УДК 620.97:697.329

Пона О. М., аспірант, Возняк О. Т., к.т.н., доцент, Шаповал С. П., к.т.н., асистент, Касинець М. Є., к.т.н., асистент (Національний університет «Львівська політехніка»)

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОПОКРІВЛІ

Проаналізовано сучасний стан та перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні. Показано економічну доцільність використання геліопокрівлі в системах сонячного теплопостачання. Описано результати розрахунків економічної ефективності геліопокрівлі в порівнянні із звичайним сонячним колектором.
Ключові слова: **геліопокрівля, економічне порівняння, приведені затрати.**

Вступ. Сьогодні з кожним роком зменшуються запаси корисних копалин, зростає їх вартість, що призводить до паливного дефіциту. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є використання відновлювальних джерел енергії, особливо нетрадиційних. До них можна віднести сонячну енергію, енергію біомаси, гідротермальну, припливну та інші джерела низькопотенційного тепла. Використання відновлювальних джерел тепла призводить до економії традиційних дорогих джерел енергії і покращує екологічний стан навколишнього середовища. Як відомо потенціальні можливості сонячної енергетики є надзвичайно великими. Використання близько 2% кількості енергії Сонця могло б забезпечити всі сьогоднішні потреби світової енергетики. Один із ефективних і широко розповсюджених в світі способів виробництва енергії – це перетворення сонячного випромінювання в теплоту.

Постановка проблеми. За підрахунками фахівців, на території України річні потенційні енергетичні ресурси Сонця для забезпечення гарячого водопостачання й опалення можуть складати до 28 кВт·год/м^2 теплової енергії. Реалізація такого потенціалу могла б заощадити
3,4 млн т умовного палива на рік. В середньому на територію України за рік поступає приблизно 1200 кВт·год сонячної енергії, що приблизно відповідає енергоємності 120 м^3 природного газу.

Ціни на енергоносії постійно зростають, тому дуже вигідним є використання геліоустановок для гарячого водопостачання житлових та громадських будівель. На сьогоднішній день актуальним є зменшення

вартості сонячних колекторів, спрощення їх конструкції та зниження терміну окупності системи сонячного теплопостачання. Тому було запропоновано використовувати геліопокрівлю, особливістю якої є те, що її теплопоглинач виконаний з покрівельного матеріалу будівлі. Важливим є провести оцінку економічного ефекту від використання геліопокрівлі.

Виклад основного матеріалу. Для оцінки економічного ефекту від використання геліопокрівлі було обрано механічну систему сонячного теплопостачання з геліопокрівлею в якої трубки контуру циркуляції розташовані над поглиначем сонячної енергії. Геліопокрівля дозволяє ефективно використовувати тепло покрівельного матеріалу будівлі. Верхнє розташування трубок для теплоносія забезпечує підвищення ефективності геліосистеми за рахунок збільшення площі поглинання сонячної енергії.

Сонячне проміння попадає на поглинач сонячної енергії та трубки для теплоносія. При цьому відбувається їх нагрівання. За рахунок різниці температур, та відповідно різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків створюється циркуляція теплоносія. Нагрітий теплоносій через подаючий трубопровід подається у бак–акумулятор гарячої води. Нагріта вода через патрубок подається споживачу. Охолоджений теплоносій по зворотньому трубопроводу повертається у геліопокрівлю, і нагрівається. Спуск води з бака-акумулятора відбувається через патрубок. Випуск повітря – через повітровипускний клапан. Теплоізоляційний шар забезпечує зменшення тепловтрат. Розміщення шару променевідбиваючого матеріалу під теплополиначем дає можливість збільшити ефективність використання сонячного випромінювання, частина якого пройшла повз теплопоглинач. Шар променевідбиваючого матеріалу відбиває сонячне випромінювання назад на теплопоглинач, в результаті чого теплопоглиначем поглинається практично все сонячне випромінювання яке потрапляє на геліопокрівлю.

В холодний період року, коли енергії Сонця не вистачає для повного нагрівання води на систему теплопостачання доцільним є встановлення додаткового джерела тепла, наприклад газового котла чи теплового насосу, які догрівають воду до заданої температури. Використання таких комбінованих систем являється конкурентним порівняно з традиційними системами теплопостачання.

Для економічного порівняння геліопокрівлі із звичайним сонячним колектором було обрано двохповерховий житловий будинок, розташований у м. Львові.

