

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сердечного Павла Юрійовича

на тему «Покращення енергетичних характеристик огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням їх термічної неоднорідності»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

Актуальність теми дисертації.

У сучасних умовах боротьби з кліматичними змінами та енергетичною вразливістю, будівельний сектор відіграє ключову роль у загальному балансі споживання енергії. За даними Європейського Союзу, на будівлі припадає близько 40 % кінцевого енергоспоживання та 36 % викидів CO₂ у ЄС, тому підвищення їхньої енергоефективності є одним із пріоритетів European Green Deal з метою досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року. Одночасно з цим, нова редакція Директиви про енергетичне функціонування будівель (EPBD), ухвалена у травні 2024 року, зобов'язує країни-члени знизити енергоспоживання будівель на 11,7 % до 2030 року, розгорнути масштабні програми реконструкції та стимулювати інтеграцію відновлюваних джерел.

Європейська стратегія «Renovation Wave» передбачає подвоєння щорічних темпів енергоефективних реконструкції будівель до 2030 року, що дасть змогу оновити близько 35 млн будівель, створити до 160 000 нових робочих місць у галузі та забезпечити значне зниження викидів парникових газів. До цього сектора також долучаються додаткові державні та приватні інвестиції, що мають сприяти підвищенню енергетичної ефективності будівель та забезпечити доступне, комфортне середовище, особливо в умовах зростання цін на енергоносії та геополітичні виклики.

В Україні будівельний фонд характеризується низькою якістю теплоізоляції та зношеними системами опалення. На його об'єкти припадає майже 40 % кінцевого енергоспоживання країни, із часткою природного газу в структурі близько 48 % у секторі житлового опалення, що значно перевищує середньоєвропейські показники. Понад 200 000 житлових будинків потребують заходів термомодернізації, при цьому близько чверті з них побудовані в 1960–1980-х роках та мають низькі теплоізоляційні характеристики. У воєнний та повоєнний періоди реконструкції ці виклики посилюються необхідністю швидкого відновлення інфраструктури за сучасними стандартами енергоефективності.

Представлене дисертаційне дослідження спрямоване на розроблення й апробацію комплексних підходів щодо аналізу процесів теплопередачі огорожувальних конструкцій із теплопровідними включеннями з використанням сучасних засобів комп'ютерного моделювання. Отримані результати дозволяють обґрунтувати технологічні рішення для мінімізації тепловтрат у будівлях. Завдання роботи відповідає як європейським, так і українським пріоритетам щодо підвищення енергоефективності будівельного сектору, та має вагоме практичне значення для реалізації шляхів зменшення енергоспоживання в Україні до 2050 року.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 1) Поглиблено аналіз теплового стану типових вузлів термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій будівель різного призначення для поточних вимог законодавства до енергетичної ефективності та будівель nZEB.
- 2) Розвинуто підходи використання динамічних 3D-моделей громадських та житлових будівель для детального моделювання енергопотреби на опалення та охолодження з врахуванням різного рівня теплового захисту та теплопровідних включень.
- 3) Вперше проведено оцінку впливу улаштування вузлів огорожувальних конструкцій та теплопровідних включень на енергопотребу на опалення та охолодження будівель різного призначення для кліматичних умов України.

Отримані наукові результати відповідають завданням досліджень та підтверджуються їх апробацією на науково-технічних конференціях. Достовірність наукових результатів також підтверджується їх впровадженням в роботу ГО «Асоціація енергетичних аудиторів України».

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сердечного Павла Юрійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям енергозбереження та підвищення рівня ефективності кінцевих споживачів енергії (будівель).

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сердечного П. Ю. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело. Тому дисертаційна робота Сердечного П. Ю. є оригінальною роботою та не порушує принципів академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою з дотриманням логічного порядку викладу матеріалу. Результати дослідження подано чітко і послідовно, основні положення обґрунтовано належним чином. Текст написано в науковому стилі, із застосуванням загальноприйнятої термінології в галузі енергетики та енергоефективності. Текст дисертації має достатній обсяг та проілюстрований рисунками і таблицями. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 178 сторінок.

У вступі описано актуальність дослідження, сформульовано мету та завдання досліджень, об'єкт, предмет та методи дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, а також відомості про наявні публікації, апробацію та особистий внесок здобувача.

У першому розділі проведено всебічний аналіз нормативно-методичної бази України та ЄС щодо енергоефективності будівель. Розглянуто національні та європейські стандарти (зокрема, ДБН, ДСТУ, EN ISO), способи оцінки теплопровідних включень і методи розрахунку теплових потоків через конструкції.

У другому розділі обрано та проаналізовано два типових об'єкти: школа та багатоквартирний будинок. Для кожної будівлі подано розгорнутий опис конструктивних та інженерних характеристик, зокрема геометрії, матеріалів стін, покриттів, вікон і дверей, та ін. У межах розділу обґрунтовано необхідність використання спеціалізованого програмного забезпечення для точного визначення лінійних (ψ) та точкових (χ) коефіцієнтів теплопередачі. Наведено характеристику конструктивних елементів і описано сучасні програмні засоби (THERM, EnergyPlus тощо) для моделювання теплопередачі.

