

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

**ПЕТРІВ ВОЛОДИМИР АНДРІЙОВИЧ**

УДК 662.987:643.334:697

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ  
ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ СОНЦЯ ТА  
НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОЇ ЕНЕРГІЇ ҐРУНТУ**

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дипломної роботи на здобуття вищої освіти  
освітнього ступеня магістр

Тернопіль – 2018

**Дипломною роботою магістра є рукопис**

Робота виконана в Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Лупенко Анатолій Миколайович,**  
професор кафедри електричної інженерії  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

**Рецензент** кандидат технічних наук, доцент  
**Габрусєва Ірина Юрїївна,**  
доцент кафедри вищої математики  
Тернопільського національного технічного  
університету імені Івана Пулюя

Захист відбудеться «27» грудня 2018 р. о 17 годині на засіданні екзаменаційної комісії № 38 з атестації здобувачів вищої освіти освітнього ступеня магістр 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка при Тернопільському національному технічному університету імені Івана Пулюя МОН України за адресою: 46000, м. Тернопіль, вул. Микулинецька 46, аудиторія 404.

З авторефератом дипломної роботи магістра можна ознайомитися в інституційному репозиторії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (ELARTU) за адресою <http://elartu.tntu.edu.ua/>

*Секретар*  
*Екзаменаційної комісії № 38*

Коцюрко Р.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Сьогодні приблизно від 60 до 70 % споживаної енергії використовується для опалення та охолодження будинку, це неприпустима розкіш, якщо брати до уваги, що існують більш ефективніші і економічно-доцільніші альтернативи. Однією з них є технологія життєзабезпечення будинків, яка ґрунтується на використанні сонячної енергії і низькопотенційної енергії ґрунту в якості акумулятора тепла.

Підвищення ефективності систем теплозабезпечення індивідуальних житлових будинків можливе завдяки впровадженню нетрадиційних джерел енергії. Інженерні й архітектурно-планувальні рішення повинні сприяти підвищенню якості мікроклімату будинків. Одним з ефективних напрямків економії палива й одночасного захисту навколишнього середовища є використання низькопотенційних джерел теплоти. Однак висока вартість стримує їхнє широке застосування. Іншим напрямком є використання сонячних систем за допомогою архітектурно-планувальних рішень. Однак зараз нема досить чітко сформульованих інженерних і архітектурних принципів з проектування опалювально-вентиляційних систем енергоефективних будинків. Практично відсутні критерії оцінки застосування енергозберігаючих заходів. Актуальність цієї проблеми обумовила тему роботи, визначила мету і задачі дослідження.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дипломної роботи є обґрунтування і розробка архітектурних та інженерних рішень щодо підвищення енергоефективності індивідуальних житлових будинків шляхом використання систем теплопостачання з двома відновлювальними джерелами енергії (сонячної та ґрунтової) для вирішення проблем енергозбереження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- розробка методики розрахунку інтегрованої системи альтернативного теплопостачання на базі двох різнорідних відновлювальних джерел енергії (сонячної і ґрунтової) з урахуванням конструктивних особливостей схеми;
- розробка інтегрованої системи альтернативного теплопостачання та визначення параметрів, що впливають на ефективність та надійність роботи системи;
- розробка режимів роботи системи у багатоваріантному вигляді та визначення умов ефективної роботи системи в різних режимах роботи;
- дослідження ефективності теплових процесів у інтегрованій теплонасосній системі альтернативного теплопостачання та її складових елементах з урахуванням специфіки впливу двох відновлювальних джерел енергії та великої кількості чинників, що залежать від кліматичних умов;
- оцінка впливу режимів роботи інтегрованої системи на її конфігурацію;
- визначення умов ефективного використання інтегрованої системи з позиції забезпечення максимального заміщення теплового навантаження за рахунок двох різнорідних ВДЕ.

**Об'єктом дослідження** є системи опалення та вентиляції індивідуальних житлових будинків на основі низькопотенційної енергії ґрунту та сонця.

**Предметом дослідження** є процеси теплопереносу й аеродинаміки в складних огорожуючих конструкціях будинків з урахуванням різних архітек-турних рішень.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої в роботі мети теоретичні положення й обґрунтування отриманих рішень здійснені автором на основі системного підходу, базуються на основних положеннях термодинаміки і теорії тепло- і масообміну.

