

С. 64–69. 3. Кваша В.Г. Обстеження та випробування автодорожніх мостів. – Львів: Вид-во НУ «Львівська політехніка», 2002. – 105 с. 4. Кваша В.Г., Салійчук Л.В. Розширення струнобетонної прольотної будови монолітною залізобетонною плитою з підсиленням балок і аварійних проміжних опор // Зб. “Автомобільні дороги і дорожнє будівництво”. – К., 2006. – Вип. 73. – С. 116–120. 5. Кваша В.Г., Салійчук Л.В., Собко Ю.М. Експлуатаційний стан струнобетонних прольотних будов та ефективні способи їх розширення і підсилення // Зб. “Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. – Рівне: НУВГП, 2008. – Вип. 16, Ч. 1. – С. 351–362. 6. Научно-технический отчёт УкрдортрансНДИ «Предварительно напряжённые пролётные строения пролётом 10–30 м» / Отчёт по теме № 06-61. – К., 1961. 7. Научно-технический отчёт УкрдортрансНДИ «Предварительно напряжённые пролётные строения пролётом 15–40 м» / Отчёт по теме № 06-62. – К., 1962. 8. Сборник проектов струнобетонных пролётных строений. ВТП-15. Раздел II. – К., 1963. 9. Штильман Б.Н., Корсунский В.С. Предварительно напряжённые мостовые конструкции с проволочным армированием // Бетон и железобетон. – М., 1962. – № 10. – С. 466–469.

УДК 697.329

С.П. Шаповал, О.Т. Возняк, О.С. Дацько\*

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції,  
\*кафедра техногенно-екологічної безпеки

## ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА ЗА ЗМІНИ КУТА НАДХОДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ

© Шаповал С.П., Возняк О.Т., Дацько О.С., 2009

Описано результати досліджень надходження радіації на сонячний колектор. Встановлено залежності ефективності сонячного колектора від кута падіння теплового потоку. Подано результати досліджень за різних кутів падіння теплового потоку.

This article covers the results of investigation of radiation incoming on the solar collector. Dependence between orientations of the solar collector and efficiency of work of its system has been established. The results of the experimental researches of variable orientations of the collector on the heat rays are given.

**Постановка проблеми.** Впродовж останніх десятиліть у період зростаючого дефіциту енергії та екологічних проблем, зменшення запасів вугілля, нафти та газу актуальним стає використання альтернативних джерел енергії. Щоденно на землю падає така кількість енергії від сонячних променів, яку 6 мільярдів жителів планети можуть використовувати протягом 27 років. Кількість сонячної енергії в Україні, що надходить на одиницю площі протягом року, становить 1000–1350 кВт·год/м<sup>2</sup>. За підрахунками фахівців, на території України річні потенційні енергетичні ресурси Сонця для забезпечення гарячого водопостачання й опалення можуть становити до 28 кВт·год/м<sup>2</sup> теплової енергії. Реалізація такого потенціалу могла б заощадити 3,4 млн. т умовного палива на рік.

Фактично в усіх геліосистемах обов’язковою є наявність трьох основних елементів: енергосприймального вузла (сонячного колектора), енергопереносного середовища (теплоносія) і енергоспоживчого вузла.

Основним елементом установки, в якій сонячна енергія трансформується в теплову, є сонячний колектор.

Максимальне енергопоглинання поверхні прийняття сонячного колектора, що відповідає найвищому значенню коефіцієнта корисної дії якнайповнішому використанню сонячної енергії, досягається наданням поверхні положення, перпендикулярного до падаючих променів.

Необхідно завдання оцінити ефективність сонячного колектора під час його встановлення в стаціонарне положення, мінімізувати кількість переорієнтацій рухомого сонячного колектора або оптимізувати форму дво- чи тригранного сонячного колектора. Для цього потрібно дослідити, як змінюється ефективність геліоустановки за зміни кута падіння теплового потоку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Багато робіт [1; 2; 3] розглядають знаходження оптимальних кутів нахилу колектора до горизонту і азимута повороту, за яких надійде найбільше енергії від сонячного випромінювання.

Оптимальний кут нахилу сонячного колектора до горизонту залежить від широти місцевості та призначення геліоустановки [5].

Більшість даних вимірювання сонячної радіації отримано для горизонтальної поверхні, але часто потрібно оцінити вплив орієнтації приймальної поверхні. Для довгих періодів часу в місцевостях, де не відбувається помітних сезонних змін атмосферних умов, вплив орієнтації оцінюється на основі розрахунку надходження прямої радіації [4].

