

О. М. Пона, Й. С. Мисак, О. С. Дацько, С. П. Шаповал
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА СУМІЩЕНОГО З ПОКРІВЛЕЮ БУДИНКУ В СИСТЕМІ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

© Пона О. М., Мисак Й. С., Дацько О. С., Шаповал С. П., 2016

Проаналізовано перспективи розвитку сонячної енергетики у світі. З існуючих видів поновлюваних джерел енергії найбільш перспективною за масштабами ресурсів, екологічною чистотою та поширеністю є сонячна енергія. Це підтверджують результати експериментальних робіт, проведених у галузі геліоенергетики. Перевагами сонячної енергії, порівняно з традиційними видами палива, є: можливість використання сонячної енергії практично на всіх ділянках земної поверхні; можливість безпосереднього перетворення сонячної енергії на теплову або електричну; можливість отримання високотемпературних теплоносіїв. Кількість сонячної енергії, яка надходить на Землю, перевищує енергію всіх світових запасів нафти, газу, вугілля та інших енергетичних ресурсів. Встановлено, що найбільш доцільним та економічно вигідним є поєднання сонячного колектора з конструктивними елементами будівлі. Описано результати досліджень надходження сонячного випромінювання на сонячний колектор. Досліджено енергетичну ефективність геліюпокрівлі у гравітаційній системі сонячного теплопостачання. Встановлено залежність ефективності геліюпокрівлі від кутів падіння теплового потоку та його інтенсивності. Визначено вплив факторів на ефективність геліюпокрівлі. Проаналізовано зміну кількості теплоти в баку-акумуляторі залежно від інтенсивності теплового потоку та часу опромінення.

Ключові слова: геліюпокрівля, кількість теплоти, геліосистема, енергетична ефективність.

The prospects for the development of solar energy in the world are analyzed. Of the existing types of renewable energy most promising scale resources, environmental cleanliness and the prevalence is solar energy. This is confirmed by a number of experimental studies conducted in the field of solar power. The advantages of solar energy over traditional fuels include: the use of solar energy in almost all parts of the earth's surface, the possibility of direct conversion of solar energy into heat or electricity, the ability to obtain high coolant. The amount of solar energy that comes to Earth is bigger than the energy of the world's oil, gas, coal and other energy resources. It was found that the most appropriate and cost-effective solar collector is a combination of solar collector with structural elements of the building. The results of research flow of sunlight to a solar collector are shown. Energy efficiency of helioroof in the gravitational system of solar heating are investigated. The dependence of efficiency of helioroof on angles of incidence of heat flow and its intensity are researched. The influence factors on the effectiveness of helioroof are determined. Analyzed The change of amount of heat in accumulator tank, depending on the intensity of the heat flux and the exposure time are researched.

Key words: helioroof, the amount of heat, solar system, energy efficiency.

Постановка проблеми. Інтенсивне використання традиційних джерел енергії у світі призвело до появи ряду екологічних проблем, найгострішими з яких є збільшення викидів в атмосферу вуглекислого газу та зменшення товщини озонового шару. За останні 100 років

концентрація вуглекислого газу в атмосфері Землі збільшилась на 13 %. У зв'язку із забрудненням навколишнього середовища, обмеженістю невідновлювальних джерел енергії, підвищенням цін на енергоносії актуальним є впровадження заходів з використання альтернативних джерел енергозабезпечення. Найпотужнішим джерелом енергії для людства є Сонце, висока активність якого зберігатиметься ще щонайменше 3–4 мільярди років. Найпростішим та ефективним способом використання енергії Сонця є перетворення її на теплову енергію, для чого використовують сонячні колектори.

Переважну більшість геліоколекторів виготовлено у формі плоских конструкцій, у зв'язку з чим ефективність їх роботи є нестабільною впродовж світлового дня внаслідок зміни кутів падіння сонячних променів. Також істотною вадою цих колекторів є висока вартість і трудомісткість виготовлення. Отже, широкі перспективи мають такі інженерно-технологічні рішення, які забезпечують можливість поєднання конструктивних і архітектурних функцій окремих елементів будівель та споруд з одночасною можливістю поглинання сонячної енергії, при мінімальних матеріальних і трудових затратах, для перетворення її на теплову енергію. Важливим є дослідження їх енергетичної ефективності та можливості використання у системах сонячного теплопостачання.

