

## РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу **Венгрин Ірини Іванівни**

*«Енергоефективні геліосистеми інтегровані в світлопрозорі фасади будівель»,*

поданої на здобуття наукового ступеня **доктора філософії**

з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво»

та спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

**Актуальність теми.** Тема дисертації присвячена отриманню теплової та електричної енергій завдяки енергоефективним геліосистемам, що інтегровані в світлопрозорі фасади будівель. Відомо, що збільшення використання електроенергії з кожним роком спостерігається на фоні скорочення світових запасів традиційних енергоносіїв. Тому Європейський Союз ініціював збільшення частки застосування відновлюваних джерел енергії, зокрема енергію Сонця, прийнявши низку рішень, що є обов'язковими до виконання. Україна, як Європейська країна, долучилася до таких вимог світової спільноти і 20 лютого 2003р. було прийнято Закон «Про альтернативні джерела енергії», до яких належать енергія Сонця, вітру тощо. Використання енергії Сонця, має ряд переваг, а саме: невичерпність джерела електроенергії; мінімальна шкода навколишньому середовищу; екологічна чистота; забезпечення енергетичної незалежності; встановлення сонячних електростанцій виправдане для територій з нестачею водних ресурсів; дешевизна в довгостроковій перспективі.

В Україні багато сприятливих факторів для розвитку сонячної енергетики, а саме: вигідне географічне положення; достатній рівень інсоляції; вигідний тариф відносно іноземної валюти; велика площа територій, які придатні для встановлення електричних панелей та сонячних колекторів. Зміна нормативно-правової бази в галузі архітектури та будівництва в Україні зумовила, зокрема, розміщення сонцесприймальних пристроїв на/в світлопрозорих фасадах будівель, в яких можна використати теплові колектори та фотоелектричні сонячні панелі. Тому, **актуальним** напрямком вдосконалення систем сонячного енергопостачання є перетворення сонячної енергії в теплову та електричну завдяки суміщенню сонцепоглиналих поверхонь теплових колекторів та фотоелектричних панелей із зовнішньою конструкцією будівлі. Зважаючи на вище відзначене, вдосконалення конс-

трукцій, що інтегровані в фасади будівель та перетворюють сонячну енергію в теплову та електричну і можуть бути використані як джерело енергії і додатковий сонцезахист в приміщенні є **актуальним** об'єктом для дослідження.

Саме на це скерована дисертаційна робота Венгрин І. І., яка присвячена дослідженню енергоефективних геліосистем, інтегрованих в світлопрозорі фасади будівель. Виходячи з вищесказаного вважаю тему роботи **актуальною і перспективною** для розвитку цього напрямку досліджень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота Венгрин І. І. виконана на кафедрі «Теплогазопостачання і вентиляція» Національного університету «Львівська політехніка» згідно плану госпдоговірної та грантової науково-дослідної роботи за темами: «Розроблення енергоощадних заходів АЗС с. Солонка» (№ держреєстрації 0115U000448, 11.2014-07.2015 рр.); «Комбіновані системи сонячного теплопостачання для енергоефективних будинків» (№ держреєстрації 0116U008628, 09.2016-12.2016 р.); «Розрахунок ефективності та окупності системи сонячного теплопостачання, елементи якої інтегровані в архітектурні конструкції будівлі» (№ 345, 04.2020).

**Мета і завдання дослідження** сформульовані методично грамотно з урахуванням відомостей, які були отримані іншими дослідниками і встановлених фактів, що дозволило дисертанту визначити пріоритетні напрями і нез'ясовані питання, а саме наукове обґрунтування та вдосконалення теплових фотоелектричних гібридних сонячних колекторів, які інтегровані в світлопрозорий фасад будівлі в системі сонячного енергопостачання (теплопостачання).

Основні наукові положення та висновки, підтвержені великою кількістю експериментальних досліджень і відповідають поставленим **завданням дослідження, а саме:** здійснити критичний аналіз існуючих систем сонячного енергопостачання; дослідити теплові процеси, що відбуваються в гібридному сонячному колекторі; визначити теплотехнічні параметри гібридного сонячного колектора; розробити методику інженерного розрахунку для гібридного сонячного колектора, що інтегрований в частину світлопрозорого фасаду будівлі; охарактеризувати результативність роботи запропонованої конструкції гібридного сонячного колек-

тора в системі сонячного енергопостачання (теплопостачання) за її техніко-економічними показниками.

