

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ “ДЕЛЬТА-СИСТЕМИ” ПЛОСКИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

© Шаповал С.П., 2010

Розглянуто спосіб підвищення ефективності використання сонячної енергії геліоустановкою із плоскими сонячними колекторами. Встановлення сонячних колекторів із орієнтацією на південний схід, південь і південний захід дає можливість ефективніше використовувати сонячну енергію в ранішні та вечірні години. Описано результати досліджень надходження сонячної радіації на “дельта систему” сонячних колекторів. Встановлено залежності між різними орієнтаціями плоских сонячних колекторів і ефективністю роботи геліосистеми. Показано, що із “дельта-системи” плоских сонячних колекторів можна отримати більше енергії, ніж із традиційно орієнтованих на південь.

This article studies the method of efficiency increase of solar energy using by helioplant with flat solar collectors. The establishment of solar collectors with orientation on southeast, south and southwest gives a chance to use solar energy in morning and evening hours more efficiently. The results of investigation of solar radiation incoming on the “delta-system” of solar collectors are described. The dependence between different orientations of the flat solar collectors and efficiency of heliosystem functioning has been established. It is shown that we can receive more energy from “delta-system” of flat solar collectors than from traditionally oriented on south.

Вступ. Сьогодні, коли зростає вартість традиційних джерел енергії, важливим є використання альтернативних або нетрадиційних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна, гідроенергія, біоенергія тощо. Кожен регіон має свої особливості з запасів тієї чи іншої альтернативної енергії, проте сонячне теплопостачання є найефективнішим, особливо у весняно-літній період. Існує дуже багато типів сонячних колекторів та схемних вирішень сонячного теплопостачання. На території України річний потенціал сонячної теплової енергії може сягати близько $28 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$, тому сонячним теплопостачанням може бути забезпечена кожна будівля.

Постановка проблеми. Серед існуючих типів колекторів найнадійнішими є плоскі сонячні колектори. Проте вони не ефективно працюють у ранішні та вечірні години. А це дуже знижує ефективність системи сонячного теплопостачання.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Багато досліджень сонячних установок визначають оптимальні кути нахилу плоского сонячного колектора до горизонту і азимута його повороту, в такий спосіб виявляючи, що кут нахилу сонячного колектора до горизонту залежить від широти місцевості та часу дії геліоустановки [1].

Ефективним методом підвищення ефективності плоских сонячних колекторів у ранішні та вечірні години є встановлення їх “дельта-системою”, тобто з орієнтацією одночасно на південний схід, південь і південний захід. Дослідження такої системи показало можливість підвищення ефективності геліосистеми з плоскими сонячними колекторами у вечірні і ранішні години роботи [2]. Але ці дослідження проведені для протічної схеми, в якій кожен сонячний колектор діє індивідуально, що не є характерним для систем сонячного теплопостачання.

Проте “дельта-системи” не є достатньо вивченими, а саме: не відомо як змінюється ефективність такої установки залежно від різних кутів встановлення сонячних колекторів за сумісної їх дії з баком-акумулятором протягом дня.

Виклад основного матеріалу. Ця експериментальна установка дає змогу проводити дослідження роботи геліоустановки за різних взаємних орієнтацій сонячних колекторів, різних витрат теплоносія та змінної кількості працюючих колекторів протягом дня.

Експериментальна установка для дослідження складається із трьох сонячних колекторів, один з яких орієнтований на південний схід, другий (центральний) – на південь, а третій – на південний захід, бака-ємкості для акумуляції теплоносія, розподільних трубопроводів та запірно-регулювальної арматури. Бак-акумулятор місткістю 225 л води паралельно з'єднаний з усіма сонячними колекторами через розподільні гребінки.