Виклад основного матеріалу. Із конструктивних елементів будівель на особливу увагу заслуговують поверхні покрівель з гофрованих металевих листів, що відкриває можливості більш ефективного вловлювання сонячного випромінювання в ранішні та вечірні години. У зв'язку з цим актуальним є розроблення геліопокрівлі, що поєднує функції сонячного колектора та металеві гофрованої частини скатного даху. Таку систему можна застосовувати як в новобудовах, так і на існуючих покрівлях, з інтегруванням в традиційні комбіновані системи сонячного теплопостачання.

Для дослідження енергетичної ефективності геліопокрівлі у системі сонячного теплопостачання було змонтовано експериментальну установку в лабораторії Національного університету "Львівська політехніка" яка представляє собою фрагмент геліопокрівлі, джерела випромінювання, бака-акумулятора, вимірювальних приладів та з'єднувальних трубопроводів.

Роль теплопоглиначів в геліопокрівлі виконує металевий покрівельний матеріал даху будівлі, а саме стандартний профільногогофрований лист. Розріз геліопокрівлі зображено на рис. 1. Перевагою профільного теплопоглиначів порівняно з класичними плоскими сонячними колекторами є збільшення на 25 % площі робочої поверхні та більша можливість теплосприймання у ранішні та вечірні години завдяки похилими граням. Для досягнення максимального поглинання тепла від джерела випромінювання зовнішню поверхню гофрованого листа зафарбовано в чорний колір.

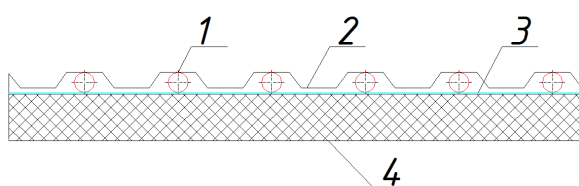


Рис. 1. Розріз геліопокрівлі з трубками контуру циркуляції, розташованими під теплопоглиначем: 1 – трубки контуру циркуляції; 2 – теплопоглинач; 3 – променевідбивний екран; 4 – теплоізоляційний шар

Тепло, отримане теплопоглиначем 2, передається теплоносію, який циркулює по трубках контуру циркуляції 1. Внаслідок різниці температур та відповідно різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків геліопокрівлі створюється циркуляція теплоносія від геліопокрівлі до бака-акумулятора. З метою підвищення ефективності роботи геліопокрівлі використано шар теплоізоляції 4 із пінополістиролу завтовшки 50 мм і променевідбивного екрана 3. Завдяки вибраним заходам та селективного покриття на зовнішній поверхні теплопоглиначів створюються умови для максимального поглинання і передавання теплоносієві падаючого на покрівлю сонячного випромінювання.

Для ефективнішого проведення експериментів і зниження затрат на його організацію сплановано експеримент відповідно до існуючих методик.

Основними факторами, які впливають на ефективність геліопокрівлі, є:

- x_1 – азимутальний кут повороту геліопокрівлі, α , °;
- x_2 – кут нахилу геліопокрівлі до горизонту, β , °;
- x_3 – інтенсивність потоку теплової енергії, що випромінює джерело, I_e , Вт/м²;

Інтервали варіювання прийняли такі: x_1 ($\alpha = [30; 90]^\circ$); x_2 ($\beta = [30; 90]^\circ$); x_3 ($I_e = [300; 900]$ Вт/м²).

Було складено матрицю планування трифакторного експерименту із врахуванням взаємодії факторів. Для оцінювання роботи геліопокрівлі параметром оптимізації вибрано коефіцієнт ефективності геліопокрівлі K_{ef} , який показує, як впливає зміна кута падіння променів на ефективність геліопокрівлі.

Результати експериментальних вимірювань наведено у графічній формі за інтенсивності теплового потоку 300; 900 Вт/м² (рис. 2, 3).

