

Стройиздат, 1967. – 185 с. 3. Сцепление арматуры с бетоном. Краткое изложение сообщений на конференции по проблеме сцепления арматуры с бетоном (25–27 июня 1968 г.) / Под ред. А.А. Оатула. – Челябинск, 1968. – 115 с. 4. Демчина Б.Г., Верба В.Б., Демчина Х.Б. Експериментальні дослідження зчеплення арматури з пінобетоном // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2005. – № 545. – С. 41–45. 5. Верба В. Дослідження зчеплення гладкої арматури з пінобетоном шляхом висмикування // Геодезія, архітектура та будівництво: Матеріали 1-ї конференції молодих науковців ГАС-2007. – 2007. – 50 с. – С. 41–43. 6. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 80 с.

УДК 697.329

О.Т. Возняк, О.С. Дацько, С.П. Шаповал
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляція,
кафедра техногенно-екологічної безпеки

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЦІЛОРІЧНИХ ГЕЛІОСИСТЕМАХ

© Возняк О. Т., Дацько О. С., Шаповал С. П., 2008

Наведено 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 чотирьох змінних орієнтацій колектора на Сонце.

In this article the results of investigations incomings solar radiation on solar collectors. It was defined dependense between discrete orientation amount of solar collector and efficiency of system work. The results of experimental researches of constant and four variable orientations of collector on a Sun are present.

Постановка проблеми. Системи сонячного теплопостачання є однією з найперспективніших тем у геліоенергетиці. Незважаючи на велику різноманітність геліосистем, практично у всіх з них обов'язковою є наявність трьох основних елементів: енергосприймаючого вузла (сонячних колекторів), енергопереносного середовища (теплоносія) і енергоспоживчого вузла (приладів гарячого водопостачання, опалення тощо). Також може додаватись акумулятор тепла та додаткове джерело енергії. Від правильного та узгодженого функціонування вказаних вузлів у комплексі і кожного зокрема залежить повнота використання променевої енергії, що надходить від сонця.

Максимального енергопоглинання поверхні прийняття сонячного колектора, що відповідає найвищому значенню коефіцієнта корисної дії і найповнішому використанню сонячної енергії, досягають шляхом надання поверхні положення, перпендикулярного до падаючих променів.

Дискретна переорієнтація колектора дає значний вигравш отриманої енергії порівняно з енергією, що надійшла б від стаціонарного колектора. Проте невідомо, скільки разів на день потрібно повертати колектори, щоб затрати на переорієнтацію були мінімальними, а отримана кількість енергії максимальною.

Отже, стоїть завдання знаходження простого і економічного способу орієнтації сонячних колекторів, при якому можна було би отримати максимально можливу кількість сонячної енергії.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Багато робіт [1–3] присвячено знаходженню оптимальних кутів нахилу колектора до горизонту і азимута повороту, при яких надійде найбільше енергії сонячного випромінювання. Всі однозначно стверджують, що від колекторів, які змінюють кути положення кожного місяця, надходить до 40 % більше енергії, ніж від фіксовано встановлених [2].

Денна зміна кутів положення колектора може бути не постійною, а періодичною. Так, сонячна установка [5] встановлюється в оптимальному для цього періоду роботи положенні, і можна кілька разів на день вручну змінювати орієнтацію колектора сонячної енергії [6].

Поняття півстежного колектора було запропоноване в роботі [7]. Вісь колектора нахилилась до горизонту під кутом, оптимальним для певного місяця. Протягом доби колектор обертався навколо своєї осі кожні 30 хвилин. У результаті на колектор надійшло майже стільки енергії, яка б надходила на постійно стежний колектор і значно більше, ніж на стаціонарний колектор.

Всі дослідження показують, що денна переорієнтація колектора дає значний вигравш отриманої енергії порівняно з енергією, що надійшла б від колектора незмінної орієнтації.

Мета та задачі досліджень. Визначення оптимальної кількості поворотів сонячного колектора при його дискретній орієнтації для різних районів розташування геліоустановки з погляду економічної та енергетичної ефективності.

Опис експериментальної установки. Установка складається із двох стандартних сонячних колекторів, бака-ємності для теплоносія, розподільних трубопроводів і шлангів, запірної-регулюючої арматури (рис. 1).

