

## **ВІДГУК**

офіційної опонентки

докторки технічних наук, професорки, професорки кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища  
Національного транспортного університету  
**Хрутьби Вікторії Олександрівни**

на дисертаційну роботу **Гамоцького Романа Олеговича**  
на тему **«Оцінка енергетичної безпеки багатоповерхових будівель в зеленій відбудові України»**,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
в галузі знань 10 «Природничі науки»  
за спеціальністю 101 «Екологія»

### **1. Актуальність теми дисертаційної роботи**

Актуальність дисертаційної роботи Гамоцького Р.О. визначається тим, що до традиційних завдань енергозбереження у будівлях додаються жорсткі вимоги щодо скорочення викидів парникових газів, захисту клімату та підвищення екологічної якості забудови. Будівельний сектор, будучи одним з найбільших споживачів енергоресурсів, формує суттєву частку національного вуглецевого балансу, і без його екологічної модернізації неможливо досягти цілей декарбонізації, передбачених українськими та європейськими стратегічними документами. В умовах війни й повоєнної відбудови особливо небезпечним є відтворення екологічно неефективних практик, що ведуть до надмірного забруднення повітря, нераціонального використання ресурсів та посилення кліматичних ризиків.

Запропонований у роботі підхід дозволяє поєднати розрахунок енергоспоживання, аналіз вуглецевих викидів, оцінку технічного стану огорожувальних конструкцій і систем інженерного забезпечення з моделюванням впливу перебоїв енергопостачання, зміни кліматичних умов та інших зовнішніх чинників. Системна концепція оцінювання енергетичної безпеки будівель органічно включає екологічні аспекти: вуглецевий слід матеріалів і конструкцій, експлуатаційні викиди, вплив на мікроклімат, а також адаптацію до змін клімату (екстремальні температури, підвищене навантаження на системи охолодження тощо). Важливим є те, що запропоновані методи дозволяють зіставляти різні варіанти модернізації і відбудови не лише за енергетичними та економічними, а й за екологічними критеріями. Такий підхід відповідає сучасній парадигмі «зеленої» відбудови, коли кожне втручання в будівлю чи міську тканину розглядається через призму екологічної сталості.

## **2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій**

Наукові положення, теоретичні висновки та практичні рекомендації дисертаційної роботи належним чином обґрунтовані завдяки поєднанню критичного аналізу стану енергетичної безпеки житлового фонду України, узагальнення кращих міжнародних практик «зеленої» реконструкції та виконання власних розрахункових і експериментальних досліджень на реальних багатоповерхових будівлях. Об'єктом практичних досліджень виступили, зокрема, житлові будинки різних періодів забудови, для однієї з яких виконано розрахунок енергетичного паспорту, термографічне обстеження, розрахунок вуглецевого сліду та моделювання теплових втрат у вузлових зонах огорожувальних конструкцій з використанням спеціалізованого програмного забезпечення.

Оцінка енергетичної безпеки здійснювалася на основі поетапної процедури, що включає збір і верифікацію вихідних даних, побудову математичних моделей енергоспоживання, розроблення та аналіз сценаріїв глибокої термомодернізації, застосування відновлюваних джерел енергії та смарт-технологій керування енергоспоживанням. У роботі використано методи порівняльного аналізу життєвих циклів «типових» та енергоефективних будівель, які дозволили кількісно показати зменшення питомого споживання теплової енергії, скорочення викидів CO<sub>2</sub>, підвищення рівня енергетичної автономії та збільшення тривалості життєвого циклу у разі реалізації запропонованих рішень.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- Вперше запропоновано концепцію енергетичної безпеки багатоповерхових будівель, що інтегрує показники енергоефективності, екологічного впливу та стійкості до воєнно зумовлених перебоїв енергопостачання.

- Новим є теоретичне обґрунтування ролі локальної енергетичної безпеки будівель у формуванні стійких до криз енергосистем, що відповідає сучасним уявленням про зелений перехід та сталий розвиток.

- Удосконалено методичну базу забезпечення енергетичної безпеки на основі концепції стійкості із включенням екологічних критеріїв та показників вуглецевого сліду, отриманих методами аналізу життєвого циклу.