Характеристика будинку:

– житлова площа будинку: 120 м^2;

– кількість людей, які проживають у будинку: 4 особи;

– навантаження на систему гарячого водопостачання: 0,78 кВт.

На 1–му поверсі розташована – кухня, вітальня, ванна. В кухні розташований ємнісний водонагрівач, та геліонасосний вузол. Для нагрівання та акумуляції води на першому поверсі розміщено ємнісний водонагрівач Vitocell 100–U з об'ємом 300 л, який виконує функції теплообмінника і подає гарячу воду до споживачів. Допоміжний елемент системи – циркуляційний насос Wilo Startos–Z 40/1–12 який забезпечує циркуляцію системи з урахуванням загальної витрати і втрат тиску в системі.

Енергія Сонця інтенсивно поглинається покрівельним матеріалом будівлі та трубками контуру циркуляції, які передають тепло солярному розчину. Останній за допомогою циркуляційного насоса подається в ємнісний водонагрівач і через спіральний теплообмінник нагріває холодну воду до необхідної температури, яка задається блоком керування системою.

Якщо температура води в ємності досягає заданого значення, то насос солярної станції виключається і циркуляція припиняється, щоб не допустити перегрівання ємнісного водонагрівача.

Якщо поглинутої енергії Сонця не вистачає для повного нагрівання води (похмурі дні), то використовується накопичена в ємності водонагрівача тепла вода. У холодну пору року, коли енергії Сонця постійно не вистачає для повного нагрівання води, то блок керування системою підключає газовий котел, який догріває воду до заданої температури.

Для економічного порівняння геліопокрівлі та звичайного сонячного коелктора встановлено два варіанти системи гарячого водопостачання:

– I варіант – система гарячого водопостачання з використання сонячних колекторів фірми Viessmann: «Vitosol 100F»;

– II варіант – система гарячого водопостачання з використання геліопокрівлі.

Для забезпечення потреб гарячого водопостачання необхідно встановити 6 м^2 сонячних колекторів фірми Viessmann: «Vitosol 100F» або 9 м^2 геліопокрівлі.

Кошторисна вартість встановлення системи гарячого водопостачання з використання сонячних колекторів фірми Viessmann: «Vitosol 100F» становить 44,54 тис. грн., а вартість системи гарячого водопостачання з використання геліопокрівлі – 21,13 тис. грн.

Порівняння варіантів здійснювалась по приведених річних витра-

тах. Найкращим з них є той варіант, в якому приведені річні витрати є мінімальними.

Приведені річні витрати визначались за формулою:

$$\boldsymbol{П = C + E_н \cdot K}, \quad (1)$$

де $\boldsymbol{П}$ – річні приведені витрати, тис. грн/рік; $\boldsymbol{C}$ – експлуатаційні річні витрати, тис. грн/рік; $\boldsymbol{E_н}$ – нормативний коефіцієнт: $\boldsymbol{E_н}$ = 0,12; $\boldsymbol{K}$– капітальні вкладення або кошторисна вартість, тис. грн.

Річні експлуатаційні витрати визначаються за формулою:

$$\boldsymbol{C = A + P + I + З}, \quad (2)$$

де $\boldsymbol{A}$ – амортизаційні відрахування, тис. грн/рік; $\boldsymbol{P}$ – затрати на поточний ремонт, тис. грн/рік; $\boldsymbol{З}$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу, тис. грн/рік; $\boldsymbol{I}$ – інші витрати, тис. грн/рік.

Відрахування на амортизацію ($\boldsymbol{H}$), капітальний ремонт ($\boldsymbol{A_{кр}}$) і повне відновлення ($\boldsymbol{A_{пв}}$) усереднено приймаються в розмірі 8% від кошторисної вартості для внутрішнього водопостачання, грн/рік:

$$\boldsymbol{A_{I,II} = 0{,}08 \cdot B_{в.б}}. \quad (3)$$

Витрати на поточний ремонт залежать від змінності роботи систем, агресивності середовища, в якому вони працюють.