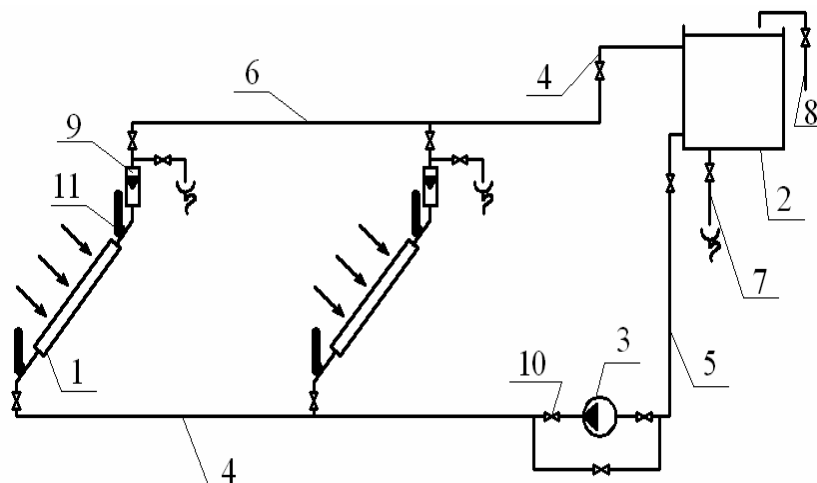


Рис. 1. Принципова схема дослідної установки:

- 1 – сонячний колектор; 2 – ємність для теплоносія; 3 – циркуляційний насос;
 4 – розподільний трубопровід; 5 – подаючий трубопровід; 6 – зворотний трубопровід;
 7 – зливний трубопровід; 8 – трубопровід холодної води; 9 – витратомір; 10 – запірні арматури;
 11 – ртутний термометр

Сумарна радіація на горизонтальну поверхню вимірювалась термоелектричним альбедометром (піранометром), а пряма радіація на перпендикулярну до променів поверхню – термоелектричним актинометром.

Всі сонячні колектори встановлені в заданих оптимальних площинах на спеціальних підставках з механізмами повороту, які можуть забезпечувати орієнтацію кожного колектора в потрібному напрямі і з заданим кутом нахилу до горизонту.

Для визначення температури теплоносія і повітря використовувались лабораторні термометри.

Виклад основного матеріалу. Експериментальні дослідження були проведені при таких умовах та спрощеннях:

- надходження сонячної радіації на колектори приймалось у частках відносно максимально можливої;
- всі сонячні колектори поставлені у заданих оптимальних площинах;
- лінійний розмір трубопроводів не змінювався;

- було прийнято незмінну (стаціонарну) орієнтацію колектора та чотири змінних його орієнтацій;
- заміри проводились 6 разів протягом року (рис. 2) з подальшим усередненням величини коефіцієнта ефективності K_{ef} ;
- прийнято довірчу ймовірність результатів експерименту і апроксимації $\alpha = 0,95$;
- при математичній обробці результатів для дискретних орієнтацій приймались неперервні функціональні залежності.

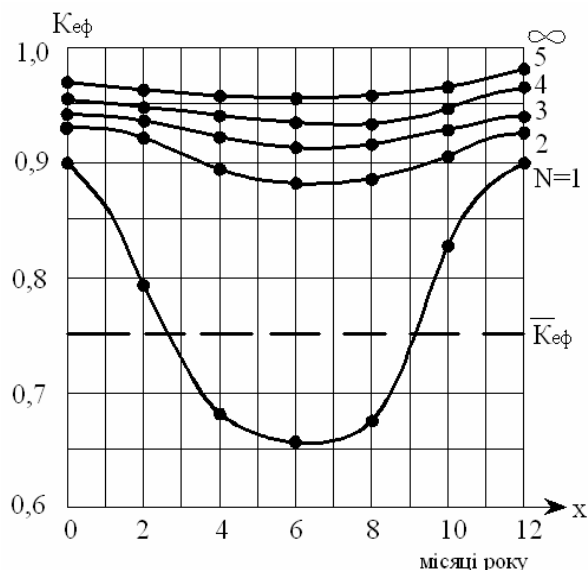


Рис. 2. Річна зміна коефіцієнта ефективності K_{ef} дискретних способів орієнтації N

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 для двох сусідніх положень. Такий стан можливий при досягненні рівності кількості сонячної радіації, що надходить за одиницю часу на площу прийняття при попередній і подальшій орієнтаціях [8].