- Розроблено управлінські підходи до прийняття енергетичних і екологічних рішень, орієнтовані на активну участь стейкхолдерів у процесах зеленої відбудови.

- Розвинуто принцип «енергоефективність і екологічність у пріоритеті» як основу оцінювання енергетичної безпеки багатоповерхових будівель у період відбудови.

Теоретична цінність полягає у сформуванні моделі, що розглядає будівлю як об'єкт з інтегрованою енергетичною та екологічною безпекою в межах її життєвого циклу; в обґрунтуванні інтеграції технічних, екологічних і управлінських рішень у єдину систему моніторингу стійкості багатоповерхових будівель у процесі зеленої відбудови; а також у запропонованні підходу, який уперше дозволяє відстежувати відповідність будівель цілям сталого розвитку на основі показників енергоефективності, вуглецевого сліду та екологічної безпеки.

Практична цінність дисертації визначається створенням інструментів, які дозволяють застосовувати цей підхід у реальних умовах планування та експлуатації будівель. Запропонований алгоритм комплексної оцінки включає послідовні кроки: енергоаудит, тепловізійні обстеження, моделювання теплообміну, моніторинг після реалізації заходів, що дає змогу обґрунтовано ранжувати об'єкти за рівнем енергетичної безпеки та визначати пріоритетні напрямки реновації. Розроблені рекомендації для зеленої реконструкції враховують потребу в підвищенні автономності, інтеграції відновлюваних джерел енергії та зниженні вуглецевого сліду за рахунок рішень, перевірених методами LCA/WLCA. Результати дослідження уже застосовано як навчальний матеріал у КНУБА і передано як методичну основу для управлінських рішень у будівельних компаніях та органах місцевого самоврядування таких як ТОВ «Атлант Буд констракшн», ТОВ «Фірма «БУД-Комплект»» та Андрушківській сільській громаді.

#### **4. Загальнонаціональне та світове значення роботи**

Загальнонаціональне значення дисертаційної роботи полягає в тому, що вона пропонує науково обґрунтовані підходи до підвищення енергетичної безпеки житлового фонду, які узгоджуються з європейськими стандартами енергоефективності, сертифікації будівель та зеленої відбудови. Це створює передумови для інтеграції України в єдиний європейський енергетичний простір, залучення «зелених» інвестицій та реалізації програм відновлення з опорою на ВДЕ, smart-мережі й цифрові системи управління енергоспоживанням.

Світове значення роботи полягає у формуванні прикладної моделі енергетично стійкої реконструкції житлового фонду в країні, що перебуває на перетині глобальної енергетичної, кліматичної та безпекової трансформацій. Запропонована комбінація методів – від енергомоделювання і LCA до PESTEL-аналізу та багатокритеріальної оптимізації технологій – може бути використана міжнародними організаціями, донорами та муніципалітетами інших країн для планування інвестицій у стійкі будівлі й міста в умовах зростаючої турбулентності світового енергетичного ринку.

## **5. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

Аналіз дисертаційної роботи здобувача Гамоцького Ростислава Олександровича показує, що дослідження виконане на високому науковому рівні, має логічно завершений характер та відповідає сучасним вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 101 «Екологія».

Звіт подібності дисертації, сформований у системі StrikePlagiarism, демонструє рівень текстових співпадінь 9,64%, що є підтвердженням оригінальності роботи, відсутності академічного плагіату, а також фабрикації й фальсифікації результатів. Усі запозичені фрагменти, включно з термінологією, окремими методичними підходами та цитатами з наукових джерел, оформлені з дотриманням норм академічної доброчесності, а роботи у співавторстві містять чітко окреслений особистий внесок здобувача в отримані результати.

## **6. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації**

Дисертаційна робота виконана українською мовою, відзначається належним рівнем мовної культури та коректним використанням сучасної наукової термінології у галузі екології, енергоефективності та енергетичної безпеки.

Структура дисертації є логічно цілісною: дослідження викладено на 221 сторінці та складається з анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 5 додатків; обсяг основного тексту становить 133 сторінки. Робота містить перелік використаних джерел із 156 позицій, що забезпечує достатню повноту ілюстрації теоретичних положень і практичних результатів та відповідає вимогам МОН України до оформлення дисертаційних досліджень.

