

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РОЗРАХУНКОВИХ МОДЕЛЕЙ ПОЛІМЕРНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

НУ «Львівська політехніка», Україна

Наведено інженерну методику розрахунку системи сонячного теплопостачання полімерними геліоколекторами. Здійснено порівняння результатів аналітичних та натурних досліджень.

Ключові слова: сонячний колектор, полімерні матеріали, розрахункова модель, нетрадиційні джерела енергії.

Актуальність роботи. Застосування сонячної теплової енергії для гарячого водопостачання набуває все більшої популярності, оскільки, з технічної точки зору, це найпростіший спосіб використання сонячної енергії. Ефективність сонячного теплопостачання визначається потужністю сонячного випромінювання і характеристиками сонячного колектора, який є основним елементом геліосистем. З метою зниження вартості сонячних колекторів (СК) та спрощення постало питання використання альтернативних неметалевих матеріалів в їхній конструкції. Розроблено ряд сонячних колекторів на основі полімерних матеріалів, які доцільно застосовувати для низькотемпературних систем. При застосуванні таких колекторів знижуються фінансові витрати на їх виготовлення, встановлення та майбутню утилізацію. Разом з тим вони забезпечують ефективне використання сонячної енергії.

Проте існують деякі труднощі при розрахунку систем сонячного теплопостачання з полімерними геліоколекторами. В статті наведено розроблену інженерну методику розрахунку параметрів сонячного колектора, яка сприятиме визначенню площі геліополя, об'єму баку акумулятора, .

Виклад основного матеріалу. Запропонована конструкція сонячного колектора на основі стільникової тришарової полікарбонатної плити з теплоносієм зафарбованою в чорний колір водою (рис.1).

Верхній шар плити виконує роль світлопрозорого захисного покриття, середній шар в якості поглинача сонячної енергії, по якому циркулює теплоносіє, нижній шар виконує роль теплової ізоляції. Поглинач сонячної енергії з'єднується з трубопроводами для підведення і відведення теплоносія. Таким чином СК являє собою єдину цілісну структуру, оскільки тришарова плита виготовляється методом екструзії і є нерозбірною.

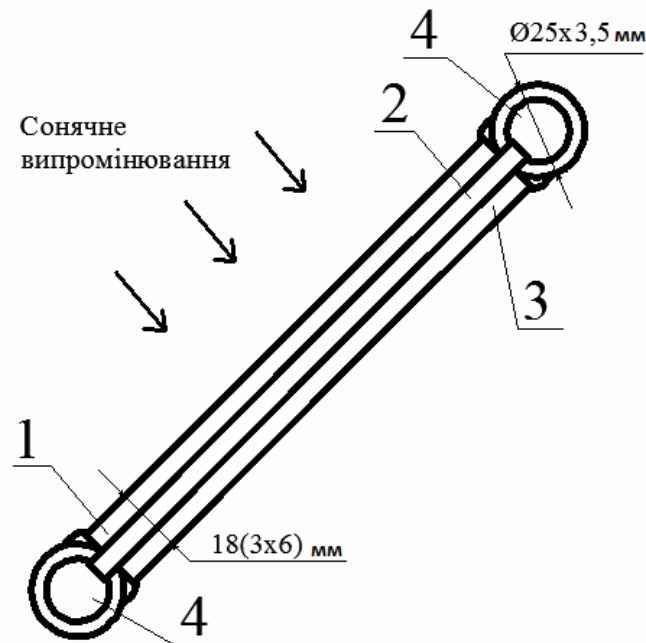


Рис.1.

Конструкція полімерного сонячного колектора

1- світлопрозоре захисне покриття, 2- поглинач сонячної енергії,
3- теплова ізоляція, 4- трубопроводи для підведення і відведення теплоносія

Завдяки тому, що плита стільникового полікарбонату є прозорою, а поглиначем випромінювання є зафарбована в чорний колір вода, то такий сонячний колектор вмонтований в конструкцію даху, за потреби, може використовуватись як світлопрозоре захищення: попередньо спорожнивши СК від теплоносія.

Тепловий розрахунок сонячного колектора полягає в визначенні тепловтрат, температур на вході і на виході з колектора. Ці величини пов'язані з температурою поглинаючої пластини. В результаті необхідно розв'язати співвідношення, які об'єднують їх та розв'язуються методом ітерацій.

Вихідними даними для інженерного розрахунку є: кліматичні дані міста будівництва; конструктивні розміри сонячного колектора; сфера застосування системи.

Баланс теплової енергії в полімерному сонячному колекторі:

$$A_c \cdot S = Q_U + Q_L, \quad (1)$$

де A_c – площа сонячного колектора, м^2 ; S – енергія сонячного випромінювання, поглиненого одиницею поверхні сонячного колектора, $\text{Вт}/\text{м}^2$; Q_U – тепловий потік, переданий теплоносієві в сонячному колекторі, Вт ; Q_L – сумарні тепловтрати сонячного колектора в навколишнє середовище, Вт .