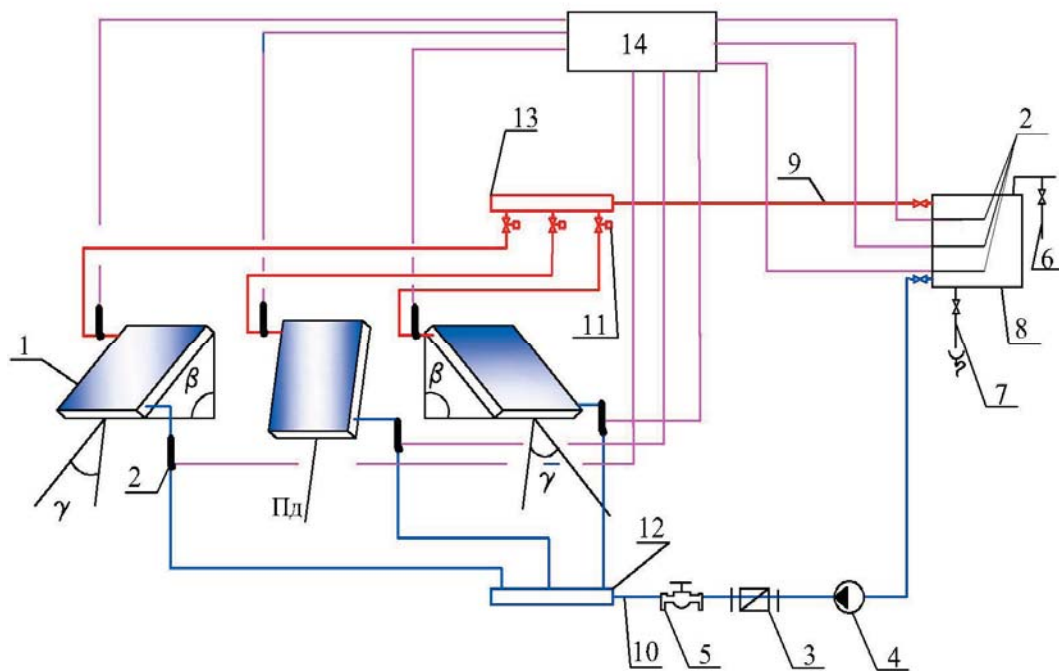


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – сонячний колектор; 2 – місце встановлення термометра; 3 – витратомір; 4 – насос; 5 – балансовий вентиль; 6 – патрубок відбору теплоносія; 7 – патрубок подачі холодного теплоносія або його зливу; 8 – бак-акумулятор; 9 – трубопровід подачі нагрітого теплоносія; 10 – трубопровід охолодженого теплоносія; 11 – вентиль; 12, 13 – гребінка; 14 – регулятор-вимірювач

Перед проведенням експериментальних досліджень усі колектори приводяться у зівставний стан. Для цього усі колектори однаково зорієнтовуються на південь (тобто встановлюються з однаковими азимутальними кутами $\gamma = 0$) з однаковим нахилом до горизонту β . На кожен сонячний колектор за допомогою відповідних вимірювальних і запірно регулювальних приладів встановлюється однакова витрата теплоносія. Протягом дня визначається інтенсивність сонячного проміння, що падає на поверхню сонячних колекторів, фіксуються температури на вході і виході із сонячних колекторів, витрата теплоносія.

Інтенсивність сумарної та розсіяної радіації вимірювалась стаціонарним альбедометром 3 x 3 в парі із гальванометром ГСА-1. Інтенсивність прямої сонячної радіації вимірювалась актинометром М-3 в парі із гальванометром ГСА-1. Температура теплоносія на вході і виході кожного сонячного колектора в баці-акумуляторі вимірювалась термоперетворювачами опору 50 М, що працюють з регулятором-вимірювачем типу РТ-0102. Температура зовнішнього повітря та його швидкість вимірювались термоелектроанемометром TESTO 405-V1. Витрата теплоносія вимірювалась витратомірами КВ-1,5 та ротаметрами.

План-матриця експерименту

Назва фактора	Кодоване позначення	Рівні факторів			Інтервал варіювання Δx_i
		-1	0	+1	
Азимутальний кут повороту сонячного колектора, γ	X_1	0	15	30	15
Кут нахилу сонячного колектора, β	X_2	$\varphi - 15$	φ	$\varphi + 15$	15

$\varphi = 50^\circ$ – географічна широта місця проведення дослідів.

Ефективність “дельта-системи” є величина відносна, тому її визначенням є коефіцієнт ефективності, що дорівнює відношенню корисної енергії, яку отримують з “дельта-системи” колекторів $Q_{d.c.}$, до енергії, яку отримують із південно орієнтованих колекторів $Q_{n.o.}$:

$$K = \frac{Q_{d.c.}}{Q_{n.o.}} \cdot 100\% , \quad (1)$$

де $Q_{d.c.}$, $Q_{n.o.}$ – кількості тепла, закумульовані баком-акумулятором протягом одного дослідів.

Було складено матрицю планування ПВЕ 3^2 з врахуванням ефекту взаємодії факторів, вибравши за параметр оптимізації коефіцієнт ефективності K , а факторами – азимутальний кут повороту сонячного колектора γ та кут його нахилу до горизонту β . Значення цих факторів встановлювались відповідно до проведених раніше досліджень [3].