**Новизна проведеного дослідження.**

Наукова новизна роботи міститься в одержанні результатів теоретичних та практичних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності використання систем альтернативного теплопостачання на базі двох різнорідних відновлювальних джерел енергії (сонячної і ґрунтової) в кліматичних умовах України.

**Особистий внесок автора** - особистий внесок автора включає постановку мети і задач дослідження, обґрунтування принципів і методів їхнього проведення, якісний і кількісний аналіз результатів, їхня інтерпретація.

**Практичне значення одержаних результатів.**

Одержані результати дозволяють досягти раціональних енергетичних характеристик систем альтернативного теплопостачання на базі двох різнорідних відновлювальних джерел енергії (сонячної і ґрунтової) і забезпечити надійне теплопостачання споживачів при зміні кліматичних умов.

**Апробація результатів дослідження.**

Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 року, м. Тернопіль).

**Структура і обсяг роботи.**

Дипломна робота магістра складається зі вступу, шести розділів, загальних висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи 126 сторінок, 7 таблиць і 43 рисунка; список літератури з 60 найменувань на 6 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень, показано зв'язок із науковими програмами, темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, публікації, апробацію та впровадження результатів роботи.

У **Першому розділі «Літературний огляд»** проведено аналіз відомих публікацій наведена історія та світовий досвід будівництва енергоефективних будинків.

Проаналізовано стан та перспективи впровадження технологій автономного та комплексного використання альтернативних джерел теплопостачання. Запропоновано методи підвищення ефективності альтернативних систем теплопостачання

У другому розділі «Основна частина» запропоновано використання будівельних технологій з інтегрованим використанням сонячної енергії та енергії ґрунту які забезпечують оптимальний температурний режим в будинках при низькій зовнішній температурі, та конденсацію – при високій зовнішній температурі.

Встановлено, що безпосереднє використання низькопотенційного тепла ґрунту, яке підтримується сонячною енергією, забезпечить температуру зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку на рівні  $10^{\circ}\text{C}$ , таким чином створюється тепловий бар'єр. Енергоспоживання будинку буде залежати від різниці температур між вулицею і тепловим бар'єром, незалежно від того на скільки понизиться зовнішня температура. Рис.1.