Енергія сонячного випромінювання поглинутого сонячним колектором S розраховується за формулою:

$$S = [I_b \cdot P_b(\tau\alpha) + I_d \cdot P_d(\tau\alpha)], \quad (2)$$

де I_b – інтенсивність прямої сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню, $\text{Вт}/\text{м}^2$; I_d – інтенсивність розсіяної сонячної радіації, що падає на

горизонтальну поверхню, Вт/м²; P_b, P_d – коефіцієнти положення сонячного колектора для прямої та розсіяної радіації відповідно.

Корисна енергія сонячного колектора розраховується за формулою:

$$Q_U = G \cdot c_p (T_2 - T_1), \quad (3)$$

де G – масова витрата теплоносія через сонячний колектор, кг/с; c_p – питома теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К); T_1, T_2 – відповідно температури теплоносія на вході і виході з колектора, К.

Повний коефіцієнт теплових втрат полімерного сонячного колектора розраховується за формулою:

$$U_L = U_l + U_b, \quad (4)$$

де U_l – коефіцієнт тепловтрат через верхню поверхню колектора, Вт/(м²·К); U_b – коефіцієнт тепловтрат через шар теплоізоляції сонячного колектора, Вт/(м²·К);

Коефіцієнт тепловтрат через шар теплоізоляції визначається за формулою:

$$U_b = \frac{1}{R_b}, \quad (5)$$

де $R_b = 3,6$, (м²·К)/Вт – термічний опір 6 мм стільникового полікарбонату; Коефіцієнт тепловтрат через верхню поверхню колектора:

$$U_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{пз}^к + \alpha_{пз}^п} + \frac{1}{\alpha_{3а}^к + \alpha_{3а}^п}}, \quad (6)$$

де $\alpha_{пз}^к, \alpha_{3а}^к$ – коефіцієнти конвективної тепловіддачі від поглинаючої пластини до прозорого захищення і відповідно від прозорого захищення до атмосфери, Вт/(м²·К); $\alpha_{пз}^п, \alpha_{3а}^п$ – коефіцієнти тепловіддачі випромінюванням від поглинаючої пластини до прозорого захищення і відповідно від прозорого захищення до атмосфери, Вт/(м²·К);

Значення даних коефіцієнтів розраховуються за залежностями:

$$\alpha_{пз}^к = 1,14 \cdot \frac{(T_{п} - T_3)^{0,31}}{\delta_{пз}^{0,07}} \cdot \left[1 - 0,0018 \left(\frac{T_{п} + T_3}{2} - 10 \right) \right] \cdot [1 - (\beta - 45)(0,00259 - 0,00144\epsilon_3)], \quad (7)$$

$$\alpha_{пз}^п = \sigma \cdot \frac{(T_{п} + T_3) + (T_{п}^2 + T_3^2)}{\left(\frac{1}{\epsilon_{п}} + \frac{1}{\epsilon_3} - 1 \right)}, \quad (8)$$

$$\alpha_{3а}^к = 5,7 + 3,8 \cdot w, \quad (9)$$

$$\alpha_{3а}^п = \epsilon_3 \cdot \sigma (T_a + T_3) + (T_a^2 + T_3^2), \quad (10)$$

де $T_{п}, T_3$ – відповідно температури поглинаючої пластини і прозорого захищення, К; $\delta_{пз}$ – товщина повітряного прошарку між поглинаючою пластиною і прозорим захищенням, см; β – кут нахилу сонячного колектора до горизонту, град; $\epsilon_{п}, \epsilon_3$ – ступінь чорноти поглинаючої пластини і прозорого захищення, для полікарбонату $\epsilon = 0,93$; σ – постійна Стефана-Больцмана; w – швидкість вітру над прозорим захищенням сонячного колектора, м/с.

Для підтвердження достовірності результатів аналітичних досліджень було проведено ряд натурних експериментів на установці з полімерним сонячним колектором. Визначалась зміна температури теплоносія на виході із колектора та його теплова потужність протягом доби.

Співставлення отриманих теоретичних залежностей з аналогічними експериментальними залежностями, показало незначну розбіжність (рис.2, рис.3).