Таблиця 2

Матриця планування ПВЕ 3^2

№ дослідів	X_0	X_1	X_2	$X_1 X_2$	K
1	+	-	-	+	100
2	+	0	-	0	111
3	+	+	-	-	96
4	+	-	0	0	97
5	+	0	0	0	105
6	+	+	0	0	93
7	+	-	+	-	95
8	+	0	+	0	101
9	+	+	+	+	91

Кожен дослід проводився протягом одного дня. Вранці сонячні колектори встановлюються із заданими кутами відповідно до матриці планування експерименту і фіксуються витрата теплоносія та його температури у трьох точках по висоті бака-акумулятора, умовно розділеного на три рівні об'єми. В кінці дня за температурою теплоносія в баці-акумуляторі підраховується кількість отриманої енергії за формулою

$$Q = c \cdot m \cdot t (t_{cp2} - t_{cp1}), \quad (2)$$

де c – питома теплоємність теплоносія $\text{дж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; m – маса теплоносія, кг ; t_{cp1} , t_{cp2} – середні температури теплоносія в баці-акумуляторі на початку і в кінці дослідів.

Досліди проводились рандомізовано у часі.

Рівняння регресії матиме такий вигляд:

$$K = 98,61 - 1,22 X_1 - 22,4 X_2 - 0,022 X_1 X_2. \quad (3)$$

Оскільки фактор ефекту взаємодії $X_1 X_2$ є незначним, то остаточно рівняння регресії буде таким:

$$K = 98,61 - 1,22 X_1 - 22,4 X_2. \quad (4)$$

Як впливає з цього рівняння, збільшення обох факторів приводить до зменшення параметра оптимізації K .

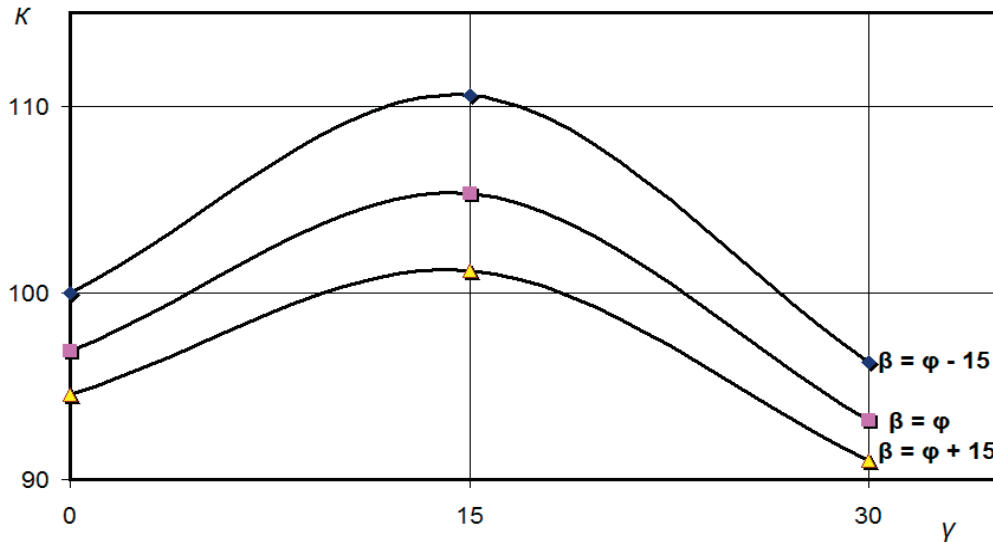


Рис. 2. Номограма залежності $K = f(\gamma, \beta)$

Апроксимацією методом найменших квадратів номограму залежності $K = f(\gamma, \beta)$ отримують таку функціональну залежність:

$$K = 118,37 + 1,19 \cdot \gamma - 0,65 \cdot \beta - 0,044 \cdot \gamma^2 + 0,0002 \cdot \beta \cdot \gamma + 0,0042 \cdot \beta^2. \quad (5)$$

Оскільки п'ятий член рівняння « $0,0002 \cdot \beta \cdot \gamma$ » є незначний, то ним можна знехтувати і рівняння набуде такого вигляду:

$$K = 118,37 + 1,19 \cdot \gamma - 0,65 \cdot \beta - 0,044 \cdot \gamma^2 + 0,0042 \cdot \beta^2. \quad (6)$$

Висновки. Дослідження “дельта-систем” сонячних колекторів показує ефективність застосування таких схемних вирішень сонячного теплопостачання та можливість збільшення кількості отриманого тепла до 11 %.

1. Wiśniewski G., Gołębiowski S., Grycik M. i in. *Kolektory słoneczne: energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle.* – Warszawa: "Medium", 2008. – 201 s.
2. Новаківський Є.В. Підвищення ефективності використання сонячної енергії в комбінованих системах промислового теплопостачання / Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Одеський національний політехнічний університет. – Одеса, 2004. – 22 с.
3. Шаповал С.П., Возняк О.Т., Дацько О.С. Ефективність системи теплопостачання на основі сонячного колектора за зміни кута надходження теплового потоку // Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка» «Теорія і практика будівництва». – 2009. – №655. – С. 299–302.