На підставі даних графіка (рис. 2) можна констатувати, що стаціонарна незмінна орієнтація ($N = 1$) сонячних колекторів на південь є найнеефективнішою, до того ж найменше значення K_{ef} ($K_{ef} = 0,65...0,67$) припадає на літні місяці, коли надходження сонячної радіації найвище.

На рис. 2 наведені криві надходження сонячної радіації для всіх місяців року при різних варіантах орієнтації відносно максимально можливого надходження радіації на колектори степної орієнтації (у частках). Це відношення є коефіцієнтом ефективності \bar{E} дискретного способу орієнтації.

Графіки (рис. 2) апроксимовані так:

1. Для незмінної (стаціонарної) орієнтації сонячного колектора:

$$N=1: K_{ef} = 0,66 + (x - 6)^2 * 0,010.$$

2. Для змінної орієнтації сонячного колектора:

$$- N=2: K_{ef} = 0,88 + (x - 6)^2 * 0,002;$$

$$- N=3: K_{ef} = 0,93 + (x - 6)^2 * 0,001;$$

$$- N=4: K_{ef} = 0,95 + (x - 6)^2 * 0,001;$$

$$- N=5: K_{ef} = 0,96 + (x - 6)^2 * 0,001,$$

де x – це порядковий номер місяця.

Далі за допомогою інтегрування визначалось середнє значення коефіцієнта ефективності K_{ef} , протягом року визначалась його середньорічна величина \bar{K}_{ef} , відповідно для різної кількості дискретних орієнтацій колектора N .

Усереднене значення \bar{K}_{ef} визначалось шляхом апроксимації графіків (рис. 2) та подальшого інтегрування в межах від 0 до 12 по місяцях. Відтак при забезпеченні рівності площ криволінійної трапеції ($S_1 = \int_0^{12} f_i(x)dx$) та відповідних прямокутників ($S_2 = \bar{K}_{ef} * 12$) усереднені значення становили:

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

На графіку (рис. 3) відкладені усереднені значення ефективності K_{ef} як для стаціонарного положення сонячного колектора ($N = 1$), так і для його змінних ($N = 2 \div 5$) дискретних орієнтацій з урахуванням річної зміни коефіцієнта ефективності (рис. 2).

Усереднене значення \bar{K}_{ef} (наприклад, для $N = 1$) отримане так:

$$\bar{K}_{ef} = \frac{1}{12} \int_0^{12} (0,65 + (x - 6)^2 * 0,01)dx = \frac{1}{12} \left(0,65x \Big|_0^{12} + 0,01 \frac{1}{3} (x - 6)^2 \Big|_0^{12} \right) = \frac{1}{12} (7,92 + 0,72) = 0,72.$$

Як показує графік (рис. 3), на якому проілюстрована залежність \bar{K}_{ef} від кількості дискретних орієнтацій N , крива асимптотично наближається до прямої $\bar{K}_{ef} = 1$, яка належить до стежної системи орієнтації.

Графік (рис. 3) апроксимується залежністю:

$$1 - \bar{K}_{ef} = \frac{a}{N + a}, \quad (2)$$

де a – постійний коефіцієнт.

При застосуванні математичних методів обробки результатів експерименту кількісно визначено константу a : $a = 0,21$, формула набуває вигляду:

$$\bar{K}_{ef} = \frac{N}{N + 0,21}. \quad (3)$$

Але із збільшення кількості дискретних поворотів збільшується вартість установки, тому 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} , при стаціонарному ($N = 1$) колекторі та чотирьох змінних орієнтаціях ($N = 2 \div 5$) $\bar{E} = E_i / E_{max}$) від кількості дискретних орієнтацій сонячного колектора N .