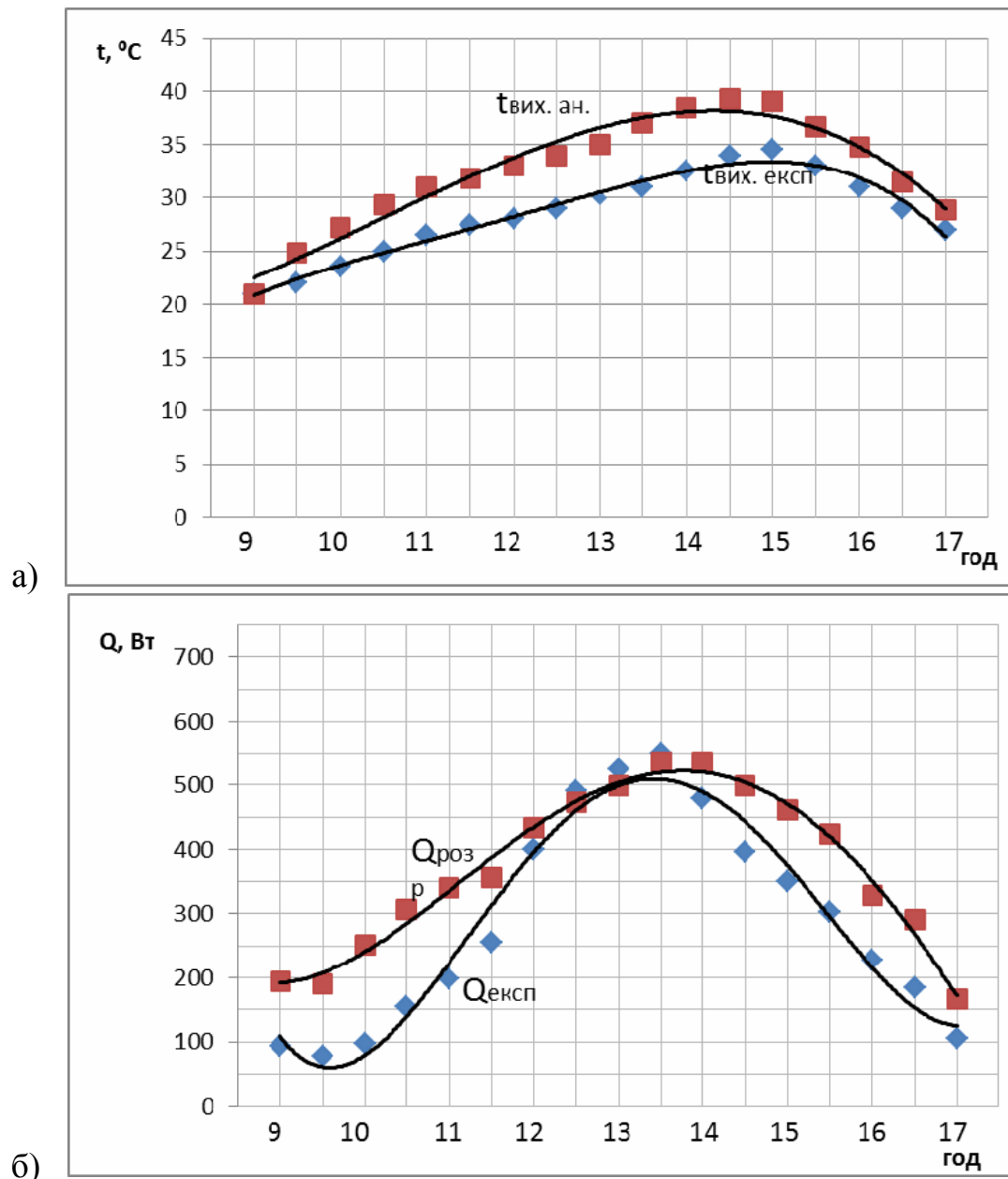


Рис.2.

- а) Зміна температури теплоносія на виході з полімерного СК протягом доби
- б) Зміна теплової потужності полімерного СК протягом доби

Як видно з рис.2 натурні і аналітичні дані мають деяку розбіжність. Для того щоб її уникнути введемо поправочний коефіцієнт k , який внесе поправку на невраховані фактори аналітичних досліджень.

Тоді дійсна температура на виході з СК визначатиметься як:

$$T_{22} = T_2 - k, \quad (11)$$

де $k=0,007 \cdot S - 0.1$.

А дійсну теплову потужність полімерного сонячного колектора відповідно можна визначити як:

$$Q_{U2} = G \cdot c_p (T_{22} - T_1) \quad (12)$$

Поправочний коефіцієнт дозволяє внести корегування на фактори невраховані в методиці інженерного розрахунку. Він являє собою лінійну функцію від енергії сонячного випромінювання поглинутої сонячним колектором.

Висновок. В роботі виконаний порівняльний аналіз результатів аналітичних та експериментальних досліджень теплової ефективності полімерного сонячного колектора. В результаті співставлення отриманих залежностей встановлено функцію розбіжності, що дозволяє внести поправку для інженерних розрахунків геліосистем за запропонованою методикою.

Література

1. *Sen Zekai*. Solar energy fundamentals and modeling technique: atmosphere, environment, climate change and renewable energy, - London: Springer-Verlag, 2008. – Р. 276.
2. *Даффи Д. Бекман У.* Тепловые процессы с использованием солнечной энергии. — М. Мир, 1977, С. 354;
3. *Nielsen, J. E.* Solar Collectors in plastic materials / J. E. Nielsen, E. Bezzel. – Solar Energy Laboratory, Danish Technological Institute, Duct Plate. - 1996.
4. *Желих В., Пізнак Б., Фечан А.*: Патент на корисну модель № 55948 – Сонячний колектор.

Annotation

In this article the engineering method of calculation the Solar heat supply by polymer heliocollector is resulted. Comparison of the results of analytical and experimental studies are given.