

УДК 697.329

С. П. Шаповал, асп.;

О. Т. Возняк, канд. техн. наук, доц.;

М. Є. Янів, студ.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНОЇ ОРІЄНТАЦІЇ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

Подано результати досліджень надходження сонячної радіації на геліоколектори. Встановлено залежність між кількістю дискретних орієнтацій сонячного колектора і ефективністю роботи системи. Наведено результати експериментальних досліджень стаціонарної та змінних орієнтацій колектора на Сонце.

Постановка проблеми

Денна переорієнтація колектора дає значний вигравш отриманої енергії, порівняно з енергією, яка б надійшла від стаціонарного колектора. Проте невідомо скільки разів на день потрібно повертати колектори, щоб затрати на переорієнтацію були мінімальними. Таким чином, стоїть завдання знаходження простого, економічного та оптимального способу орієнтації сонячних колекторів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Більшість даних вимірювання сонячної радіації отримана для горизонтальної поверхні, але часто потрібно оцінити вплив орієнтації приймаючої поверхні. Для довгих періодів часу в місцевостях, де не відбуваються помітні сезонні зміни атмосферних умов, вплив орієнтації оцінюється на основі розрахунку впливу прямої радіації [1]. Відхилення від південної орієнтації сонячного колектора до 30° змінює сумарний потік падаючої сонячної радіації на 15 % [2]. Значний вплив на ефективність сприймання сонячної енергії в залежності від кута падіння теплового потоку має кількість скляних перегородок [3].

Метою статті є визначення оптимальної кількості поворотів сонячного колектора за його дискретної орієнтації для різних районів розташування геліоустановки з точки зору економічної та енергетичної ефективності.

Опис експериментальної установки

Установка складається із чотирьох стандартних сонячних колекторів, бака-ємності для теплоносія, розподільних трубопроводів, запірно-регулювальної арматури (рис. 1).

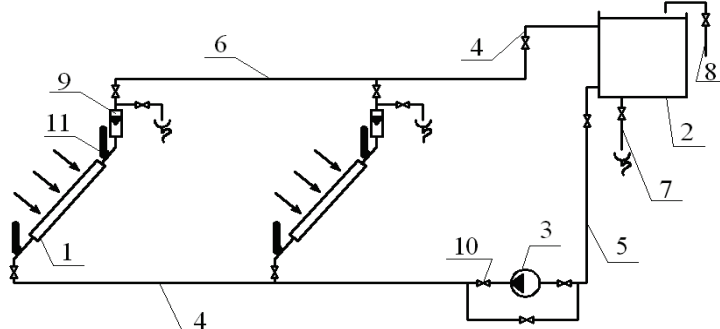


Рис. 1. Принципова схема дослідної установки:

- 1 — сонячний колектор; 2 — ємність для теплоносія; 3 — циркуляційний насос;
 4 — розподільний трубопровід; 5 — подавальний трубопровід; 6 — зворотний трубопровід;
 7 — зливний трубопровід; 8 — трубопровід холодної води; 9 — витратомір;
 10 — запірна арматура; 11 — ртутний термометр

Усі сонячні колектори встановлені в заданих оптимальних площинах на спеціальних підставках

із механізмами повороту, які можуть забезпечувати орієнтацію кожного колектора в потрібному напрямі та із заданим кутом нахилу до горизонту. Сумарна радіація на горизонтальну поверхню вимірювалась термоелектричним альбедометром (піранометром), а пряма радіація на перпендикулярну до променів поверхню — термоелектричним актинометром. Для визначення температури теплоносія і повітря використовувались лабораторні термометри.

Виклад основного матеріалу

Експериментальні дослідження проведено за таких умов та спрощень: надходження сонячної радіації на колектори приймалось у долях відносно максимально можливої; всі сонячні колектори поставлені в заданих оптимальних площинах; лінійний розмір трубопроводів не змінювався; прийнято стаціонарну орієнтацію колектора та 4 змінних його орієнтації; прийнята довірча ймовірність результатів експерименту і апроксимації $\alpha = 0,95$.

Добове надходження сонячної радіації на поверхню колектора буде максимальним, коли не тільки кожний напрям при дискретній орієнтації буде найкращим, але і час переорієнтації буде також оптимальним.

На рис. 2 наведені криві надходження сонячної радіації для всіх місяців року для різних варіантів орієнтації у відношенні до максимально можливого надходження радіації на колектори степної орієнтації (у долях). Це відношення є коефіцієнтом ефективності \bar{E} дискретного способу орієнтації N .

