

О.Т. Возняк, О.В. Омельчук, С.П. Шаповал, М.Є. Касинець  
 Національний університет "Львівська політехніка",  
 кафедра теплогазопостачання та вентиляції

## МЕТОД РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ІЗ ГЕЛІОПАНЕЛЯМИ

© Возняк О.Т., Омельчук О.В., Шаповал С.П., Касинець М.Є., 2013

Проаналізовано відомі методи розрахунку систем гарячого водопостачання. Запропоновано метод розрахунку системи сонячного теплопостачання із геліопанелями. Розроблено алгоритм комп'ютерного розрахунку системи сонячного теплопостачання із геліопанелями. Враховано вплив прямої та розсіяної сонячної радіації на ефективність геліопанелі.

**Ключові слова:** сонячний колектор, сонячна енергія, сонячна енергетика.

**Known methods of hot water systems was analyzed. Method of calculation of solar heating of heliopanels was proposed. Algorithm for computer calculation of solar heating of heliopanels was developed. Taken into account the impact of direct and diffuse solar radiation on the efficiency heliopanel.**

**Key words:** solar collector, solar energy, solar energetics.

### Вступ та постановка проблеми

Перевагами сонячної енергії, порівняно з традиційними видами палива, є: невичерпність джерела енергії; можливість використання сонячної енергії практично на всіх ділянках земної поверхні; можливість безпосереднього перетворення сонячної енергії на теплову або електричну; можливість отримання високотемпературних теплоносіїв. Тому освоєння сонячної енергії здійснюється за трьома основними напрямками: тепловим, теплодинамічним та фотоелектричним [3]. Разом із використанням сонячної енергії для її максимального ефективного використання має бути забезпечена енергоефективність будівель [5, 6].

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сьогодні все більше авторів присвячує свої праці систематизації та вдосконаленню нетрадиційних джерел енергії та комплексному розрахунку установок, що дають змогу на їх основі отримувати енергію [4].

Дуже часто необхідні дані про сонячну енергію відсутні і для цього можна використати аналітичні залежності, які з достатньою точністю допомагають вирішувати поставлені завдання. Знаходженню та опису таких залежностей присвячено багато праць [1].

Відомий розрахунок систем гарячого водопостачання із добовим циклом акумулювання тепла, описаний у праці [2]. Тут процес акумулювання водою сонячної енергії описується рівнянням:

$$dQ = F(f(DA)I - fU(\bar{t}_n - t_0))dt = M_a c_p dt_a,$$

де  $dQ$  – приріст теплової енергії за час  $dt$ , Дж;  $F$  – площа сонячних колекторів, м<sup>2</sup>;  $I$  – інтенсивність потоку сонячної енергії, Вт/м<sup>2</sup>;  $f$  – коефіцієнт відводу тепла із сонячного колектора;  $(DA)$  – приведена поглинаюча здатність сонячного колектора;  $U$  – повний коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора, Вт/К;  $\bar{t}_n$  – середня температура теплоносія в сонячному колекторі, К;  $t_0$  – температура навколишнього середовища, К;  $M_a$  – маса води, що нагрівається в бакові-акумуляторів, кг;  $c_p$  – питома теплоємність води, Дж/(кг·К);  $dt_a$  – приріст температури води в бакові-акумуляторів за час  $dt$ , К.

## Виклад основного матеріалу

Характер зміни густини сонячної енергії  $I$  протягом дня визначався так:

$$I = I_{max} \sin\left(\frac{t}{t_c} p\right),$$

де  $t_c$  – розрахунковий проміжок часу сонячного опромінення (на початку і вкінці якого  $I = 0$  Вт/м<sup>2</sup>), с;  $t$  – поточний проміжок часу, с.

Для розрахунку параметрів системи сонячного теплопостачання із геліопанелями спочатку визначаються загальні теплові навантаження за місяцями:

$$Q_m^{заг} = Q_{c.o.} + Q_{г.в.},$$

де  $Q_{c.o.}$  – місячне теплове навантаження на систему опалення;  $Q_{г.в.}$  – місячне теплове навантаження на систему гарячого водопостачання.

Річне загальне теплове навантаження:

$$Q_{річ}^{заг} = \sum_1^{12} Q_m^{заг}.$$

Теплопродуктивність геліопанелі впродовж дня:

$$Q_{zn} = F_{zn} [I h_o - K_{zn} (t_{ex} - t_n)],$$

де  $F_{zn}$  – площа поверхні ГП, м<sup>2</sup>;  $I$  – інтенсивність сонячної енергії, Вт/м<sup>2</sup>;  $h_o$  – ефективний оптичний ККД геліопанелі;  $K_{zn}$  – загальний коефіцієнт тепловтрат геліопанелі, Вт/(м<sup>2</sup>/К);  $t_{ex}$  і  $t_n$  – температура теплоносія на вході в ГП і навколишнього повітря, К.

Інтенсивність потоку сонячної енергії, що надходить на довільно орієнтовану поверхню, обчислюється за формулою:

$$I = I_{np} + I_{роз}.$$

Миттєвий ККД геліопанелі  $\eta$ :

$$h = K_R \cdot \left[ (DA) - \frac{U_L \cdot (t_{ex} - t_n)}{I} \right],$$

де  $K_R$  – коефіцієнт відводу тепла із геліопанелі;  $(DA)$  – наведена ефективна поглинаюча здатність геліопанелі;  $U_L$  – повний коефіцієнт тепловтрат, Вт/К;  $t_{ex}$  – температура на вході в геліопанель, К;  $t_n$  – температура навколишнього повітря, К.

