕЕ, дозволяючи виявити ситуації, коли низьке кінцеве споживання супроводжується високими втратами на етапі виробництва і постачання енергії.

Запропонована методика є ефективним інструментом для порівняльної та діагностичної оцінки ЕЕ будівель, однак її результати слід інтерпретувати з урахуванням зазначених обмежень. Для підвищення точності та практичної цінності аналізу доцільним є поєднання сертифікаційних даних із фактичними вимірами, динамічним моделюванням і поведінковими аспектами, зокрема в рамках цифрових двійників та систем енергоменеджменту. Зазначені аспекти ми розглядаємо як перспективи подальших досліджень.

Список літератури:

1. Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality : Communication from the Commission. COM(2021) 550 final. Brussels : European Commission, 2021. 24 p.
2. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition. COM(2022) 230 final. Brussels : European Commission, 2023. 28 p.
3. 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*. 2018. L 156/75.
4. Новик Т. Повоєнна відбудова України у контексті довоєнних економічних проблем. *Grail of Science*. 2023. № 30. С. 44–49.
5. Метеленко Н. Г., Ситий В. Л., Курмак А. В. 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). Одеса: Олді+, С. 664–669. URL: https://znu.edu.ua/ii_znu/nauka/conf7/zbirnyk_23.pdf (дата звернення: 05.01.2026)
6. Покроковий план енергоефективної відбудови в Україні : аналітичний огляд. Київ: DiXi Group, 20253. 48 с. URL: <https://dixigroup.org/analytic/pokrokovuj-plan-energoefektyvnoyi-vidbudovy-v-ukrayini/> (дата звернення: 06.01.2026)
7. Денисюк С. П., Бориченко О. В. Теоретичні основи побудови систем енергетичного менеджменту в Україні. *Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал*. 2015. № 1 (39). С. 7–17. URL: <https://ela.kpi.ua/items/78a5fc1f-fa5d-4f81-b275-42a080400b91> (дата звернення: 05.01.2026)
8. Бицюра Л. О. Формування стратегії енергоефективності на підприємстві: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук: 08.00.04. Тернопіль, 2021. 20 с.
9. Ульянченко Ю. О., Ульянченко Н. В., Смаглюк А. А. Енергоефективність у публічному управлінні відновленням житлово-будівельної сфери: стратегічні пріоритети та управлінські підходи. *Наукові перспективи*. 2025. № 5 (59). С. 585–598.
10. Єпіфанова І., Ганчук, М. Інноваційні стратегії управління енергоефективними підприємствами в умовах трансформації промисловості. *Modeling the development of the economic systems*. 2025. № 1. С. 401–410. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-15-52>
11. Kiris S. (2021). Implementation of energy efficient principles in management of an apartment building in ukraine. *Three Seas Economic Journal*, № 2 (3), pp. 16–21. DOI: <https://doi.org/10.30525/2661-5150/2021-3-3>
12. Череп О. Г., Олейнікова Л. Г., Лищенко О. Г., Осмаковська К. Ю. Енергоефективність під час війни та післявоєнна відбудова енергетичного сектору України. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2023. № 1–2 (84–85). С. 24–35. URL: <http://vsed.oneu.edu.ua/collections/2023/84-85/pdf/24-35.pdf> (дата звернення: 05.01.2026)
13. Комеліна О.В., Щербініна С.А. Системно-інформаційний підхід у забезпеченні енергетичної ефективності житлового сектору економіки. *Економіка. Менеджмент. Бізнес*. 2019. № 2 (28). С. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.31673/2415-8089.2019.022131>
14. Паламарчук Д. М. Механізм формування економічної політики у сфері енергоефективності. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2021. № 2 (77). С. 25–40.
15. Чернова І., Ємельянова О., Гончаренко А. Перспективи відновлення житлового будівництва у воєнний та повоєнний час. *Економіка та суспільство*. 2022. № 44. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-15>
16. Ковтун О. А. 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. у трьох томах (Київ, 15–28 квітня, 2022); Т. 2. Київ : ДЗВО «УМО» НАПН України, 2022. С. 38–41.
17. Семененко О., Гаврилюк І., Соломицький О., Клят Ю., Добровольський Ю., Гетьман А. Стратегія повоєнного відновлення України: системна модель інтеграції економіки, управління та безпеки. *Social Development and Security*. 2025. № 15 (2). С. 12–19. DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.2.4> ISSN 2522-9842
18. 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*, vol. 11 (2), pp. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.23939/jeecs2025.02.115>
19. Vlasenko V. M., Martynov V. L. (2021). Principles of formation of energy efficient residential buildings. *East European Scientific Journal*, vol. 2, vol. 10 (74). DOI: <https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.136>
20. Полянська А.С. Роль менеджменту знань у ситуаційному управлінні на підприємстві. *Стратегія економічного розвитку України*. 2014. № 34. С. 157–162.
21. Sovacool B. K., Dworkin M. H. (2015). Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, vol. 142, pp. 435–444. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