Дисертантом обрано як **об'єкт дослідження**, тепловий та фотоелектричний гібридний сонячний колектор, що інтегрований в частину світлопрозорого фасаду будівлі для системи сонячного енергопостачання. Відповідно предметом дослідження дисертаційної роботи були теплотехнічні характеристики теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, інтегрованого в частину світлопрозорого фасаду будівлі в системі сонячного енергопостачання.

**Методи дослідження:** поставлені завдання Венгрин І. І. вирішувала завдяки розробленій конструкції теплового фотоелектричного гібридного сонячного колектора, інтегрованого в частину світлопрозорого фасаду будівлі. У своїй роботі Венгрин І. І. застосувала методи, адекватні поставленим завданням, для цього було використано: розрахункові методи визначення ККД та інших теплових процесів, фізичне та комп'ютерне моделювання процесів роботи в системі сонячного енергопостачання, економічні та статистичні методи для дослідження розробленої конструкції теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, інтегрованого в частину світлопрозорого фасаду будівлі.

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

- Венгрин І. І. вперше встановила взаємозв'язок між повним коефіцієнтом теплопередачі теплових втрат конструкції теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, інтегрованого в світлопрозорий фасад будівлі та температурою нагрівання теплоносія в баку для акумулювання теплової енергії, що допомогло розрахувати річний та сезонний коефіцієнт корисної дії.
- Уточнено наведені оптичні характеристики розробленої конструкції теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора на основі комп'ютерної моделі, що дало змогу науково обґрунтувати тепло- та електротехнічні процеси, що проходять в системі сонячного енергопостачання в основі яких є запропонована конструкція.
- Науково обґрунтовано функціональні та графічні залежності для визначення теплотехнічних та електричних параметрів конструкції теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, що є в основі розробленої мето-

дики розрахунку запропонованої конструкції в системі сонячного енергопостачання.

- Запропоновано залежності впливу вітрового потоку на енергетичні параметри конструкції теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, що дало змогу уточнити розроблену методику розрахунку запропонованої конструкції в системі сонячного енергопостачання

### **Практичне значення отриманих результатів полягає у такому:**

У рамках теми дисертаційного дослідження, проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які доповнюють сучасні інженерні рішення щодо вдосконалення систем енергопостачання за використання гібридних сонячних колекторів, інтегрованих в частину світлопрозорого фасаду будівлі.

На основі отриманих результатів встановлено, що розроблена конструкція теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора може бути використана для енергопостачання будівель та споруд, а загальна максимальна енергетична ефективність системи сонячного енергопостачання в основі якої є запропонована конструкція досягає 30 %. Окрім цього, такі теплові та фотоелектричні гібридні сонячні колектори можуть бути використані для сонцезахисту споруд із збільшеним коефіцієнтом скління.

Прийняте схемне рішення інтегрування теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора зекономить корисну площу необхідну для встановлення звичайних конструкцій сонячних колекторів. Використання в конструкції колектора скла із селективним напиленням дозволило отримати генерування електричної енергії без перегрівання фотоелемента.

Отримані результати можуть у подальшому знайти застосування у практичному розрахунку гібридного сонячного колектора, що інтегрований в частину світлопрозорого фасаду для якісного енергопостачання.

Матеріали дисертаційної роботи можуть бути використані для викладання спецкурсів «Нетрадиційні джерела енергії», «Теплопостачання», «Наукові дослідження в будівництві», «Економія паливно-енергетичних ресурсів в системах теплогазопостачання та вентиляції» кафедри «Теплогазопостачання і вентиляція» Національного університету «Львівська політехніка», а також можуть бути вико-

ристані для лабораторних занять, які проводять на кафедрах теплогазопостачання та вентиляції інших ВНЗ з економії паливно-енергетичних ресурсів.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів.**

*Основні наукові положення, висновки* підтверджені коректною постановкою завдань та логічним поетапним їхнім вирішенням. Шляхом порівняння параметрів і характеристик теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, отриманих розрахунковим та експериментальним методами, що узгоджувались з літературними даними та перевіркою адекватності запропонованих математичних моделей.