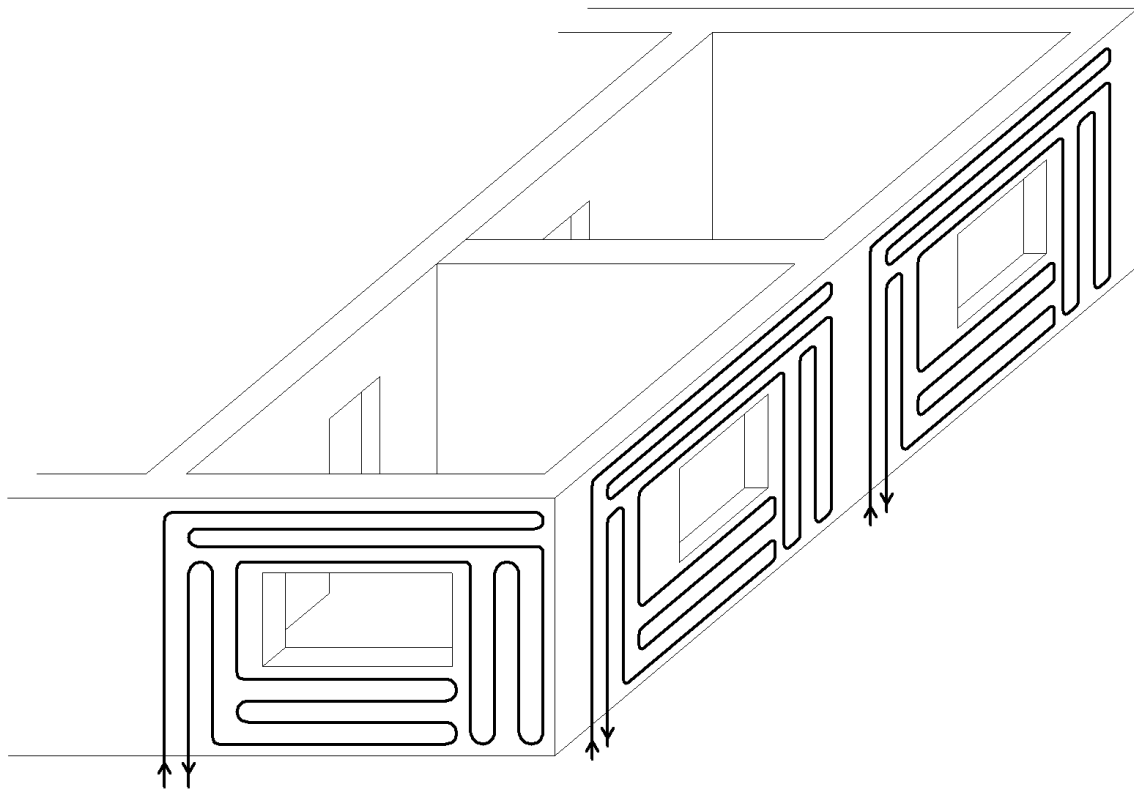


Рис. 1. Розташування теплового бар'єру

При будівництві енергоефективних будинків основну увагу потрібно звернути на характер розподілу температур по глибині ґрунту, а також на його теплопровідність і теплофізичні властивості, що забезпечить найбільший енергозберігаючий ефект.

Розрахунок геліоколекторних систем тепlopостачання показав, що при нерівномірній роздачі теплоносія частина модулів може опинитись в зоні зі зменшеною витратою, що, в свою чергу, призведе до збільшення температури теплоносія вище розрахункового значення та збільшення втрат тепла у навколишнє середовище. Встановлено, що зменшення поперечного перерізу колектора роздачі призводить до покращення рівномірності розподілу витрат.

Проведені порівняння тепловтрат на 1 м<sup>2</sup> поверхні зовнішньої стіни з тепловим бар'єром, і тепловтрат на 1 м<sup>2</sup> стіни такої ж конструкції, але без теплового бар'єру показали, що теплові втрати зменшаться на 3,28 кВт · год/місяць. Це відповідає зниженню кількості споживаної енергії на опалення для компенсації втрат тепла через зовнішні стіни на 87 %.

У третьому розділі «Спеціальна частина» наведено програму розрахунку приведених витрат для системи теплопостачання будинку та здійснено опис ліцензійного програмного забезпечення, яке використано для проведення розрахунків та представлення їх результатів.

У четвертому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» проведено техніко-економічні розрахунки системи опалення з інтегрованим використання енергії сонця та ґрунту.

У п'ятому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» проведено аналіз небезпечних і шкідливих чинників при будівництві та експлуатації систем опалення. Запропоновані заходи уникнення пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У шостому розділі «Екологія» оцінено екологічні аспекти інтегрованого використання енергії сонця та ґрунту в системах теплопостачання. Проведено розрахунок екологічної ефективності.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що безпосереднє використання низькопотенційного тепла ґрунту, яке підтримується сонячною енергією, забезпечить температуру зовнішніх огорожуючих конструкцій будинку на рівні +10° С, таким чином створюється тепловий бар'єр. Енергоспоживання будинку буде залежати від різниці температур між вулицею і тепловим бар'єром, незалежно від того на скільки понизиться зовнішня температура.

2. Встановлено, що будинки з тепловим бар'єром в бетонних стінах товщиною від 7,5 до 15 см з двостороннім теплоізоляційним покриттям і площею до 200 м<sup>2</sup> можна будувати в місцевостях з будь-якими кліматичними умовами. Товщина теплоізоляції в таких проектах визначає величину теплонадходжень від сонячного випромінювання.

3. Тепловий бар'єр може бути виконаний у всіх типах конструкцій зовнішніх стін новобудов, але його можна також використовувати і у вже існуючих будинках. У новозбудованих будинках з бетонними стінами тепловий бар'єр рекомендується вбудовувати в стіни.

4. Встановлено, що тепловий бар'єр на, або в зовнішніх стінах встановлюється окремими блоками, причому розміри цих блоків відповідають розмірам окремих внутрішніх приміщень. Це дозволяє регулювати температуру в тепловому бар'єрі для окремих приміщень.