## **7. Аналіз основного змісту роботи**

У **вступі** дисертації послідовно розкрито передумови й проблематику оцінки енергетичної безпеки багатоповерхових будівель, обґрунтовано актуальність теми з урахуванням сучасних тенденцій зеленої реконструкції, декарбонізації та децентралізації енергетики. Визначено місце дослідження в системі наукових розробок кафедри та університету, подано формулювання мети дослідження, сукупності завдань, об'єкта й предмета, описано загальну методологічну базу (аналітичні, розрахункові та експериментальні підходи). Вступ також містить узагальнену характеристику наукової новизни, практичної цінності розробленої методики та структури дисертаційної роботи.

У **першому розділі** проаналізовано міжнародний і національний досвід термомодернізації та «зеленої» реконструкції житлового фонду, включно з практиками ЄС щодо nZEB, глибокої модернізації огорожувальних

конструкцій, впровадження ВДЕ та смарт-технологій керування енергоспоживанням. Показано, яких результатів досягнуто в різних країнах за рахунок комплексної модернізації (зниження питомого споживання тепла та електроенергії, скорочення викидів CO<sub>2</sub>, підвищення частки децентралізованої генерації) і які бар'єри та можливості це створює для України в умовах воєнних та енергетичних ризиків. На основі цього огляду обґрунтовано необхідність переходу від фрагментарних заходів енергоефективності до системного управління енергетичною безпекою багатоповерхових будівель, що відповідає принципам зеленої відбудови.

У **другому розділі** дисертаційної роботи сформовано методичну основу дослідження енергетичної безпеки будівель, що включає поєднання інструментальних вимірювань, автоматизованого моніторингу та чисельного моделювання. Розглянуто процедури енергоаудиту з опорою на національні та європейські нормативи, застосування тепловізійних зйомок для ідентифікації дефектів огорожувальних конструкцій, використання систем енергетичного менеджменту з інтелектуальними лічильниками, а також побудову RC-моделей і 2D/3D теплотехнічних схем для розрахунку теплових потоків, приведення опору теплопередачі та ризику конденсації, доповнених методами LCA/WLCA для оцінки вуглецевого сліду.

У **третьому розділі** узагальнено результати апробації розробленої автором методики комплексної оцінки енергетичної безпеки багатоповерхових будівель з урахуванням екологічних аспектів. Методика включає поетапне проведення енергоаудиту, складання енергетичного паспорта, інструментальні тепловізійні обстеження, автоматизований аналіз даних енергоспоживання, а також чисельне моделювання теплових потоків у вузлах будівельних конструкцій. У розділі наведено результати порівняльного дослідження «типового» та модернізованого сценаріїв для реальної будівлі: показано зміну класу енергоефективності, зменшення тепловтрат у кутових зонах і стиках, зниження ризику конденсації та формування плісняви. Додатково виконано розрахунки показників життєвого циклу і вуглецевого сліду, що дозволило продемонструвати, як запропонований набір заходів (утеплення, оптимізація інженерних систем, застосування енергоефективних матеріалів) знижує сумарні викиди CO<sub>2</sub>, підвищує стійкість будівлі до енергетичних збоїв і сприяє досягненню цілей «зеленої» відбудови.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи показано, як розроблені методичні підходи можуть бути використані для формування політики екологічно орієнтованої реконструкції житлового фонду на рівні окремого будинку, міського кварталу та громади. На основі результатів енергоаудиту, моделювання теплових потоків і розрахунків вуглецевого сліду сформульовано рекомендації щодо комплексу технічних, організаційних та управлінських заходів, які дозволяють зменшити енергетичні втрати, скоротити викиди CO<sub>2</sub>, підвищити комфорт і безпеку мешканців навіть в умовах частих надзвичайних ситуацій. Доведено, що лише комплексний управлінський підхід — коли разом розглядаються енергетичні, екологічні,

економічні та соціальні аспекти — дає змогу своєчасно попереджати загрози, а не лише реагувати на їхні наслідки. Такий підхід повністю узгоджується з принципами зеленого будівництва та стратегічними орієнтирами сталого розвитку, спрямованими на зниження антропогенного навантаження й підвищення стійкості міських екосистем.