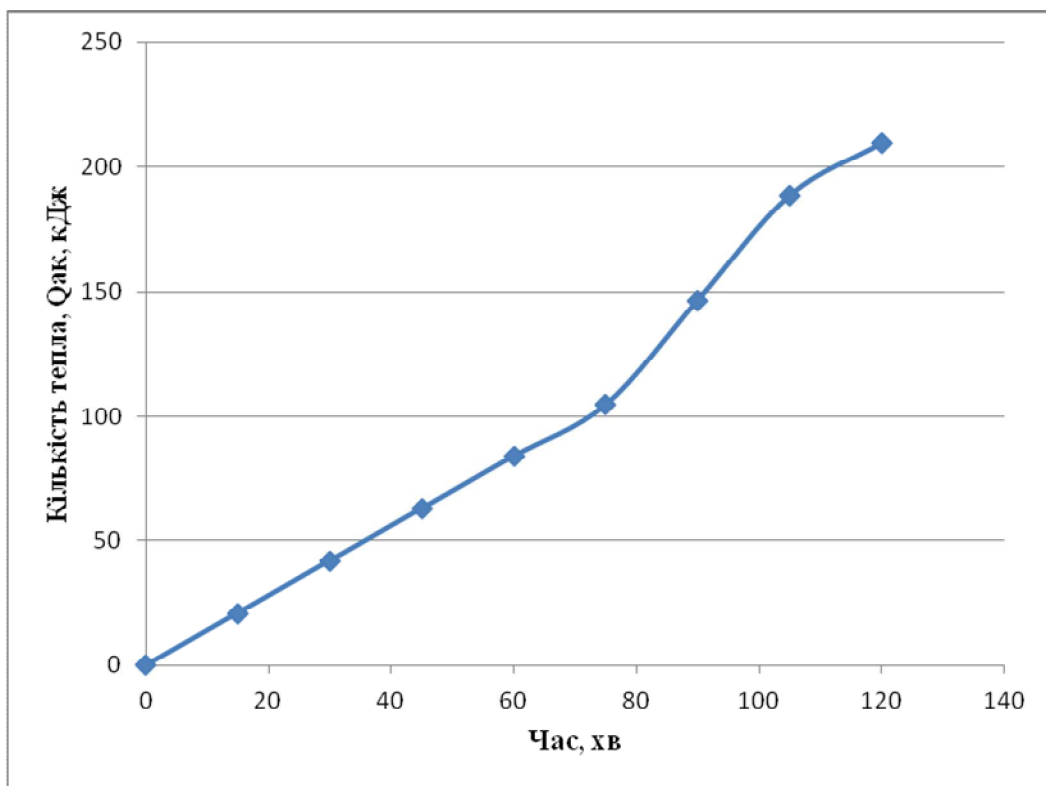


Рис. 2. Кількість тепла $Q_{ак}$ що отримала ССТ з геліопокрівлею у гравітаційній системі теплопостачання при кутах падіння теплового потоку $\alpha=90^\circ$ і $\beta = 90^\circ$ при інтенсивності теплового потоку $I_e = 300$ Вт/м²

З графіка (рис. 2) видно, як поступово збільшується кількість теплоти у баку-акумуляторі протягом 75 хв, після чого відбувається швидше нагрівання теплоносія та відповідно акумулювання теплоти. Кількість тепла в баку-акумуляторі під кінець експерименту досягає значення 210 кДж. З графіка (рис. 3) видно, як поступово збільшує кількість теплоти у баку-акумуляторі в перші 45 хв нагрівання. Різке збільшення кількості акумульованої теплоти відбувається після 45 хв та після 90 хв нагрівання. При цьому кількість акумульованої теплоти становить 251 кДж.

У результаті опрацювання експериментальних даних було отримано рівняння регресії:

$$y = 0,761 + 0,054x_1 + 0,091x_2 + 0,051x_3 + 0,009x_1x_2 + 0,009x_1x_3 + 0,011x_2x_3 + 0,014x_1x_2x_3. \quad (1)$$