**Особистий внесок здобувача** Усі результати отримано здобувачем особисто або за безпосередньої участі. Дисертаційна робота є завершеним дослідженням, виконаним автором самостійно відповідно до програми спланованих, проведених і узагальнених досліджень.

Дисертантом проведено пошук та аналіз літературних даних, виконано експериментальні дослідження, розроблено фізичну модель теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, інтегрованого в частину світлопрозорого фасаду будівлі, запропоновано теоретичні схеми енергопостачання на основі теплових фотоелектричних гібридних сонячних колекторів. Допомогу дисертанту у виконанні роботи співробітниками кафедри «Теплогазопостачання та вентиляції» Національного університету «Львівська політехніка» відзначено у спільних публікаціях .

**Апробація результатів дисертації.** Матеріали дисертаційної роботи Венгрин І. І. пройшли апробацію на наукових конференціях в Україні та за кордоном.

Основні положення дисертації були представлені на міжнародних науково-технічних конференціях: «Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення» (Рівне, 2015); «ЕкоКомфорт» (Львів, 2016); «Інтегровані енергоефективні технології в архітектурі та будівництві «Енергоінтеграція 2017»» (Київ, 2017); на XVI міжнародній науковій конференції «Current Issues of Civil and Environmental Engineering in Rzeszów-Lviv-Košice Faculties» (Кошице, 2017); на науково-практичній конференції «Будівельна та муніципальна теплотехніка» (Київ, 2018); на XVII міжнародній науковій конференції

ції «Current Issues of Civil and Environmental Engineering in Lviv-Košice-Rzeszów» (Львів, 2019); на міжнародній науково-практичній конференції «Інтегровані енергоефективні технології в архітектурі та будівництві «Енергоінтеграція-2019»» (Київ, 2019); на II міжнародній науковій конференції «Ecosomfort and current issues of civil engineering» (Львів, 2020); VI міжнародній конференції «Innowacyjne pomysły młodych naukowców: Nauka–Startup–Przemysł» (Перемишль, 2020); на міжнародній науково-практичній конференції ««Екологія. Ресурси. Енергія» (багатофункціональні еко- та енергоефективні, ресурсозберігаючі технології в архітектурі, будівництві та суміжних галузях)» (Київ, 2020); на міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми сучасної теплоенергетики» (Київ, 2020), а також на наукових семінарах кафедри теплогазопостачання та вентиляції національного університету «Львівська політехніка» та щорічних звітних наукових конференціях Інституту будівництва та інженерних систем Національного університету «Львівська політехніка» (2018-2021pp.).

**Мова і стиль роботи.** Матеріал роботи викладений логічно, представлений достатньою мірою і написаний гарною українською мовою з використанням сучасної наукової термінології. Викладення матеріалу відповідає вимогам до наукових праць, а зміст роботи висвітлює основні результати наукових досліджень. Суттєвих зауважень щодо пропущених орфографічних та друкарських помилок немає.

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 31 працю: 17 статей, серед яких 11 статей опубліковані у наукових фахових виданнях України; 5 статей – в наукових виданнях, що включені до наукометричних баз; 5 статей – в наукових періодичних іноземних виданнях та 11 тез доповідей на вітчизняних та міжнародних наукових з'їздах, конференціях.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота викладена на 227 сторінках машинописного тексту, складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та 4 додатків. Обсяг основного тексту дисертації складає 159 сторінок машинописного тексту. Робота ілюстрована 14 таблицями, 110 рисунками. Список використаних джерел охоплює 190 найменувань, з них 122 кирилицею та 68 латиницею.

У вступі обґрунтовані актуальність теми, мета та завдання роботи, наведені наукова новизна, практичне значення, особистий внесок дисертанта та апробація роботи. В основу дисертаційної роботи покладені результати, отримані автором під час виконання наукових досліджень, проведених на кафедрі «Теплогазопостачання і вентиляція» Національного університету «Львівська політехніка».

