

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сапунова Анатолія Олександровича

на тему «**Оцінювання енергоефективності будівлі дошкільного
навчального закладу в умовах забезпечення теплового комфорту**»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

Актуальність теми дисертації.

Обрана тема досліджень є актуальною та відповідає сучасним потребам у вирішенні питань підвищення рівня енергоефективності будівель як на місцевому, так і на міжнародному рівнях. Багато років людство стикається з необхідністю економії та раціонального використання енергоресурсів для зменшення споживання і зниження викидів забруднюючих речовин. Для нашої держави ці питання стали ще більш актуальними через вторгнення російських військ на територію України, що спричинило руйнування енергетичної інфраструктури та появу загрози зниження надійності, а подекуди і повного переривання у постачанні енергетичних ресурсів. Наявні негативні наслідки агресивних дій росії змушують Україну підвищувати енергоефективність у всіх сферах – від виробництва до споживання енергії, а також розвивати сучасні енергоощадні технології.

Беручи до уваги, що будівельний сектор є одним з найбільших споживачів енергії, державна політика спрямована на підвищення рівня його енергоефективності. Так, для підтримки впровадження енергозберігаючих заходів, в Україні створено ДУ «Фонд енергоефективності». Більшість фінансованих нею заходів орієнтовані на покращення теплофізичних властивостей огорожувальних конструкцій, що є надзвичайно важливим для будівель дошкільних навчальних закладів. Підвищення рівня енергоефективності останніх допоможе не лише зменшити витрати на опалення та кондиціювання, але й сприятиме створенню комфортних умов перебування дітей у приміщеннях, що має ключове значення для таких будівель.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

В дисертаційній роботі поставлене наукове завдання, яке полягає в аналізі зміни теплового стану та оцінки підвищення рівня енергоефективності будівлі дошкільного навчального закладу в умовах забезпечення теплового комфорту

за допомогою динамічного моделювання, виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у наступному:

1. Розвинуто підхід до використання динамічної 3D-моделі для детального аналізу енергоспоживання у дошкільних навчальних закладах, враховуючи специфіку їх експлуатації та визначення характеристик комфортності.

2. Вперше проведено оцінку ефективності енергоспоживання з урахуванням різних режимів експлуатації та теплотехнічних характеристик будівель для умов України, що сприяє розумінню взаємозв'язку між тепловим комфортом і енергетичною ефективністю. При дотриманні умов комфортності рівня дошкільних закладів споживання енергії може зростати на 39 % порівняно з офісною будівлею.

3. Отримано кількісну оцінку впливу на тепловий комфорт таких факторів, як тепловий захист огорожувальних конструкцій, орієнтація приміщень, умови експлуатації та поведінки користувачів, що дозволяє прогнозувати споживання енергії, при використанні різних засобів підвищення рівня енергоефективності будівель.

4. Вперше для умов України оцінено ефект використання різних типів затінення вікон на рівень витрати енергії на охолодження та освітлення, обґрунтовано оптимальний вибір та використання затінення, для різної орієнтації вікон будівлі, що дозволяє знизити енергопотребу на охолодження на 30 %.

Достовірність та новизна отриманих результатів також підтверджується їх впровадженням у проекти державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій. Матеріали досліджень використовується для технічної розробки за державним замовленням «Розроблення інтелектуальної низькотемпературної системи теплозабезпечення будівель на базі конденсаційної модульної котельні» дата реєстрації: 06-11-2023 НДР № держреєстрації 0123U104476 та держбюджетної теми «Ексергетичне обґрунтування нестаціонарних режимів та характеристик комбінованого тепло- та холодозабезпечення енергоефективних будівель на основі теплонасосних систем» НДР № держреєстрації 0119U100670, 2023.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача, Сапунова Анатолія Олександровича, повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої 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 (будівель).

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота здобувача, Сапунова Анатолія Олександровича, 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, а сама дисертаційна робота здобувача є оригінальною працею та не порушує принципів академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою з дотриманням логічного порядку викладу матеріалу. Застосована в роботі наукова термінологія є загальновизнаною, стиль викладення результатів досліджень, наукових положень, висновків і рекомендацій забезпечує доступність їхнього сприйняття.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 123 сторінки.