**Виклад основного матеріалу.** У природних умовах процеси надходження сонячної радіації на поверхню геліоколектора є некеровані. А сама інтенсивність сонячної радіації має змінний характер як протягом дня, так і протягом року. Це все перешкоджає дослідженням сонячних колекторів. Тому дослідження їх в лабораторних умовах дає змогу задавати і контролювати усі параметри, що мають вплив на досліди.

Експериментальна установка складається із сонячного колектора із теплообмінником у вигляді пластини з припаяними трубками для руху теплоносія, бака-ємності для теплоносія, розподільних трубопроводів і шлангів, запірно-регульовальної арматури (рис. 1).

Колектор може змінювати своє положення стосовно падаючого теплового потоку по двох кутах  $\gamma$  та  $\varphi$ .

Дослідження проводили так.

Після встановлення сонячного колектора у потрібне положення трубопроводом холодної води 6 бак-акумулятор 8 наповнюють холодною водопровідною водою. Балансовим вентилям 5 встановлюють необхідну витрату теплоносія в контурі, яку контролюють витратоміром 3.

Під час проведення досліду з певним проміжком в часі фіксувались температури теплоносія на вході та виході з геліоколектора, температура теплоносія в баці-акумуляторі та температура повітря біля сонячного колектора.

Після закінчення досліду вода з бака-акумулятора зливалась трубопроводом 7. Для наступного досліду знову використовували холодну водопровідну воду.

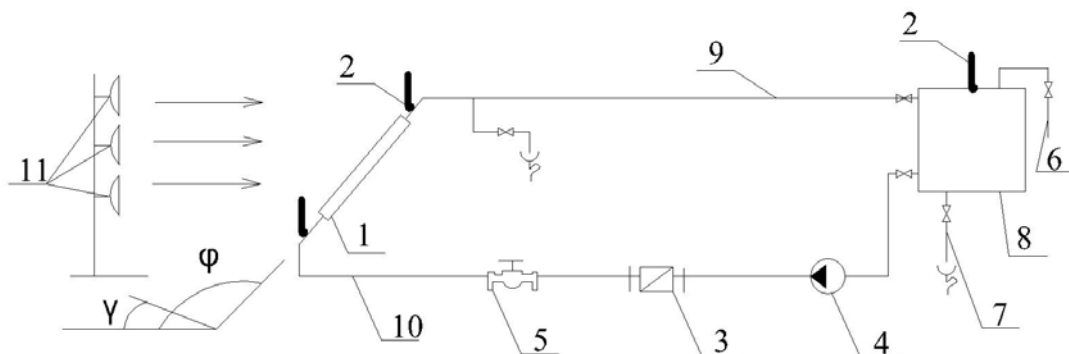


Рис. 1. Принципова схема дослідної установки: 1 – сонячний колектор; 2 – ртутний термометр; 3 – витратомір; 4 – циркуляційний насос; 5 – балансовий вентиль; 6 – трубопровід холодної води; 7 – сливний трубопровід; 8 – бак акумулятор теплової енергії; 9 – трубопровід нагрітого теплоносія; 10 – трубопровід охолодженого теплоносія; 11 – тепловий випромінювач

Інтенсивність теплового потоку вимірювалась актинометром і дорівнювала  $750 \text{ Вт/м}^2$ . Температура на виході і вході геліоколектора та у баці акумулятора вимірювалась ртутними термометрами. Витрата води вимірювалась крильчастим лічильником КВ-1,5. Температура внутрішнього повітря вимірювалась психрометром МВ-4М.

Проаналізувавши дані експериментальних досліджень, зображених на графіках рис. 2, можна зробити висновок, що найшвидше нагрівається теплоносій за кутів  $\gamma = 90^\circ$ ,  $\varphi = 90^\circ$ . Зміна кута  $\gamma$  до  $60^\circ$ , за  $\varphi = 90^\circ$  дещо зменшує ефективність, проте зміна кута  $\varphi$  до  $60^\circ$  за  $\gamma = 90^\circ$  значно знижує ефективність геліосистеми.