5. Теплотехнічні розрахунки будинків проводяться із врахуванням зовнішньої та внутрішньої температури повітря, конструктивних параметрів, місця розташування та призначення будинків.

6. Встановлено, що температура зігрітої ґрунтом води в трубчастій системі фундаментної плити, що поступає в тепловий бар'єр зовнішніх стін, в період з весни до осені складає 20-21°C, тобто протягом півроку сонячне тепло було абсорбоване і акумульоване в ґрунтовому тепло-обміннику. Тоді, враховуючи мінімальні тепловтрати в трубчастій системі, в енергетичних розрахунках можна використовувати температуру теплового бар'єру мінімально 18°C.

7. Розрахунок теплових втрат на 1 м<sup>2</sup> поверхні зовнішньої стіни з тепловим бар'єром, і тепловтрат на 1 м<sup>2</sup> стіни такої ж конструкції, але без теплового бар'єру показав, що теплові втрати при застосуванні теплового бар'єру зменшаться на 3,28 кВт · год/місяць. Це відповідає зниженню кількості споживаної енергії на опалення для компенсації втрат тепла через зовнішні стіни на 87 %.

8. Розрахунок витрат тепла на опалення будинку показав, що кількість тепла яка потрібна на опалення в будинку з стінами без теплового бар'єру буде складати  $Q'_{\Sigma F} = 75,6 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \cdot \text{рік}$  а кількість тепла на опалення будинку з тепловим бар'єром складає  $Q_{\Sigma F} = 12,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2 \cdot \text{рік}$  що майже в шість разів менше і практично ідентичні витратам на опалення стандартного пасивного будинку. Також потрібно відмітити, що виробничі витрати на будівництво будинків з тепловим бар'єром нижчі, чим витрати на будівництво звичайним способом – що обумовлюється зменшенням товщини теплоізоляції, а термін окупності будинків з тепловим бар'єром складає 10 років.

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати роботи*

Основні положення та результати дипломної роботи магістра доповідалися на VII Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів ТНТУ імені Івана Пулюя «Актуальні задачі сучасних технологій» (28-29 листопада 2018 року, м. Тернопіль).

### **АНОТАЦІЯ**

**Петрів В.А.** Підвищення ефективності житлових будинків шляхом використання енергії сонця та низькопотенційної енергії ґрунту. – **Рукопис.**

Дипломна робота магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Тернопільський національний технічний університету імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Актуальність роботи обумовлена відсутністю інженерних і архітектурних принципів з проектування технології життєзабезпечення будинків, яка основа-

на використанні сонячної енергії і низькопотенційної енергії ґрунту в якості акумулятора тепла.

Наукова новизна роботи міститься в одержанні результатів теоретичних та практичних досліджень, спрямованих на підвищення ефективності використання системи теплопостачання будинку з тепловим бар'єром. Одержані результати дозволяють досягти раціональних енергетичних характеристик систем теплопостачання будинку з тепловим бар'єром і забезпечити надійне теплопостачання споживачів при зміні кліматичних умов та можуть бути використані при проектуванні і випробуванні альтернативних систем теплопостачання.

**Ключові слова:** енергія сонця, енергія ґрунту, тепловий бар'єр, енергоактивні будівлі, енергоактивний дах, сумарна сонячна радіація, теплові втрати, автономна система теплозабезпечення.

## ANNOTATION

**Petriv Volodymyr.** Efficiency improving of the residential buildings through solar energy and low potential soil energy. – **Manuscript.**

Diploma paper for a Master's Degree, speciality 141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics. – Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ternopil, 2018.

The urgency of the work is due to the lack of engineering and architectural principles for the design of housing maintenance technology, based on the use of solar energy and low-energy soil energy as a battery of heat.

The scientific novelty of the work is contained in the results of theoretical and practical research aimed at increasing the efficiency of using the heat supply system of the house with a thermal barrier. The obtained results allow to achieve rational energy characteristics of the heating systems of the house with a thermal barrier and provide reliable heat supply to consumers when changing climatic conditions and can be used in the design and testing of alternative heat supply systems.

**Keywords:** sun energy, soil energy, thermal barrier, energy-efficient buildings, energy-efficient roof, total solar radiation, heat losses, autonomous heating system.