У *вступі* послідовно обґрунтовано актуальність, сформульовано мету, наукове завдання, об'єкт, предмет та методи дослідження, визначено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів та власний доробок здобувача, представлено дані про апробацію дисертації та наявні публікації.

У *першому розділі* дисертації висвітлені основні засади енергоефективності будівель, такі як теплоізоляція та енергозберігаючі матеріали, енергоефективні системи опалення та кондиціонування, енергоефективне освітлення, використання відновлювальних джерел та поведінка користувачів і їхній вплив на енергоспоживання. Розглянуто вимоги до нового будівництва та реконструкції будівель з метою досягнення високих стандартів енергоспоживання у світлі українського законодавства у сфері енергоефективності. Підкреслено критичну важливість створення оптимальних теплових умов в приміщеннях, що є основним місцем перебування людей.

У *другому розділі* представлено опис об'єкта дослідження, детально розглянуто основні налаштування будівлі з використанням програмного середовища DesignBuilder. Детально описано як теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, графіки присутності людей для кожної зони та термічний опір їхнього одягу відіграють вирішальну роль у розрахунку теплового комфорту. Показано, що використання DesignBuilder сприяє глибокому аналізу енергетичної ефективності та теплового комфорту будівлі,

дозволяючи розробляти рекомендації для підвищення стандартів ефективності та зниження енергоспоживання.

У *третьому розділі* проведено оцінювання енергетичних характеристик та теплового комфорту об'єкту дослідження в зимовий період. Детально розглянуто вплив термомодернізації, згідно з шведськими енергетичними стандартами, на зменшення енергоспоживання. Показано, що модернізація огорожувальних конструкцій дозволяє значно знизити витрати енергії на опалення, що демонструє важливість заходів щодо утеплення будівель. Підкреслено значення географічного орієнтування будівлі та врахування сонячних надходжень через віконні конструкції, які можуть істотно покращувати тепловий комфорт внутрішніх приміщень і зменшення додаткового опалення. Розглянуто вплив зміни функціонального призначення будівлі на її енергетичні потреби, зміна призначення будівлі – дитячого садка на офіс, що значно знижує витрати енергії. Встановлено, що впровадження переривчастого опалення, одночасно із підвищенням теплового опору конструкцій, призводить до ще більшого зниження енергоспоживання, що підтверджує ефективність такого підходу. Результати свідчать про можливість зниження внутрішньої температури без втрати в комфорті, що додатково сприяє економії енергії. Показано, що врахування факторів теплового комфорту відіграє важливу роль у розробці стратегій енергоефективності та забезпеченні здорового та комфортного середовища для користувачів будівлі.

У *четвертому розділі* проведено оцінювання енергетичних характеристик та теплового комфорту в перехідний та літній періоди. Досліджено вплив заходів щодо підвищення енергоефективності використання енергії влітку та показано, що інтеграція спліт-систем охолодження та опалення є важливою для дошкільних навчальних закладів, де зазвичай відсутні системи охолодження. Дослідження включало розгляд впливу підвищення теплоізоляційних характеристик на рівень споживання енергоресурсів, виходячи з варіантів, які відповідають законодавчим стандартам з енергоефективності Швеції. Оцінено вплив орієнтації вікон та розташування затінення на ефективність зменшення енергопотреб на охолодження. Проведено аналіз впливу затінення на радіаційну температуру та показано, що статичне затінення сприяє зниженню температури в приміщенні, поліпшуючи тепловий комфорт у літній період.

Висновки, за результатами виконаного дисертаційного дослідження, складаються з 8 основних пунктів та узагальнюючого заключення.

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 7 наукових публікаціях здобувача, серед яких:

- 3 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України;
- 1 стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базах даних Web of Science Core Collection та Scopus, віднесеному до першого квартиля Q1, відповідно до класифікації Journal Citation Reports, та були апробовані на 3-х наукових фахових конференціях.

Результати роботи передані ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» для використання при розробці стандартів з енергоефективності будівлі.