References:

1. Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality : Communication from the Commission. COM(2021) 550 final. Brussels : European Commission, 2021. 24 p.
2. REPowerEU: A plan to rapidly reduce dependence on Russian fossil fuels and fast forward the green transition. COM(2022) 230 final. Brussels : European Commission, 2023. 28 p.

3. 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*. 2018. L 156/75.
4. Novik T. (2023) Povoienna vidbudova Ukrainy u konteksti dovoiennykh ekonomichnykh problem [Post-war reconstruction of Ukraine in the context of pre-war economic problems]. *Grail of Science*, vol. 30, pp. 44–49.
5. Metelenko N. G., Syty V. L., Kurmak A. V. (2023) Transformatsiina vidbudova natsionalnoi ekonomiky: ekstremni ta planovi dii [Transformational reconstruction of the national economy: emergency and planned actions]. Geostrategic transformations and the trajectory of national security in the context of reconstruction and sustainable development of Ukraine: materials of the International Scientific and Practical Internet Conference (Zaporizhzhia, May 25–26, 2023). Odesa: Oldi+, pp. 664–669. Available at: https://znu.edu.ua/ii_znu/nauka/conf7/zbirnyk_23.pdf (accessed January 5, 2026)
6. Pokrokovyi plan enerhoefektyvnoi vidbudovy v Ukraini : analitychnyi ohliad [Step-by-step plan for energy-efficient reconstruction in Ukraine: analytical review]. Kyiv: DiXi Group, 2025. 48 p. Available at: <https://dixigroup.org/analytic/pokrokovyj-plan-energoefektyvnoyi-vidbudovy-v-ukrayini/> (accessed January 6, 2026)
7. Denisyuk S. P., Borychenko O. V. (2015) Teoretychni osnovy pobudovy system enerhetychnoho menedzhmentu v Ukraini [Theoretical foundations of building energy management systems in Ukraine]. *Energy: economics, technologies, ecology: scientific journal*, vol. 1 (39), pp. 7–17. Available at: <https://ela.kpi.ua/items/78a5fc1f-fa5d-4f81-b275-42a080400b91> (accessed January 5, 2026)
8. Bytsyura L. O. (2021) Formuvannia stratehii enerhoefektyvnosti na pidpriemstvi [Formation of an energy efficiency strategy at an enterprise]: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Economic Sciences. Ternopil, 20 p.
9. Ulyanchenko Yu. O., Ulyanchenko N. V., Smaglyuk A. A. (2025) Enerhoefektyvnist u publichnomu upravlinni vidnovlenniam zhytlovo-budivelnnoi sfery: stratehichni priorytety ta upravliniski pidkhody [Energy efficiency in public management of the restoration of the housing and construction sector: strategic priorities and management approach]. *Scientific Perspectives*, vol. 5 (59), pp. 585–598.
10. Yepifanova I., Ganchuk, M. (2025) Innovatsiini stratehii upravlinnia enerhoefektyvnymi pidpriemstvamy v umovakh transformatsii promyslovosti [Innovative strategies for managing energy-efficient enterprises in the context of industrial transformation]. *Modeling the development of the economic systems*, vol. 1, pp. 401–410. DOI: <https://doi.org/10.31891/mdes/2025-15-52>
11. 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>
12. Cherep O. G., Oleinnikova L. G., Lyschenko O. G., Osmakovska K. Yu. (2023) Enerhoefektyvnist pid chas viiny ta pislivoienna vidbudova enerhetychnoho sektoru Ukrainy [Energy efficiency during the war and post-war reconstruction of the energy sector of Ukraine]. *Bulletin of socio-economic research*, vol. 1–2 (84–85), pp. 24–35. Available at: <http://vsed.oneu.edu.ua/collections/2023/84-85/pdf/24-35.pdf> (accessed January 5, 2026)
13. Komelina O.V., Shcherbinina S.A. (2019) Systemno-informatsiinyi pidkhid u zabezpechenni enerhetychnoi efektyvnosti zhytlovoho sektoru ekonomiky [System-information approach to ensuring energy efficiency in the residential sector of the economy]. *Economics. Management. Business*, vol. № 2 (28). DOI: <https://doi.org/10.31673/2415-8089.2019.022131>
14. Palamarchuk D. M. (2021) Mekhanizm formuvannia ekonomichnoi polityky u sferi enerhoefektyvnosti [Mechanism of economic policy formation in the field of energy efficiency]. *Bulletin of social and economic research*, vol. 2 (77), pp. 25–40.
15. Chernova I., Yemelyanova O., Goncharenko A. (2022) Perspektyvy vidnovlennia zhytlovoho budivnytstva u voiennyi ta povoiennyi chas [Prospects for the restoration of housing construction in wartime and post-war times]. *Economy and Society*, vol. 44. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-44-15>
16. Kovtun O. A. (2022) Orhanizatsiini mekhanizmy vidnovlennia zhytlovoho fondu Ukrainy u postvoiennyi period [Organizational mechanisms for the restoration of the housing stock of Ukraine in the post-war period]. Public management and administration in wartime and post-war conditions in Ukraine: materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference in three volumes (Kyiv, April 15–28, 2022), T. 2. Kyiv: DZVO “UMO” NAPS Ukraine, pp. 38–41. (In Ukrainian)
17. Semenenko O., Gavrilyuk I., Solomytskyi O., Klyat Yu., Dobrovolskyi Yu., Getman A. (2025) Stratehiia povoiennoho vidnovlennia Ukrainy: systemna model intehratsii ekonomiky, upravlinnia ta bezpeky [Strategy of post-war recovery of Ukraine: a systemic model of integration of economy, management and security]. *Social Development and Security*, 15 (2). DOI: <https://doi.org/10.33445/sds.2025.15.2.4> ISSN 2522-9842
18. 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*, vol. 11 (2), pp. 115–123. DOI: <https://doi.org/10.23939/jeccs2025.02.115>
19. Vlasenko V. M., Martynov V. L. (2021) Principles of formation of energy efficient residential buildings. *East European Scientific Journal*, vol. 2, vol. 10 (74). DOI: <https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2021.2.74.136>
20. Polyanska A.S. (2014) Rol menedzhmentu znan u sytuatsiinomu upravlinni na pidpriemstvi [The role of knowledge management in situational management at the enterprise]. *Strategy of economic development of Ukraine*, vol. 34, pp. 157–162.
21. Sovacool B. K., Dworkin M. H. (2015) Energy justice: Conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, vol. 142, pp. 435–444. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>