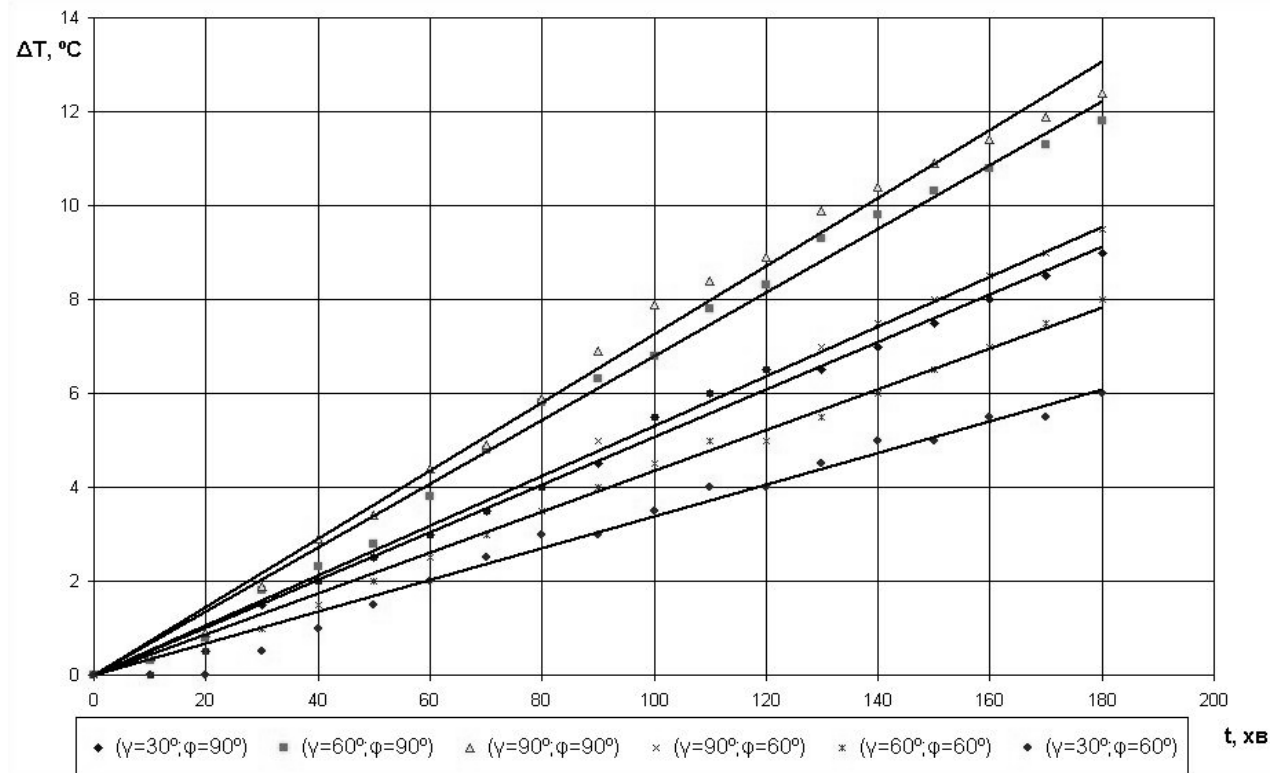


Рис. 2. Залежність зміни температури  $\Delta T$  в часі  $t$  від зміни кутів ( $\gamma$ ;  $\varphi$ ) падіння теплового потоку на поверхню геліоколектора

Ефективність сонячного колектора визначається за формулою

$$\eta_{ск} = Q_{кор} / Q_{пром} , \quad (1)$$

де  $Q_{кор}$  – кількість тепла, що отримав сонячний колектор за час  $t$ ;  $Q_{пром}$  – кількість променевого тепла, що випромінювалось джерелом на одиницю поверхні теплопоглиначя сонячного колектора за цей самий час:

$$Q_{пром} = F \cdot E, \quad (2)$$

де  $F$  – площа теплопоглиначя сонячного колектора;  $E$  – інтенсивність променевого теплового потоку, що випромінює джерело.

З графіків на рис. 3 випливає, що зміна азимутного кута  $\gamma$  від  $90^\circ$  до  $60^\circ$  за  $\varphi=90^\circ$  істотно не впливає на ефективність сонячного колектора, а подальше його відхилення суттєво її знижує.

На цих самих графіках можна побачити, що одночасне відхилення кутів  $\gamma$  та  $\varphi$  призводить до значного зменшення використання падаючого теплового потоку на сонячний колектор та його ефективність  $\eta_{ск}$  загалом.