Публікації здобувача мають високий науковий рівень, проходили рецензування та перевірку на плагіат, згідно умов видавництва. Повнота викладу в опублікованих працях наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у роботі, є достатньою.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

Загалом робота складає позитивне враження та, попри це, варто відмітити декілька зауважень:

1. У пп. 2.2.1 згадується інструмент виконання аналізу наявності конденсації, відповідно до вимог ISO 13788. Яким чином цей інструмент було використано в дослідженні?

2. У пп. 2.2.4 зазначено, що період активації опалювальної системи встановлено з 15 жовтня до 20 квітня. Незрозуміло, чому в розрахунках взято саме ці дати початку та закінчення опалювального періоду, оскільки, згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія», для будівель дошкільних навчальних закладів, які розташовані в м. Києві, він триває з 6.X по 19.IV.

3. У таблиці 3.1 доцільно також зазначити мінімальні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій, відповідно до діючих в Україні вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» як для наочності, так і з метою порівняння з вимогами, які висуваються у Швеції.

4. Не зрозумілим є проведення порівняння енергоспоживання будівлями з різним функціональним призначенням, а саме будівлі дошкільного навчального закладу та офісної будівлі, оскільки температурний режим та кратність повітрообміну в приміщеннях вищезгаданих будівель є різними. Крім того, при оцінці рівня енергоспоживання такими будівлями в літній період, липень та серпень місяці не можуть бути прийняті для порівняння, оскільки дошкільні навчальні заклади в цей час не працюють. Доцільніше було б порівняти об'єкт дослідження із будівлею навчального закладу.

5. Потребує пояснень вибрана стратегія зниження кратності повітрообміну в неробочі години, яка для будівлі дошкільного навчального закладу становить $0,75 \text{ год}^{-1}$ та $0,5 \text{ год}^{-1}$ для офісної будівлі відповідно. З огляду на відсутність дітей та персоналу у приміщеннях будівлі дошкільного закладу у неробочі

години та у вихідні дні, доцільніше було б прийняти її на аналогічному як для офісної будівлі рівні.

6. Відсутнє техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження пропонованих заходів. Варто було б додати розрахунок щодо впливу підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі після її термомодернізації та доведенням значення термічного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій до встановлених норм, згідно з шведськими енергетичними стандартами, на зменшення обсягів питомого енергоспоживання по відношенню до вкладених інвестицій при дотриманні умов комфортності у будівлі дошкільного навчального закладу.

7. У тексті дисертації наявні деякі неточності та описи по тексту, зокрема:

- на стор. 51 зазначено, що будівля двоповерхова, опалювальна площа якої становить 918 м^2 , хоча, згідно даних наведених на рис. 2.4 на стор. 53, вона складає $800,9 \text{ м}^2$;
- на стор. 59 зазначено: «Дерев'яні двері володіють опором теплопередачі, що складає $R = 0,24 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ при площі $4,40 \text{ м}^2$. Металеві двері мають тепловий опір $R = 0,30 \text{ м}^2\text{К/Вт}...$ ». Дане твердження потребує уточнення щодо наявності шару утеплювача у конструкції зовнішніх дверей, оскільки термічний опір теплопередачі неутеплених металевих дверей $\leq 0,2 \text{ м}^2\text{К/Вт}$;
- на стор. 62 зазначено: «Відповідно до ДСТУ 9190:2022 «Енергетична ефективність будівель» [9] типові дані теплонадходження від електронного обладнання становлять $3 \text{ Вт/м}^2...$ », хоча у вищезгаданому документі приймається внутрішній тепловий потік від «обладнання» у цілому.

Наведені зауваження не носять принципового характеру та суттєво не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, не зменшують її вагомий внесок у новизну отриманих наукових результатів.

Висновок про дисертаційну роботу.

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії, Сапунова Анатолія Олександровича, на тему «Оцінювання енергоефективності будівлі дошкільного навчального закладу в умовах забезпечення теплового комфорту» виконана на достатньо 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». Зміст роботи відповідає паспорту спеціальності 144 «Теплоенергетика».

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, а її автор, Сапунов Анатолій Олександрович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Офіційний опонент:

в. о. завідувача кафедри
інженерії енергосистем
Національного університету
біоресурсів і
природокористування України,
к.т.н., доцент



Євген АНТИПОВ

М.П.

«16» 08 2024 року

