

ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНО-ТЕПЛОВИХ (PVT) ПАНЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ КОТЕДЖІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація У роботі розглянуто можливості застосування гібридних фотоелектрично-теплових (PVT) панелей у системах енергопостачання малоповерхових житлових будинків. Проведено аналітичне дослідження конструктивних особливостей, принципу дії та енергетичної ефективності таких систем. Показано, що поєднання фотоелектричних елементів із тепловими колекторами дозволяє підвищити коефіцієнт корисного використання сонячної енергії до 70–85 % за рахунок одночасного виробництва електричної та теплової енергії.

Розглянуто варіанти інтеграції PVT-модулів із системами теплових насосів та акумулювання енергії для автономного енергопостачання котеджів. Проведено порівняльний аналіз питомої потужності, сезонного коефіцієнта продуктивності та окупності у порівнянні з традиційними PV та сонячними колекторами.

Ключові слова: PVT-панелі, гібридна система, енергоефективність, фотоелектричні елементи, тепла енергія, котедж, автономне енергопостачання.

Abstract The paper examines the possibilities of using hybrid photovoltaic-thermal (PVT) panels in energy supply systems for low-rise residential buildings. An analytical study of the design features, operating principle, and energy efficiency of such systems has been conducted. It is shown that the combination of photovoltaic elements with thermal collectors makes it possible to increase the efficiency of solar energy utilization up to 70–85% through the simultaneous production of electrical and thermal energy.

Options for integrating PVT modules with heat pump systems and energy storage for autonomous energy supply of cottages are considered. A comparative analysis of specific power, seasonal performance factor, and payback period is carried out in comparison with traditional PV and solar collectors.

Keywords: PVT panels, hybrid system, energy efficiency, photovoltaic elements, thermal energy, cottage, autonomous energy supply.

Вступ

Проблема енергоефективності житлових будівель в умовах сучасної енергетичної кризи та кліматичних змін набуває дедалі більшої актуальності. Традиційні системи енергопостачання, що базуються на спалюванні викопних палив, супроводжуються високими експлуатаційними витратами та значним рівнем викидів вуглекислого газу.

Одним із перспективних напрямів є використання відновлюваних джерел енергії, серед яких сонячна енергія має найбільший потенціал для приватного сектору. Сучасні технології дозволяють не лише виробляти електричну енергію з фотоелементів, але й ефективно використовувати теплову складову сонячного випромінювання.

Нормативна база України частково враховує енергоефективність будівель та використання сонячного випромінювання: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2011 включає кліматичні параметри для проектування енергоефективних будівель, що дає основу для більш широкого застосування сонячних технологій; ДБН [1] містить вимоги до проектування систем теплопостачання, вентиляції та опалення, у тому числі тих, що працюють від нетрадиційних джерел енергії (сонячних, теплових насосів тощо) ДСТУ [3, 4] встановлюють методики випробувань сонячних теплових колекторів, зокрема визначення їхніх теплових характеристик, коефіцієнтів корисної дії та гідравлічних втрат, що забезпечує оцінку ефективності й надійності роботи таких пристроїв; ДСТУ [5] встановлює основні терміни та визначення понять у галузі геліоенергетики, що стосуються фотоелектричних станцій і систем перетворення сонячної енергії на електричну.

Метою роботи є оцінка ефективності використання PVT-панелей у системах енергопостачання котеджів з урахуванням кліматичних умов України, структури споживання енергії та можливостей автономної роботи системи.

Результати досліджень

Гібридні фотоелектрично-теплові (PVT) панелі є інноваційним рішенням, що поєднує функції сонячного колектора та фотоелектричного модуля в одному пристрої. Така інтеграція дозволяє збільшити загальний ККД установки, зменшити потребу в окремих колекторах і панелях, а також оптимізувати використання покрівельної площі.

PVT-панелі поєднують у собі фотоелектричний модуль (PV), який перетворює сонячну енергію у електроенергію, та теплообмінник (T), що відводить надлишкове тепло з поверхні елементів.

Основна ідея полягає у тому, що зниження робочої температури фотоелектричних елементів підвищує їх електричний ККД (на 0,4–0,5 % на кожен °C охолодження), а отримане тепло використовується для підігріву води чи повітря у системі опалення.

Порівняльна таблиця ефективності систем:

Тип системи	Електричний ККД, %	Тепловий ККД, %	Загальний ККД, %	Площа установки, м ²	Термін окупності, років
Фотоелектрична (PV)	19	-	19	10	10-12
Сонячний колектор (T)	-	55	55	10	8-10
Гібридна PVT-система	16	58	74	10	6-8

Як видно з таблиці, гібридна система забезпечує найвищий загальний коефіцієнт використання енергії. Незважаючи на дещо менший електричний ККД порівняно з окремими PV-модулями, PVT-панелі дають додаткове теплове навантаження, яке може використовуватися для побутових потреб — підігріву води, опалення або акумулювання в баку.

На рисунку 1 наведено спрощену схему інтеграції PVT-панелей у систему енергопостачання котеджу. Фотоелектричний модуль живить електричне навантаження (насоси, побутові прилади), тоді як тепла підсистема передає тепло до бака-акумулятора, звідки воно надходить у систему опалення через теплообмінник.