Кількість теплової енергії, що виробляє геліопанель упродовж дня визначається як сума середньогодинної теплопродуктивності:

$$Q_{zn}^{\partial} = \sum Q_{zn}.$$

Річна теплопродуктивність геліопанелей визначається як сума середньоденних усереднених за місяць теплопродуктивностей  $Q_{CCT}^{річ}$ , Гдж/рік:

$$Q_{CCT}^{річ} = \sum Q_{zn}^{\partial} \cdot \kappa_{emp},$$

де  $\kappa_{emp}$  – коефіцієнт, що враховує недоотримання сонячної енергії в результаті хмарності та тепловтрат у системі СТ.

Площа геліопанелей визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_{гв}}{\sum_n q_i},$$

де  $\sum_n q_i$  – місячний питомий тепловий потік, що отримує система сонячного теплопостачання.

Коефіцієнт заміщення традиційної енергії сонячною:

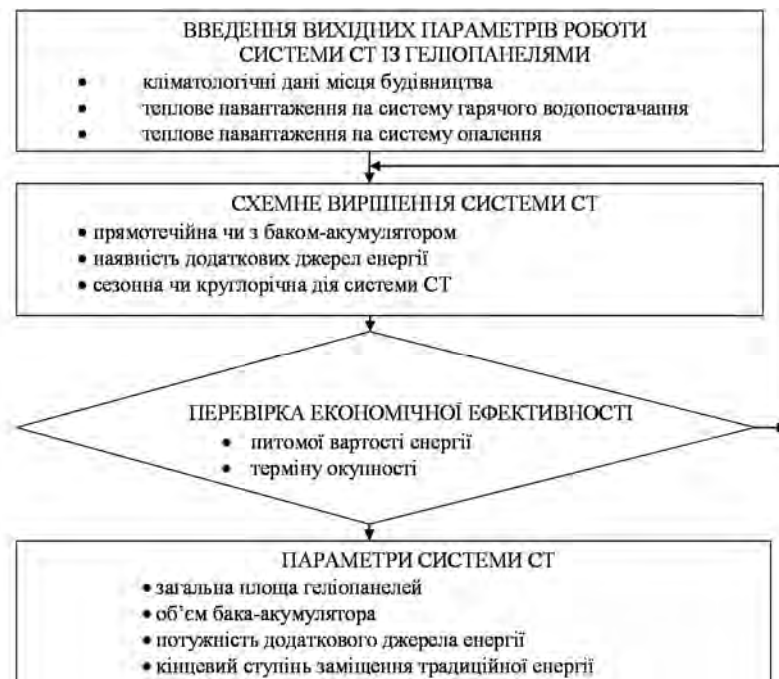
$$f = \frac{Q_{CCT}^{pich}}{Q_{zag}^{pich}}.$$

Питома вартість теплової енергії від системи СТ  $C_c$ , грн/ГДж визначається за формулою:

$$C_c = (EK_c + C_e)/Q_{CCT}^{pich},$$

де  $K_c$  – капітальні затрати на систему сонячного тепlopостачання, грн;  
 $C_e$  – річні експлуатаційні затрати, грн/рік.

Для використання результатів, отриманих при дослідженнях системи сонячного тепlopостачання із геліопанелями, запропоновано алгоритм комп'ютерної програми розрахунку параметрів системи СТ (рисунок).



Алгоритм розрахунку параметрів системи сонячного тепlopостачання

Так, запропонований метод розрахунку та алгоритм комп'ютерної програми розрахунку дає змогу підібрати оптимальні параметри системи сонячного тепlopостачання із геліопанелями та здійснювати розрахунки для довільного часового інтервалу і довільного дня року. Метод дає можливість врахувати залежність інтенсивності потоку сонячної енергії від географічної широти, кількості робочих поверхонь та їх орієнтації, а також величину тепловтрат залежно від температури теплоносія, навколишнього середовища та конструктивних характеристик геліонагрівника.

1. Альbedo и угловые характеристики отражения подстилающей поверхности и облаков : монография / [К. Я. Кондратьев, В. И. Биненко, Л. Н. Дьяченко и др.] – Ленинград : Гидрометеиздат, 1981. – 232 с. 2. Жданов Ю. А. Расчет солнечных систем горячего водоснабжения с суточным циклом аккумуляирования тепла / Ю. А. Жданов // Гелиотехника. – 1989. – № 2. – С. 43–47. 3. Кудря С. О. Основы конструирования энергоустановок з відновлюваними джерелами енергії : курс лекцій / С. О. Кудря, В. М. Головка. – Ніжин : ТОВ Вид-во Аспект-Поліграф, 2005. – 131 с. 4. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії : навч. посіб. / [О. І. Соловей, Ю. Г. Лега, В. П. Розен та ін.]. – Черкаси : ЧДТУ, 2007. – 483 с. 5. Geletka V., Sedlakova A. Impact of shape of buildings on energy consumption. – Вісник НУ “Львівська політехніка”, “Теорія і практика будівництва”. – № 737. – 2012. – С. 252–259. 6. Vranay F., Vranayova Z. Res additional application in contemporary buildings. – Вісник НУ “Львівська політехніка”, “Теорія і практика будівництва”. – № 737. – 2012. – С. 303–308.