У **висновках** сформульовано основні наукові результати роботи. Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

## **8. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Результати дисертаційної роботи оприлюднено у 33 наукових роботах: 10 статтях (8 – у наукових фахових виданнях України, 2 – у зарубіжних спеціалізованих виданнях), 2 розділах у колективних монографіях, 4 навчально-методичних матеріалах та 17 конференційних публікаціях, присвячених питанням енергоефективності, енергетичної безпеки та екологічної модернізації будівель.

У роботах, виконаних у співавторстві, здобувач відповідав за наукове формулювання проблеми, розробку й застосування підходів до енергоаудиту й термографічних обстежень, побудову 2D/3D моделей теплопередачі та сценаріїв життєвого циклу, а також за підготовку графічних матеріалів і узагальнення висновків.

## **9. Зауваження та побажання до дисертаційної роботи.**

1. У розділі 1 (підрозділ 1.2, с. 37– 41) ґрунтовно висвітлено міжнародний досвід енергоефективної відбудови та декарбонізації житлового сектору, однак недостатньо уваги приділено критичному аналізу можливостей адаптації цих практик до сучасних українських соціально-економічних і нормативно-правових умов. Зокрема, доцільно було б чіткіше окреслити обмеження впровадження стандартів nZEB та ESG-підходів у вітчизняному житловому фонді.

2. У другому розділі, де розглянуто цифрові інструменти (BIM, спеціалізоване ПО, хмарні сервіси (с.62–64), автор в основному описує загальні можливості, однак було б доцільно навести конкретні приклади інтеграції моніторингових даних у моделі енергетичної та екологічної безпеки.

3. У розділі 3 детально наведено математичні розрахунки теплових характеристик та енергетичних показників будівель (підрозділи 3.1 та 3.3), однак недостатньо уваги приділено верифікації отриманих результатів шляхом їх порівняння з фактичними експлуатаційними даними або результатами натурних вимірювань. Це дещо обмежує можливість оцінки практичної достовірності запропонованих моделей.

4. В додатках до роботи корисно було б навести фрагменти вихідних таблиць розрахунків для одного з об'єктів (енергетичний баланс (Додаток В),

показники вуглецевого сліду (Додаток Г), результати багатокритеріальної оцінки (Додатки Г та Д), що підвищило б прозорість та відтворюваність запропонованої методики.

5. Як побажання для подальших досліджень, автору варто було б розглянути можливість включення індексів комфортності (наприклад, UTCI чи подібних) у систему показників енергетичної та екологічної безпеки будівель в умовах змін клімату.

Висловлені зауваження не є принциповими та не зменшують загальної наукової новизни і практичної значущості отриманих результатів, не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи та можуть бути враховані в подальших дослідженнях автора дисертації

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Гамоцького Романа Олеговича «Оцінка енергетичної безпеки багатопверхових будівель у зеленій відбудові України» є науково обґрунтованою, екологічно спрямованою працею, у якій запропоновано системний підхід до зменшення техногенного навантаження житлового фонду на довкілля. На основі поєднання енергоаудиту, тепловізійних обстежень, моделювання теплових потоків, аналізу життєвого циклу та PESTEL-оцінювання автор демонструє, що підвищення енергоефективності й автономності будівель здатне суттєво скоротити викиди CO<sub>2</sub>, зменшити споживання викопного палива та ризики забруднення атмосферного повітря. Запропоновані в роботі рекомендації по створенню системи енергетичного управління можуть бути використані при формуванні місцевих програм зеленої відбудови, екологічної модернізації житлового фонду.

За сукупністю показників – актуальність, наукова новизна, екологічна спрямованість і практична корисність – дисертація відповідає чинним вимогам до дисертаційних робіт, а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 101 «Екологія».

### **Офіційна опонентка:**

Докторка технічних наук, професорка  
професорка кафедри екології  
та технологій захисту навколишнього  
середовища

Національного транспортного  
університету



**ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ**

Учештій секретар Національного  
транспортного університету  
Олександр ІВАНУШКО

» 20\_\_ р.

Вікторія ХРУТЬБА