Далі за допомогою інтегрування проводились усереднення величини коефіцієнта ефективності $K_{\text{еф}}$, тобто визначалась його середньорічна величина $\bar{K}_{\text{еф}}$, відповідно для різної кількості дискретних орієнтацій колектора N . Усереднене значення $\bar{K}_{\text{еф}}$ визначалось шляхом апроксимації графіків (рис. 2) та подальшого інтегрування в межах від 0 до 12. Відтак, під час забезпечення рівності площ криволінійної трапеції $\left(S_1 = \int_0^{12} f_i(x) dx \right)$ та відповідних прямокутників $\left(S_2 = \bar{K}_{\text{еф}} \cdot 12 \right)$ усереднені значення визначали:

$$\bar{K}_{\text{еф}} = \frac{1}{12} \int_0^{12} f(x) dx. \quad (1)$$

На графіку (рис. 3) показані усереднені значення ефективності $K_{\text{еф}}$ з урахуванням річної зміни коефіцієнта ефективності (рис. 2). Оскільки зі збільшенням кількості дискретних поворотів збільшується вартість установки, то необхідно навести відповідні економічні дані (рис. 4).

На графіку (рис. 4) зображена залежність відносної вартості \bar{E} (відношення вартості кількості дискретних орієнтацій E_i до максимальної вартості E_{max} , зі стаціонарним ($N = 1$) колектором та чотирма змінними орієнтаціями ($N = 2 \times 5$) $\bar{E} = E_i/E_{\text{max}}$) від кількості дискретних орієнтацій сонячного колектора N .

Графік (див. рис. 3), що характеризує ефективність $K_{\text{еф}}$, не має точок екстремуму і монотонно зростає, але графік (див. рис. 4), що характеризує вартість, теж монотонно зростає. У зв'язку із цим, бажаного результату не можна отримати в точках максимуму чи мінімуму, оскільки їх не існує. Для цього запропоновано

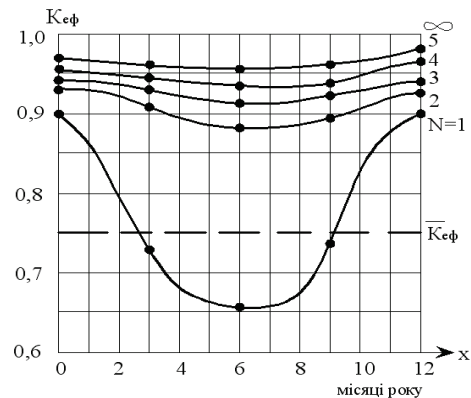


Рис. 2. Річна зміна коефіцієнта ефективності дискретних способів орієнтації

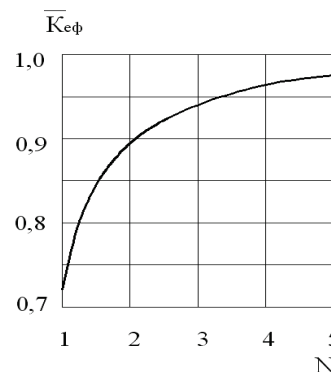


Рис. 3. Залежність коефіцієнта ефективності від кількості дискретних орієнтацій

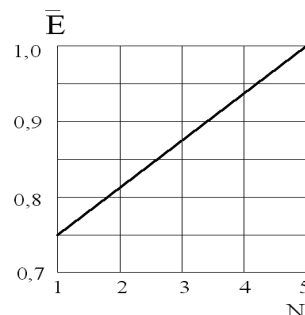


Рис. 4. Залежність відносної вартості від кількості дискретних орієнтацій

ввести критерій оптимізації — питому вартість E_o , як відношення відносної вартості \bar{E} до усередненого коефіцієнта ефективності сприйняття сонячної енергії

$$\bar{K}_{\text{еф}} : E_o = \frac{\bar{E}}{\bar{K}_{\text{еф}}} . \quad (2)$$

Враховуючи залежності (1) та (2), отримаємо:

$$E_o = 0,06N + 0,7 + \frac{0,145}{N} . \quad (3)$$

Функція $E_o = f(N)$ вже не є монотонною, має точки екстремуму, тому нескладно після диференціювання визначити точку мінімуму $N = 1,55$.

З логічних міркувань необхідно заокруглити до цілого числа $N = 2$.

Висновки

Встановлено, що економічно доцільнішою буде установка з найменшою кількістю поворотів, а саме з $N = 2$. Отже, подвійної орієнтації сонячного колектора цілком достатньо для забезпечення практично максимального надходження сонячної енергії на колектор з мінімальними затратами на переорієнтацію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Даффи Дж. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии : книга для специалистов в области энергетики и гелиотехники / Дж. А. Даффи, У. А. Бекман. — М. : Мир, 1977. — 420 с.
2. Корчемний Микола. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Микола Корчемний, Валерій Федоренко, Володимир Щербань. — Тернопіль : Підручники & посібники, 2001. — 984 с. — ISBN 966-562-441-5.
3. Теплові розрахунки геліосистем / [Сиворакша В. Ю., Марков В. Л., Петров Б. Є. та ін.]; за ред. А. Шевцова. — Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетровського університету, 2003. — 132 с. — ISBN 966-551-130-0.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Надійшла до редакції 22.12.09
Рекомендована до друку 10.02.10

Возняк Орест Тарасович — завідувач кафедри, **Шаповал Степан Петрович** — аспірант.

Кафедра «Теплогазопостачання і вентиляція»;

Янів Мар'яна Євгенівна — студентка.

Національний університет «Львівська політехніка»