

## ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ «СОНЯЧНА БАТАРЕЯ – ТЕПЛОВИЙ НАСОС» ДЛЯ БАГАТОКВАРТИРНОГО ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*В даній статті виконано оцінку енергоефективності комбінованої системи «сонячна батарея – тепловий насос» для багатоквартирного житлового будинку, наведено основні розрахункові показники та представлено структуру виробленої теплової енергії при використанні комбінованої схеми.*

**Ключові слова:** сонячна батарея; комбінована система; сонячна енергія; тепловий насос.

### *Abstract*

*In this article an assessment of the energy efficiency of the combined system "solar battery - heat pump" for an apartment building is performed, the main calculation indicators are presented and the structure of the generated thermal energy is presented with the use of a combined scheme.*

**Keywords:** solar battery; combined system; solar energy; heat pump.

### Вступ

Середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах від 1 070 кВт·год/м. кв. в північній частині України до 1 400 кВт·год/м. кв. і вище на Півдні.

Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися на протязі всього року проте, максимально ефективно протягом 7 місяців на рік (з квітня по жовтень) [1].

Сонячні фотоелектричні (ФЕ) елементи перетворюють сонячне світло безпосередньо в електроенергію. В даний час кристалічний кремній (с-Si) і, так звані, тонко плівкові технології (ТП) домінують на світовому ринку. В ФЕ-системах на основі кристалічного кремнію високої чистоти використані елементи, які зібрані в модулі і електрично з'єднані. Система тонко плівкової технології ФЕ складається з тонкого шару напівпровідникового матеріалу, нанесеного на скло, полімер або метал. ФЕ-система на основі кристалічного кремнію є найстарішою і в даний час домінуючою фотоелектричною технологією, яка складає приблизно 85 – 90% ринку фотоелектрики [1].

Переваги сонячної батареї [2]:

- невелика маса і габарити;
- невисока вартість у порівнянні, наприклад, з паливними елементами;
- простота конструкції;
- тривалий термін експлуатації.

Недоліки [2]:

неможливість видавати вночі таку ж вихідну потужність, як вдень, що вимагає використання акумулятора або іоністора, який заряджався б вдень для підтримки роботи навантаження в нічний час;

різка залежність вихідної потужності від кута падіння променів на світлочутливу поверхню, що змушує використовувати автоматичні системи орієнтування в просторі;

неможливість отримати потужність з квадратного метра сонячної батареї більше 0,1 кВт, використовуючи дешеві матеріали;

швидка деградація фотоелементів в умовах підвищеного радіаційного фону і проникаючої радіації.

Якщо планується використання сонячних батарей для генерації електричної енергії в приватному або багатоквартирному житловому будинку, таку систему краще передбачити на стадії проектування житла, до його будівництва. Потрібно враховувати сторону світу, площу даху, покриття і кроквяну систему [4].

Тепловий насос – пристрій, який переносить розсіяну теплову енергію в опалювальний контур з використанням інших видів енергії, зокрема електричної. Тому, планується використовувати тепловий насос комбіновано. Сонячна батарея генерує електричну енергію вдень, яку споживає тепловий насос. Надлишок акумулюється електричними акумуляторами та споживається в вечірній час. В нічний час з 23 години по 7 ранку тепловий насос споживає електричну енергію з мережі за зниженим нічним тарифом.

Найефективнішим можна вважати комбінований спосіб опалення. У цьому випадку для вироблення теплової енергії використовується декілька джерел, наприклад газовий котел, тепловий насос та сонячна батарея. Це досить складна система, яка забезпечена елементами автоматики, зовнішнім теплоакумулятором з електричним тенем та погодним регулятором, яким можна керувати дистанційно та іншим допоміжним обладнанням. Така система ефективно працює в регіонах, де досить багато сонячних днів. Влітку вона працює без включення газового котла для отримання гарячої води, а в осінньо-весняний період дозволяє економити ресурс котельного устаткування і паливо [3].

### Результати дослідження

Для оцінки енергоефективності комбінованої системи було обрано 5-ти поверховий однопід'їзний житловий будинок на 20 квартир (4 квартири на поверсі) з плоским дахом, на якому пропонується встановлення сонячних батарей, у місті Вінниця. Площа даху становить 420 м<sup>2</sup>, скат даху спрямований у бік півдня. Оскільки покрівля плоска, додатково передбачені несучі конструкції, що формують потрібний кут нахилу. Це приблизно 35 градусів (плюс-мінус 10 градусів). Це потрібно, щоб протягом дня захопити максимум сонячної енергії. На рисунку (виконано в програмі, наданій компанією Buderus [5]) показано структуру виробленої теплової енергії при використанні комбінованої схеми «тепловий насос – газовий котел – сонячна батарея». У відсотках показано кількість теплової енергії, яку генерує повітряний тепловий насос від загальної кількості потрібної теплової енергії. Точка бівалентності при цьому лежить в межах -2 °С. Сонячні батареї, що розташовуються на даху будинку мають сумарну потужність 60 кВт та можуть компенсувати від 50 до 100 % потреб теплових насосів. Річне споживання електричної енергії тепловим насосом становить 25000 кВт·год/рік. Вартість електроенергії за тарифами на 01.03.2018 року буде близько 40000 грн/рік. Проте за умови використання «нічного» тарифу, який складає 0,5 від «денного», ми можемо заощаджувати біля 40 % коштів. Крім того, загальний річний обсяг згенерованої електричної енергії СЕС, що розміщена на даху, потужністю 60 кВт, складає близько 70000 кВт·год/рік, тому при реалізації (за умови, що мешканці будинку використовуватимуть для власних потреб електроенергію із загальної мережі) 70-25=45 тис. кВт·год електричної енергії за «зеленим» тарифом 704,46 коп/кВт·год (з ПДВ) мешканці будинку отримають прибуток, який покриватиме затрати на встановлене обладнання.