Зміну ефективності залежно від кутів  $\gamma$  та  $\varphi$  слід враховувати під час проектування геліосистем. Оскільки правильне встановлення стаціонарного сонячного колектора може дати значний вигравш теплової енергії протягом періоду експлуатації, а це вплине на ефективність системи загалом та зменшить термін окупності.

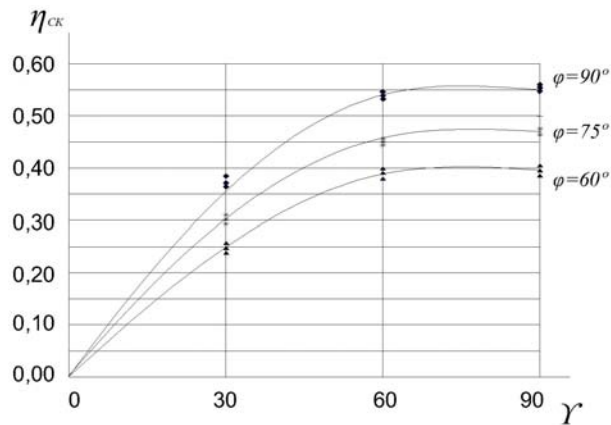


Рис. 3. Ефективність сонячного колектора  $\eta_{СК}$  за зміни кутів  $\gamma$  та  $\varphi$

Аналогічно визначаємо ефективність геліосистеми за кількістю енергії закумуляованої баком-акумулятором  $Q_{омр}$ , нехтуючи при цьому температурною стратифікацією теплоносія в баці-акумуляторі. Ефективність геліосистеми визначається за формулою

$$\eta_{ГС} = Q_{омр} / Q_{пром} \quad (1)$$

Кількість тепла, яку отримав бак-акумулятор  $Q_{омр}$ , визначалась із рівняння теплового балансу.

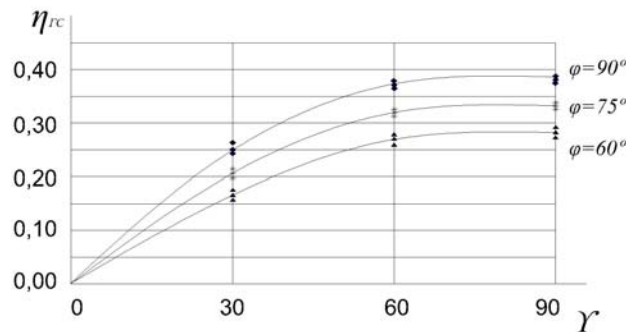


Рис. 4. Ефективність геліосистеми  $\eta_{ГС}$  за зміни кутів  $\gamma$  та  $\varphi$

Оптимальна тривалість роботи сонячного плоского колектора становить приблизно 4 год. Але на практиці намагаються досягти 6-годинної тривалості роботи, що призводить до збільшення площі колекторів і відповідно до погіршення економічних показників.

**Висновки.** Для того, щоб не збільшувати площу геліоколекторів, можна зробити систему слідкуючою або нерухомою.

Сонячні системи тепlopостачання із слідкуючими (частково або повністю) елементами є доволі дорогими та потребують відповідних затрат на експлуатацію, особливо, якщо ці системи низькотемпературні.

Тому, якщо потрібна нерухома сонячна система із нерухомими колекторами, яка має працювати протягом дня з необхідною потужністю, потрібно виконувати її певної форми, що враховує зміну кута падіння сонячної радіації протягом дня.

1. Хрустов Б.В., Аvezов Р.Р., Шафеев А.И. Энергетически оптимальный угол наклона плоских коллекторов // Гелиотехника. – 1986. – № 5. – С. 51–55. 2. Касперські Я., Левкович М., Петровіч С. Компактний даховий кондиціонер на сонячній енергії – оптимізація кута нахилу колекторів // Ринок інсталяцій. – 2008. – № 5. – С. 8–11. 3. Brugues P.M. Utilizacion de la energia solar a baja temperatura por medio de captadores pianos // Instalador. – 1986. – № 21 – P. 33–41. 4. Даффи Дж. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Пер. с англ. – М.: Мир, 1977. – 420 с. 5. Wiśniewski G., Gołębiowski S., Grycik M. i in. Kolektory słoneczne: energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle. – Warszawa : " Medium" , 2008 . – 201 s.