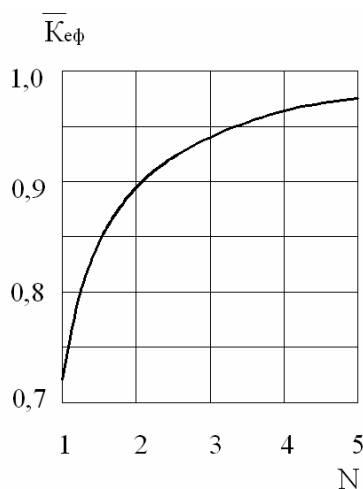


Рис. 3. Залежність коефіцієнта ефективності \bar{K}_{ef} від кількості дискретних орієнтацій N

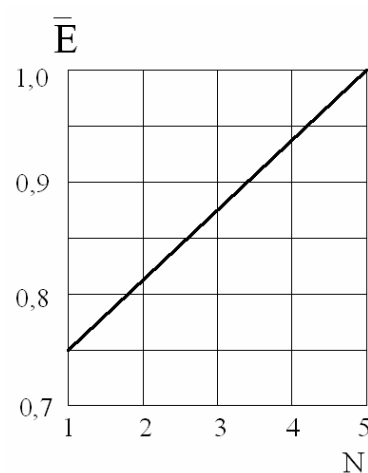


Рис. 4. Залежність відносної вартості \bar{E} від кількості дискретних орієнтацій N

Цей графік описується лінійною залежністю:

$$\bar{E} = 0,69 + 0,06N. \quad (4)$$

Графік (рис. 3), що характеризує ефективність K_{ef} , не має точок екстремуму і монотонно зростає, але графік (рис. 4), що характеризує вартість, діє за тим самим принципом. Отже, бажаного результату не можливо отримати в точках максимуму чи мінімуму, оскільки їх не існує. Для цього необхідно ввести критерій оптимізації – питому вартість E_o як відношення відносної вартості \bar{E} до усередненого коефіцієнта ефективності сприйняття сонячної енергії \bar{K}_{ef} :

$$E_o = \frac{\bar{E}}{K_{ef}}. \quad (5)$$

Враховуючи залежності (3) та (4), отримуємо:

$$E_o = 0,06N + 0,7 + \frac{0,145}{N}. \quad (6)$$

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

Як було зазначено в умовах та спрощеннях, будуємо графічну залежність, табулюючи формулу (6). Цей графік (рис. 5) наочно зображає характер функції $E_o = f(N)$ і підтверджує наявність точки мінімуму (точка А), для якої дійсно $N = 1,55$.

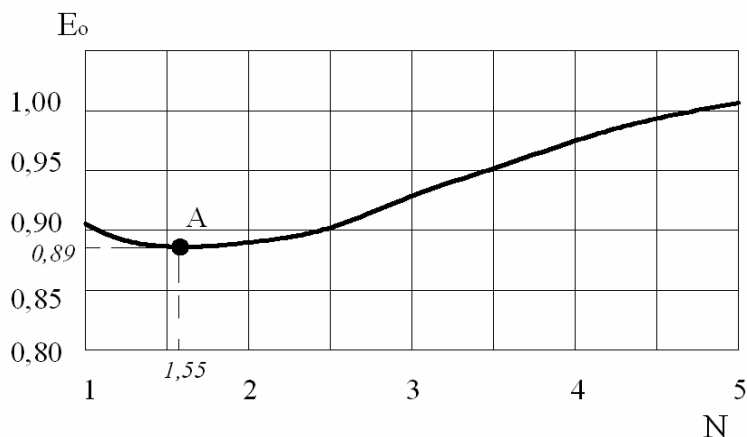


Рис. 5. Залежність питомої вартості E_o від кількості дискретних орієнтацій N

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

Висновки. Застосування дискретної орієнтації найефективніше влітку, коли можна використовувати надходження енергії на колектор протягом всієї світлової доби (у порівнянні: при стаціонарній орієнтації період освітлення становить всього 70–80 %). Отже, за допомогою дискретної орієнтації можливо збільшити енергозбирання з сонячних колекторів до значень, які практично мало відрізняються від максимально можливих.

Оскільки із збільшенням кількості дискретних поворотів збільшується вартість установки, 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 за мінімальних затрат на переорієнтацію.