У третьому розділі дисертації здійснено чисельне моделювання вузлів огорожувальних конструкцій, характерних для української будівельної практики. Порівняно базові й удосконалені конструктивні рішення з метою мінімізації лінійних теплових втрат, обґрунтовано їх ефективність через порівняння відповідних значень ψ -фактора, які часто зменшувались на 30–70 % за рахунок застосування додаткових теплоізоляційних матеріалів, виносного монтажу вікон, терморозривів тощо. У підсумку, розділ закладає основу для

кількісної оцінки впливу теплопровідних включень на рівень енергопотреб на опалення та охолодження будівель

У четвертому розділі розглянуто динамічне моделювання процесів теплообміну з використанням DesignBuilder. Проведено серію сценаріїв для двох типів будівель з різним рівнем врахування теплопровідних включень. Встановлено, що вдосконалення вузлів зменшує енергоспоживання до 30%, однак потребує додаткового контролю охолодження влітку. Робота має практичне значення для розробки ефективних будівельних рішень і досягнення стандартів nZEB.

У висновках узагальнено основні наукові та практичні результати, отримані в дисертаційній роботі.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у семи наукових публікаціях здобувача, серед яких: п'ять статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на двох наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача мають високий науковий рівень, проходили рецензування та перевірку на плагіат згідно умов видавництва. Особистий внесок здобувача до представлених наукових публікацій є вагомим. Публікації охоплюють всі результати дисертаційного дослідження.

Таким чином, наукові результати наведені в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом робота складає позитивне враження, але варто відмітити декілька зауважень:

1. В тексті дисертаційної роботи не приведена науково-прикладна проблема, що вирішується дисертантом.

2. У меті дослідження варто було б замінити «неоднорідних включень» на «теплопровідних включень» для збереження єдності термінології, що використовується в роботі.

3. Зазвичай методологія наукових досліджень визначає об'єкт дослідження як «процес або явище», на якому дослідник фокусує свою увагу. У зв'язку з цим дисертаційній роботі варто було б змінити об'єкт та предмет дослідження місцями.

4. Методичний апарат дослідження варто було б розкрити більш детально. Зокрема, додати, наприклад, методи теорії вимірювань, теорії фізичного та

математичного моделювання, теорії ймовірностей, математичної статистики, планування багафакторного наукового експерименту, опрацювання та верифікації його результатів тощо.

5. На думку рецензента, пункти наукової новизни краще було б доповнити/змінити наступним чином: «поглиблено методологію аналізу теплового стану....», «розвинуті методичні підходи використання....», «вперше запропоновано метод оцінювання впливу».

6. У назві таблиці 1.2 термін «властивості» варто замінити на «характеристики» чи «параметри», а в назві пункту 1.3 «останні закордонні дослідження – на «сучасні закордонні дослідження».

7. В тексті дисертації відсутнє посилання на таблицю 1.4.

8. Термін «енергетичне моделювання», що вживається в назві розділу 2 та тексту дисертації, потребує уточнення, оскільки відсутній у вітчизняній нормативній базі.

9. У розділі 2 не наведено порівняння переваг та недоліків програмних продуктів, що були розглянуті здобувачем. Це дозволило б краще обґрунтувати вибір Therm та EnergyPlus для виконання поставлених завдань

10. На рис. 3.2, 3.3, 3.4 і т.д. наведено розподіли векторів густини теплового потоку та температур, проте не вказані початкові та граничні умови, що використовувались при моделюванні.

11. У розділі 3 дисертант пропонує та досліджує покрокові рішення щодо підвищення теплотехнічних характеристик того чи іншого конструктивного вузла, зокрема шляхом дискретного збільшення товщини теплоізоляційного шару. Більш інформативним був би результат, що демонструє функціональну залежність зміни лінійного коефіцієнту теплопередачі від товщини теплоізоляційного матеріалу.

12. В якій мірі пропонуване зменшення лінійних коефіцієнтів теплопередачі впливає на загальний рівень тепловтрат огорожувальних конструкцій?

13. При проведенні моделювання використовувались 2D моделі, що робить неможливим розповсюдження запропонованих рішень на об'ємні кути будівель.

14. Збільшення товщини теплоізоляційних матеріалів вимагає перерахунку навантажень на конструктивні елементи системи, що ускладнює впровадження запропонованих рішень, особливо для застарілого будівельного фонду.

15. На рис. 4.1 відсутні функціональні зв'язки на запропонованій схемі.

16. У розділі 4 автор робить припущення щодо критичності значення впливу теплопровідних включень, базуючись на результатах моделювання, проте отримані результати не є верифікованими. Не наведено жодних результатів порівняння розрахункових ψ -коефіцієнтів чи енергопотреби з реальними вимірюваннями на існуючих будівлях.

17. Техніко-економічний аналіз щодо впровадження запропонованих рішень із вдосконалення конструктивних вузлів значно прикрасив би цю роботу.

18. У роботі наявна певна кількість орфографічних, стилістичних та синтаксичних помилок, що загалом не впливають на розуміння матеріалу.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сердечного Павла Юрійовича на тему «Покращення енергетичних характеристик огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням їх термічної неоднорідності» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Сердечний Павло Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Офіційний опонент:

Заступник директора
з науково-організаційної роботи
Інституту загальної енергетики
НАН України,
доктор технічних наук, старший дослідник



Артур ЗАПОРОЖЕЦЬ

«21» серпня 2025 року