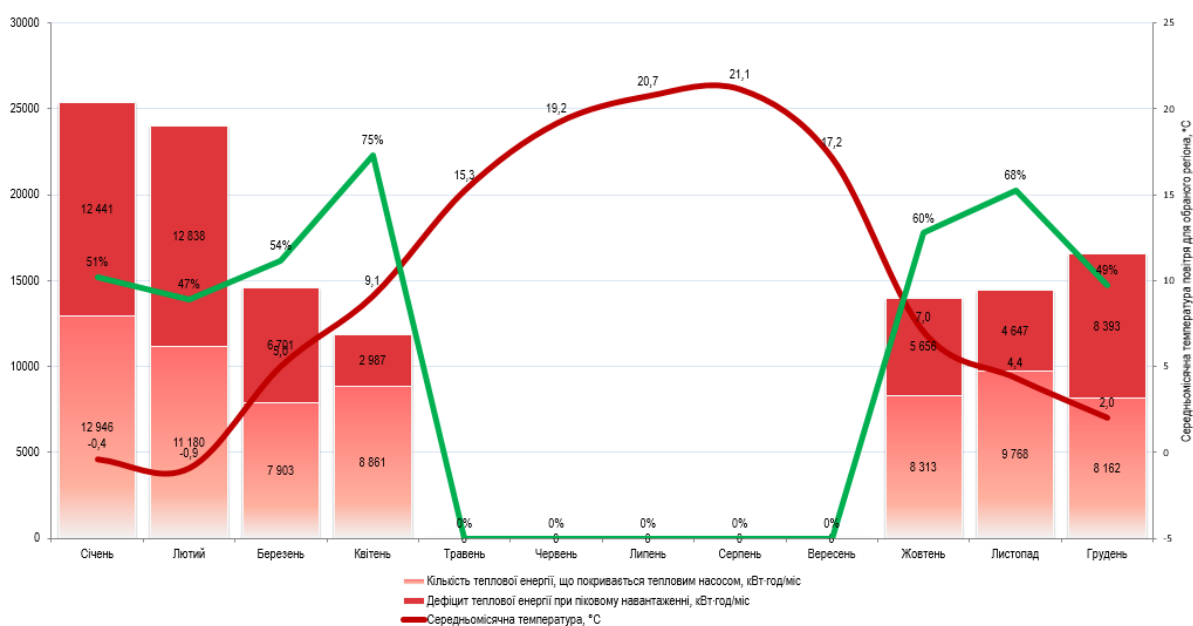


Рисунок – Структура виробленої теплової енергії при використанні комбінованої схеми

## Висновки

Отже, можна сказати, що найефективніший спосіб опалення – це комбінований. Краще всього комбінувати систему генерації електричної енергії за допомогою сонячних батарей та систему автономного опалення з використанням газового котла та альтернативного джерела тепла – теплового насоса. Сонячна батарея генерує електричну енергію вдень, яку споживає тепловий насос. Надлишок акумулюється електричними акумуляторами та споживається в вечірній час. В нічний час з 23 години по 7 ранку тепловий насос споживає електричну енергію з мережі за зниженим нічним тарифом.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Енергія сонця. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sae.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
2. Москатов Е. А. Источники питания / Е .А. Москатов. – Киев.: «МК-Пресс», Спб.: «КОРОНА-ВЕК», 2011. – 208 с.
3. Електронна бібліотека Комбіновані системи опалення – види систем. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dovidkam.com/remont/opalennja/kombinovana-sistema-opalennya-vidi-sistem.html>
4. Сонячні батареї для опалення будинку/Ремонт та виробі своїми руками. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://remontu.com.ua/sonyachni-batare%D1%97-dlya-opalennya-budinku>
5. Buderus. Програмне забезпечення. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.buderus.ua/infocenter/download/software.html>

*Юхимчук Катерина Володимирівна – студентка групи БТ-14, факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: [katrinaukhimchuk@gmail.com](mailto:katrinaukhimchuk@gmail.com)*

*Науковий керівник: Петрусь Віталій Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерних систем у будівництві, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, [petrus@vntu.edu.ua](mailto:petrus@vntu.edu.ua)*

*Yukhimchuk Katerina Volodymyrivna, student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city.*

*Supervisor: Petrus Vitaliy Volodymyrovych, PhD, docent of Engineering in construction Department, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, [petrus@vntu.edu.ua](mailto:petrus@vntu.edu.ua)*