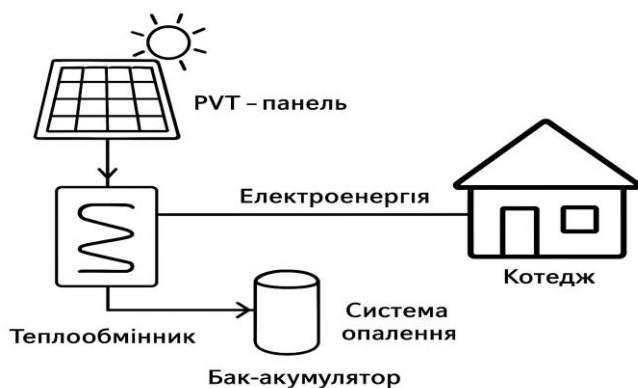


Рисунок 1 – Схема гібридної PVT-системи енергопостачання котеджу

Залежно від типу колектора (повітряного, рідинного або комбінованого), система може працювати в різних режимах. Найбільш поширеним є водяний контур, який дозволяє досягти стабільної роботи при температурах навколишнього повітря до –10 °C.

Сезонний коефіцієнт перетворення енергії (SCOP) таких систем сягає 4,5–5,0, що робить їх порівнянними з сучасними тепловими насосами типу «повітря–вода».

Також проведено техніко-економічну оцінку для котеджу площею 150 м², розташованого у центральній Україні. Річне споживання електроенергії становить 7,8 МВт·год, а теплоти - близько 14 МВт·год. При встановленні 20 м² PVT-модулів (номінальна потужність 3,2 кВт електрична і 6,5 кВт теплової) система може забезпечити до 65 % річних енергопотреб будинку.

Річна економія енергії становить приблизно 10 000–12 000 кВт·год, а скорочення викидів CO₂ — близько 2,3 т/рік.

На рисунку 2 показано залежність виробітку енергії від інтенсивності сонячного випромінювання для PVT та PV систем. Видно, що при підвищенні інсоляції понад 600 Вт/м² приріст теплової енергії стає домінуючим, забезпечуючи стабільність загального ККД.

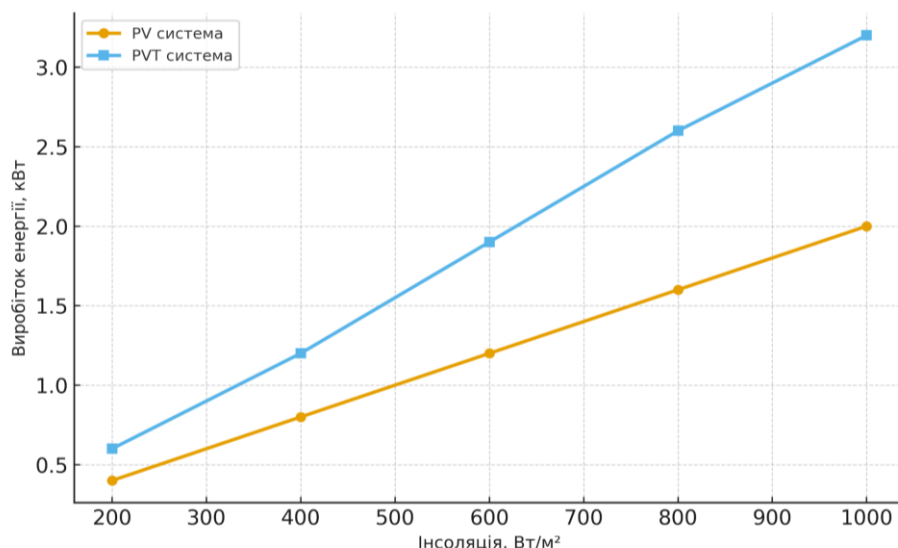


Рисунок 2 – Порівняння виробітку енергії PVT і PV систем при зміні інсоляції

Висновок

Результати проведених досліджень підтверджують, що використання гібридних фотоелектрично-теплових панелей у системах енергопостачання котеджів є ефективним і технологічно доцільним рішенням. Такі системи дозволяють одночасно отримувати електричну та теплову енергію, підвищуючи загальну енергоефективність до 75–80 % і скорочуючи споживання традиційних енергоресурсів.

Інтеграція PVT-модулів із буферними ємностями, тепловими насосами та системами накопичення енергії забезпечує високий рівень автономності та екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ: Мінрегіон України, 2012. 72 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Мінрегіон України, 2022. 27 с.
3. ДСТУ EN ISO 9806:2019 Енергія сонячна. Сонячні теплові колектори. Методи випробувань (EN ISO 9806:2017, IDT; ISO 9806:2017, IDT)
4. ДСТУ ISO 9806-1:2005 Колектори сонячні. Методи випробування. Частина 1. Теплові характеристики та перепад тиску закслених сонячних колекторів для нагрівання рідини (ISO 9806-1:1994, IDT)
5. ДСТУ 7503:2014 Геліоенергетика. Станції фотоелектричні. Терміни та визначення понять

6. Методика визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Мінрегіону України №169 від 11.07.2018. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18>
7. Kalogirou S. A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems. 2nd ed. Academic Press, 2014. 840 p.
8. Chow T. T. A review on photovoltaic/thermal hybrid solar technology // Applied Energy. 2010. Vol. 87, Issue 2. P. 365–379.
9. Ратушняк Г. С., Панкевич В. В. Шляхи підвищення енергоефективності індивідуальних житлових будинків/ Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р..
10. Zondag H. A. Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. Vol. 12. P. 891–959.
11. Паламарчук О. М, Панкевич О.Д.. Аналіз проектних рішень систем опалення та вентиляції з мінімальними енерговитратами. // Матеріали LII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 21-23 червня 2023.

Мудрицький Олександр Володимирович – студент групи ТГ-24м факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії e-mail: m.6146639996@gmail.com

Панкевич Володимир Вячеславович - PhD, старший викладач кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет e-mail: pan@vntu.edu.ua

Oleksandr Mudrytskyi - student of the TG-24m group of the Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering e-mail: m.6146639996@gmail.com

Volodymyr Pankevych – PhD, Senior Lecturer of the Department of Engineering Systems in Construction. Vinnytsia National Technical University e-mail: pan@vntu.edu.ua