Усереднено витрати на поточний ремонт, грн/рік:

$$\boldsymbol{P_{I,II} = 0{,}03 \cdot B_{в.б}}. \quad (4)$$

Визначення витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуються за формулою:

$$\boldsymbol{З_{I,II} = C_{роб} \cdot C_{год} \cdot Г}, \quad (5)$$

де $\boldsymbol{C_{роб}}$ – середня кількість робітників, які обслуговують систему гарячого водопостачання; $\boldsymbol{C_{год}}$ – середньогодинна заробітна плата одного робітника з нарахуваннями 13,6 грн/год; $\boldsymbol{Г}$ – кількість годин, які працює робітник в місяць;

Величина інших витрат приймається в розмірі 30% суми амортизаційних відрахувань, витрат на поточний ремонт і заробітну плату обслуговуючого персоналу.

$$\boldsymbol{I = 0{,}3 \cdot (A + P + З)}. \quad (6)$$

При порівнянні з допомогою приведених затрат вибирається варіант з меншим їх значенням:

$$\boldsymbol{П_i = C_i + E_н \cdot K_i \Rightarrow min}. \quad (7)$$

Отримані результати показано у таблиці.

Таблиця

Економічне порівняння звичайного сонячного колектора та геліопокрівлі

Показник	Система гарячого водопостачання з використанням	
	сонячних колекторів Viessmann: «Vitosol 100F»	геліопокрівлі
Відрахування на амортизацію, капітальний ремонт і повне відновлення, тис. грн/рік	3,56	1,69
Витрати на поточний ремонт, тис. грн/рік	1,34	0,63
Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу, тис. грн/рік	5,22	5,22
Інші витрати, тис. грн/рік	3,04	2,26
Експлуатаційні витрати, тис. грн/рік	13,16	9,80
Приведені річні витрати, тис. грн/рік	18,51	12,34

Отже, економічна ефективність становить 3,53 тис. грн/рік.

Висновок. Приведені затрати системи сонячного теплопостачання з використанням геліопокрівлі становлять 12,34 тис. грн, що є на 33% меншими, ніж витрати на систему гарячого водопостачання з використанням сучасних сонячних колекторів. Ці дані свідчать про високу ефективність геліопокрвілі та можливість її широкого застосування у системах сонячного теплопостачання.

1. Возняк О. Т. Ефективність плоского сонячного колектора при різних інтенсивностях та кутах падіння теплового потоку / О. Т. Возняк, С. П. Шаповал // Науково–технічний журнал Нова тема: гол. ред. М. В. Степанов. – № 3. – 2010. – С. 32–34. **2.** Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. А. Даффи, У. А. Бекман; пер. с англ. под. ред. Ю. Н. Малевского. − М. : Мир, 1977. – 420 с. **3.** Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії / О. Адаменко, В. Височанський, В. Льотко, М. Михайлів. − Івано-Франківськ : Полум'я, 2000. − 208 с. **4.** Недбайло А. Н. Использование солнечного коллектора для отопления помещения / А. Н. Недбайло, Н. Е. Ляшенко // Промышленная теплотехника. – 2010. – Т. 35, № 4. – С. 66–70. **5.** Кондзьолка В. Економічна доцільність комбінованих систем опалення і гарячого водопостачання

на прикладі геліосистем / В. Кондзьолка // Ринок інсталяцій. – 2009. – № 10. – С. 6–8. **6.** Мисак Й. С. Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / Й. С. Мисак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 340 с. **7.** Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки / Н. В. Харченко. − М. : Энергоатомиздат, 1991. − 208 с.

Рецензент: д.т.н., професор Лабай В. Й. (НУ «ЛП»)

Pona O. M., Post-graduate Student, Voznyak O. T., Candidate of Engineering, Associate Professor, Shapoval S. P., Candidate of Engineering, Assistant, Kasynets M. Ye., Candidate of Engineering, Assistant (Lviv Polytechnic National University)

COST-EFFECTIVENESS ASSESSMENT OF THE HELIOROOF USE

The current state and prospects of solar energy in Ukraine is analyzed. The economic feasibility of using helioroof in solar heating systems was shown. The results of calculations of economic efficiency of helioroof compare with conventional solar collector were described.
Keywords: **helioroof, economic comparison, given the costs.**

Пона О. М., аспирант, Возняк О. Т., к.т.н., доцент, Шаповал С. П., к.т.н., ассистент, Касинец М. Е., к.т.н., ассистент (Национальный университет «Львовская политехника»)

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОКРОВЛИ

Проанализировано современное состояние и перспективы развития солнечной энергетики в Украине. Показано экономическую целесообразность использования гелиокровли в системах солнечного теплоснабжения. Описаны результаты расчетов экономической эффективности гелиокровли по сравнению с обычным солнечным коллектором.
Ключевые слова: **гелиокровля, экономическое сравнение, приведены затраты.**