Вдячність. Автори вдячні НАТО, зокрема проекту No ESP.NUKR.CLG.982978 “ Оцінка та сертифікація доквілля будівель ” та агентству Grant Словацької республіки за підтримку проекту No 1/3342/06, на базі якого представлені результати.

1. Хрустов Б.В., Авезов Р.Р., Шафеев А.И. Энергетически оптимальный угол наклона плоских коллекторов // Гелиотехника. – 1986. – № 5. – С. 51–55. 2. Ингиоя З.В., Пахатиль Л.Н., Рохумяз Т.А.

Оптимальная ориентация гелиоколлектора в Зстонской ССР // Исследования по строительству и строительной теплофизике. Долговечность конструкций. – Таллин, 1987. – С. 15–18. 3. Bruges P.M. Utilizacion de la energia solar a baja temperatura por medio de captadores planos // Instalador. – 1986. – № 21. – P. 33–41. 4. Bairi A. Method of quick determination of the angle of slope and the orientation of solar collectors without a sun tracking system // Solar and Wind Technology. – 1990. – 7. – № 2–3. – P. 327–330. 5. Instalatie solara: Pam. 97101 Румыния. In-treprinderea de Retele Elektrice- N 125872 / D. Gernomazu. – Оубл. 18.08.1989. 6. Solar energy collecting system: Pam. 4770162 США. Phillips Petroleum Co / P.M. L'Esperance, R.D. Nikkei. – № 49860L; Оубл. 13.09.1988. 7. Satcunanatnan S., Jolly P. Persad P. The desing and performance of semi-tracking flat-plate collectors // Solar World Congress Process // 8th Biln Congress International Solar Energy Socitty, Perth, August, 1984. – P. 757–761. 8. А. с. 1490398 СССР. Способ ориентации гелиоустановок на Солнце / А.С. Шнерх. – 1989. – № 24. 9. Estokova A. Methods for environmental assessment of building materials // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2007. – № 600. – С. 368–372. 10. Kapalo P. Hot water distribution system – interrumped operation // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2007. – № 600. – С. 417–422. 11. ViČeková S., Burdová E., Šenitkova I. Sustainable bulding assessment systems summary // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2007. – № 600. – С. 559–567.

УДК 697.9:621;697:621

О.Т.Возняк, Х.В. Миронюк, І.Є. Сухолова, А.О.Четербок
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИК ІЗ ВЗАЄМОДІЄЮ ЗУСТРІЧНИХ НЕСПІВВІСНИХ НЕІЗОТЕРМІЧНИХ КРУГЛИХ СТРУМИН

© Возняк О.Т., Миронюк Х.В., Сухолова І.Є., Четербок А.О., 2008

Наведено результати експериментальних досліджень подачі припливного повітря до приміщень повітророзподільником з використанням взаємодії зустрічних неспіввісних повітряних струмін для створення інтенсивнішої турбулізації повітряного потоку. Проведено експериментальні дослідження за складеною матрицею планування трифакторного експерименту та отримано графічні і аналітичні розрахункові залежності; побудована номограма. Одержані результати цих досліджень дають змогу проводити інженерні розрахунки повітророзподілу із взаємодією зустрічних неспіввісних струмін.

In this article results of experimental investigations of air supply into the room by air distribution device with interaction of opposite non-coaxial air jets for creation more intensive turbulization air flow in the room are presented. Experimental investigations in order to composed matrix were carried out; graphycal and analytical calculation dependences have been obtained as well 3-factor chart has been design. Obtained results of these investigations give possibility to realize engineer calculations of air distribution with interaction of opposite non-coaxial air jets.

Постановка проблеми. Як відомо, здоров'я людини та її працездатність залежать значною мірою від того, наскільки санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату приміщень відповідають її фізіологічним потребам. Фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від температури, вологовмісту, швидкості руху повітря, шуму, запиленості, запахів тощо. На умови комфорту значно впливає саме швидкість руху повітря, величина якої створюється засобами вентиляційної техніки. Відомо [1–9], що значний вплив на тепловий комфорт людини має також початкова турбулізація припливного повітряного потоку при його виході з насадка.