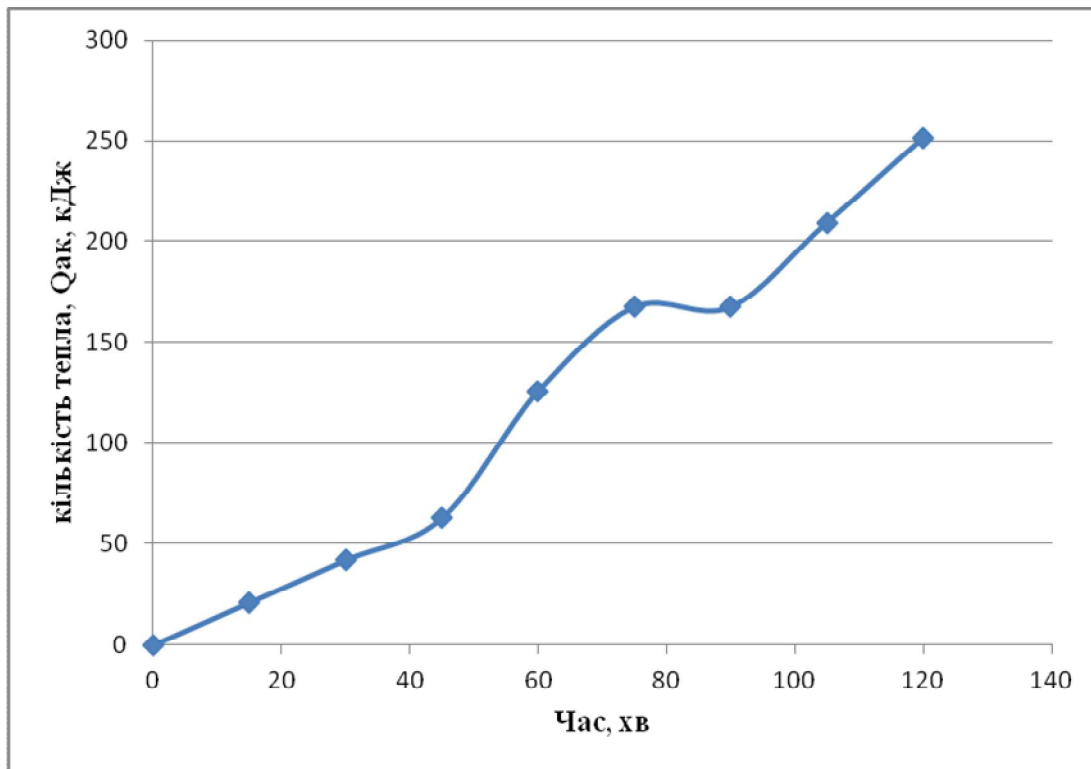


Рис. 3. Кількість тепла $Q_{ак}$ що отримала ССТ з геліопокрівлею у гравітаційній системі теплопостачання при кутах падіння теплового потоку $\alpha=90^\circ$ і $\beta = 90^\circ$ при інтенсивності теплового потоку $I_0 = 900 \text{ Вт/м}^2$

Після визначення коефіцієнтів регресії проводили незалежну перевірку їх значимості. Її можна здійснювати, будуючи довірчий інтервал та за t-критерієм Стьюдента. Під час проведення повного факторного експерименту із ефектом взаємодії факторів довірчі інтервали для всіх коефіцієнтів однакові.

Для рівняння регресії ефективності геліопокрівлі без прозорого покриття у гравітаційній системі теплопостачання:

$$\Delta b = \pm 2,12 \sqrt{\frac{0,00047}{16}} = \pm 0,011.$$

Якщо знехтувати факторами, які не є значимими, то рівняння регресії набуде вигляду:

$$y = 0,761 + 0,054x_1 + 0,091x_2 + 0,051x_3 + 0,014x_1x_2x_3. \quad (2)$$

На підставі аналізу коефіцієнтів регресії можна констатувати, що значно впливає на поведінку функції відгуку фактор x_2 (кут нахилу сонячного колектора $\beta, ^\circ$).

За результатами експериментальних досліджень побудовано номограму залежності коефіцієнта ефективності геліопокрівлі $K_{еф}$ у гравітаційній системі теплопостачання від азимутального кута повороту геліопокрівлі α , кута нахилу геліопокрівлі β , інтенсивності теплового потоку I_0 (рис. 4).

Номограма (рис. 4) апроксимується емпіричною залежністю (3) коефіцієнта ефективності геліопокрівлі з прозорим покриттям $K_{еф}$ у гравітаційній системі теплопостачання від кутів падіння теплового потоку α і β та інтенсивності теплового потоку I :

$$K_{еф} = \left(\frac{(3625 + 3 \cdot I_0) + (37 - 0,022 \cdot I_0) \cdot \beta + (27 - 0,025 \cdot I_0) \cdot \alpha + (-0,233 + 5,556 \cdot 10^{-4} \cdot I_0) \cdot \beta \cdot \alpha}{1} \right) \cdot 10^{-4}. \quad (3)$$

Абсолютна величина коефіцієнтів емпіричної залежності більша за довірчий інтервал, отже, рівняння (3) не змінюється.