ENERGY EFFICIENCY MANAGEMENT THROUGH THE LENS OF A SYSTEMS APPROACH

The article examines the problem of energy efficiency in residential buildings in the context of contemporary transformations of energy systems and the increasing requirements for sustainable development. It is substantiated that in modern scientific research energy efficiency is interpreted as a multidimensional concept that goes beyond the purely technical reduction of energy consumption and encompasses technical, economic, organizational, behavioral, and qualitative characteristics of building and energy system performance. The aim of the study is to substantiate a systems-based approach to energy efficiency management of residential buildings and to develop a comprehensive methodological framework that allows energy efficiency to be considered as an integrated characteristic of system performance. The paper proposes a methodological framework for assessing the energy efficiency of residential buildings based on ontological modeling as a tool for knowledge formalization and structuring. The methodology relies on the analysis of final and primary energy consumption indicators, the examination of energy use structure, and the integrated interpretation of results within a unified conceptual model. The application of the proposed approach provides a robust analytical basis for energy auditing, supports informed prioritization of energy efficiency measures, and enhances decision-making at different levels of residential energy efficiency management. The study emphasizes that effective energy efficiency management requires a systems-based approach, which makes it possible to consider a residential building as an integrated system with interrelated components rather than as a set of isolated technical elements. Within such an approach, energy efficiency is treated as an integral characteristic of system functioning, where changes in individual parameters generate cascading effects through cause-effect relationships among technical, economic, and behavioral subsystems. The results contribute to the development of more coherent and transparent energy efficiency policies and practices in the housing sector. The application of the proposed approach provides an analytical basis for energy auditing and for the justified prioritization of energy efficiency measures at different levels of energy efficiency management in the residential sector.

Key words: energy efficiency, ontology, modeling, systems approach, residential buildings, energy audit.

Дата надходження статті: 13.01.2026

Дата прийняття статті: 10.02.2026

Дата публікації статті: 02.03.2026