У першому розділі «Аналіз установок для перетворення сонячної енергії в теплову й електричну та методик розрахунку їхніх енергетичних характеристик» автором викладено та проаналізовано основні результати експериментів, отримані іншими дослідниками з питань, які стосуються завдань, що вирішуються в дисертації.

В другому розділі «Аналітичні дослідження теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора» описано і проаналізовано моделі конструкцій теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора і процесів теплообміну, які використовуються в них.

В третьому розділі «Результати експериментальних досліджень» описано результати лабораторних досліджень теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора без та з селективним покриттям, з та без ФСК.

У четвертому розділі подано методику розрахунку та обґрунтовано економічну доцільність застосування конструкції теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора, елементи якого інтегровані в світлопрозорий фасад будівлі.

У п'ятому розділі наведено практичні рекомендації та екологічне обґрунтування застосування теплового та фотоелектричного гібридного сонячного колектора в системі сонячного енергопостачання.

Висновки по роботі чіткі, логічні і витікають із теоретичних та експериментальних даних, отриманих автором.

Проте до дисертаційної роботи є деякі незначні **зауваження**.

1. Слід відзначити, що запропоноване в дисертації інтегрування елементів системи сонячного теплопостачання в конструкції світлопрозорих фасадів будівель потребуватиме значних коштів, а відповідно термін окупності буде довшим.

2. В дисертаційній роботі треба чітко розрізняти поняття: тепловий (водяний) сонячний колектор, фотоелектрична сонячна панель (не теплова), тепловий та фотоелектричний гібридний сонячний колектор, тобто коректно оформити глосарій.
3. В дисертаційній роботі спочатку потрібно створити (збудувати) модель, а потім її описувати, а не навпаки.
4. У списку літератури посилання оформлені не згідно вимог, наведених в Наказі МОН України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації».
5. В літературному огляді необхідно було розглядати не тільки теплові та фотоелектричні сонячні колектори та інтегрування їх у частину світлопрозорого фасаду будівлі, а приділити увагу їх використанню в системах теплопостачання (електропостачання).
6. Навести пояснення параметра  $P_{\text{ФСК}}$  у формулі 1.9.
7. Криві на рис. 3.5 та подібні криві на інших рисунках є косинусоїдами, що можна було б використати для отримання відповідних рівнянь.
8. У тексті розділу 4 дисертації, варто було згадати про отримані патенти, а не тільки в його висновках.

Вказані зауваження не знижують загальний рівень поданої дисертаційної роботи. Дисертанткою отримані значні за науковою цінністю результати. Це дає можливість оцінити дисертаційну роботу як цілісну, закінчену та актуальну наукову працю.

## **ВИСНОВКИ**

Дисертаційна робота *Венгрин Ірини Іванівни* на тему «*Енергоефективні геліосистеми інтегровані в світлопрозорі фасади будівель*» є актуальною за змістом, містить наукову новизну, основні результати та висновки дисертації обґрунтовані і перспективні для використання у науці та інженерній практиці, тобто мають теоретичне та практичне значення. Робота свідчить про вміння самостійно формулювати і розв'язувати інженерні задачі, пов'язані з вирішенням досліджуваних питань та робити прикладні висновки.

Основні положення і результати роботи опубліковані: у фахових виданнях, включених в перелік МОН України; в статтях, що опубліковані в наукових видан-



нях, що включені до наукометричних баз даних; в статтях, що опубліковані в наукових закордонних періодичних виданнях; за науковим напрямом дисертаційного дослідження опубліковано патенти на корисну модель. Дисертаційна робота «Енергоефективні геліосистеми інтегровані в світлопрозорі фасади будівель» є завершеною науковою працею. Дисертація оформлена відповідно до вимог Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44), а дисертантка, **Венгрин Ірина Іванівна**, заслуговує присвоєння наукового ступеня **доктора філософії** з галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» та спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія».

Рецензент, професор кафедри «Теплогазопостачання та вентиляція»

Національного університету «Львівська політехніка»,

д.т.н., професор

Лабай В.Й.

Підпис професора кафедри ТГВ Лабая В.Й.

«ЗАСВІДЧУЮ»

Вчений секретар Національного університету

«Львівська політехніка»

„ 02 ” 05 2022



Брилинський Р.Б.