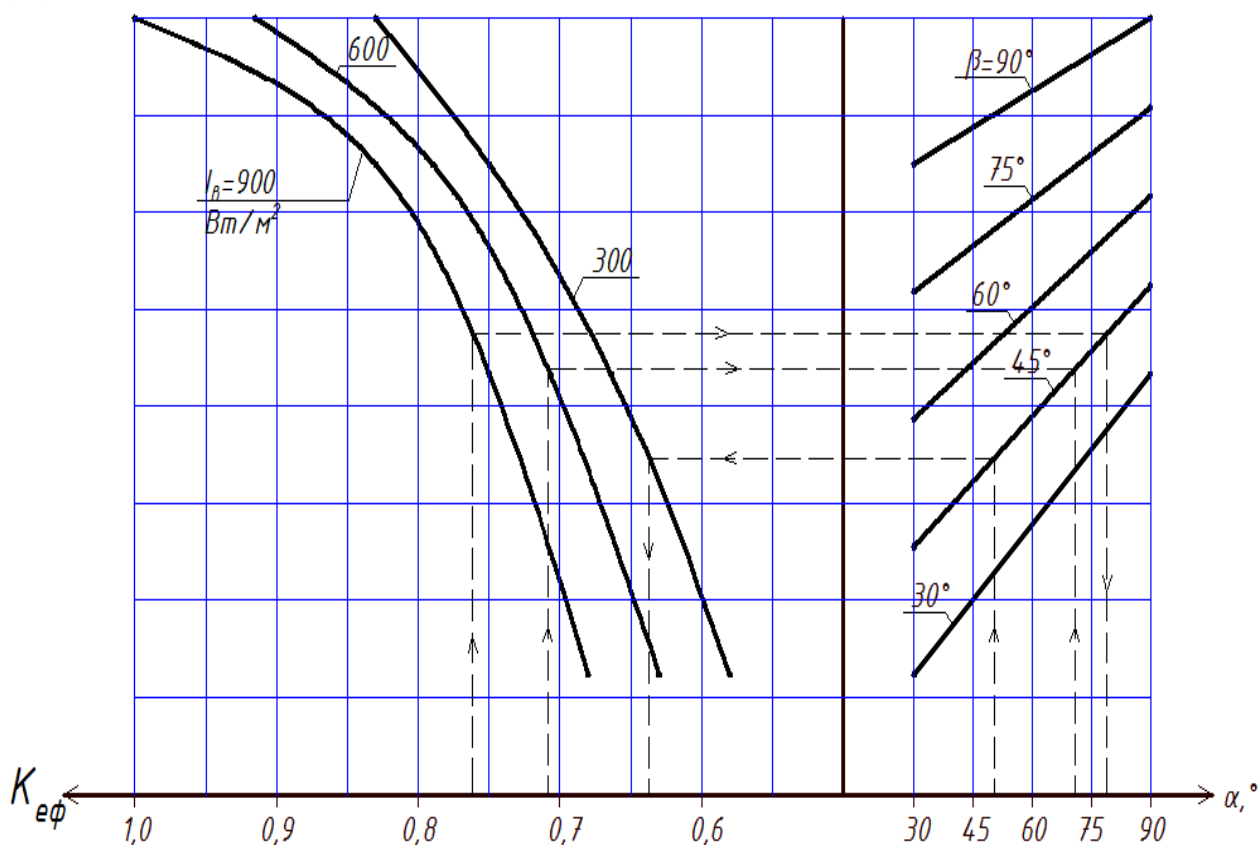


Рис. 4. Номограма залежності коефіцієнта ефективності геліопокрівлі $K_{\text{эф}}$ у гравітаційній системі тепlopостачання від кутів падіння теплового потоку α і β та інтенсивності теплового потоку I_e

Висновок. Проведені дослідження свідчать про ефективну роботу геліопокрівлі у системах сонячного тепlopостачання. Так, кількість акумульованої теплоти накінець експерименту для геліопокрівлі при інтенсивності теплового потоку 900 Вт/м^2 становить 251 кДж . Встановлено, що на ефективність геліопокрівлі значно впливає кут нахилу геліопокрівлі β .

1. Харченко Н. В. *Индивидуальные солнечные установки* / Н. В. Харченко. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с
 2. Твайделл Д. *Возобновляемые источники энергии* / Д. Твайделл, А. Уэйр; пер. с англ. под ред. В. А. Коробкова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 391 с.