

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В СОНЯЧНОМУ НАГРІВАЧІ ПОВІТРЯ

В.М. Желих д.т.н; Х.Р. Козак асп.

Національний університет «Львівська політехніка», вул. Ст. Бандери, 12,
79013, м. Львів, Україна,

Email: cr__i@mail.ru

Актуальність проблеми. Суспільне становище у світі в найближчі десятиліття багато в чому залежатиме від того, як буде вирішена загальна для всього людства енергетична проблема.

Приблизно третина органічних джерел енергії, а саме вугілля, нафта та газ, перетворюється на тепло, при цьому велика його частина використовується для опалення та гарячого водопостачання будівель. Зміни у кліматі і залежність від невідновлюваних джерел енергії, запаси яких помітно скоротилися за останні десятиліття, змушують шукати альтернативні методи теплозабезпечення. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є застосування сонячної енергії для теплопостачання житлових та адміністративних споруд.

Певною мірою тепловий комфорт в приміщеннях може забезпечуватися повітряними сонячними системами опалення. У порівнянні з водяними повітряні опалювальні геліосистеми мають ряд недоліків та переваг. Завдяки своїм властивостям повітря є майже ідеальним середовищем для нагрівання в сонячних колекторах: воно не замерзає та не закипає при будь-яких природних умовах, нетоксичне, здебільшого не викликає корозію.

Особливістю повітря як теплоносія є мала теплоємність та питома маса. Тому повітряні системи опалення використовують у будівлях, де потрібно нагріти значні об'єми приміщення за короткий проміжок часу.

Для підвищення ККД повітряної системи опалення застосовують наступні заходи: збільшення розмірів повітряних геліоколекторів; утеплення та герметизація корпусу сонячного колектора, а також повітропроводів системи опалення у разі їх наявності; збільшення площі теплопоглинаючої пластини нагрівача за рахунок її розвинутої форми поверхні тощо.

На даний час в Україні все більше використовують сонячні геліоколектори для гарячого водопостачання невеликих індивідуальних будинків. Провітряні сонячні нагрівачі зустрічаються здебільшого в Криму. Недостатня кількість інженерних методів підбору та розрахунку таких пристроїв потребує додаткового їх дослідження і розробки науково обґрунтованих методик.

Виклад основного матеріалу.

Для моделювання теплових процесів у термосифонному сонячному колекторі використовувалася теорія графів. Граф теплових потоків в сонячному повітрянагрівачі представлено на рис.1.

Теплові ємності термосифонного геліоколектора – це повітря в сонячному колекторі (П), теплопоглинаюча пластина (Т.П.) та корпус колектора (К).

Джерелами теплоти є: сонячне випромінювання ($Q_{c.v.}$); зовнішнє повітря ($Q_{пов}^{зовн}$); повітря в геліоколекторі ($Q_{пов}^{корп}$); повітря в приміщенні ($Q_{пов}^{прим}$); теплопоглинаюча пластина ($Q_{m.n.}$); тепловтрати через корпус ($Q_{корп.}$), що зображені як вершини (V_i) графу (G_1). Теплові потоки q_i , які відповідають теплообміну між i -товими джерелами теплоти і тепловими ємностями на графі зображено у вигляді ребер (E_i), що пов'язують вершини (рис.1).

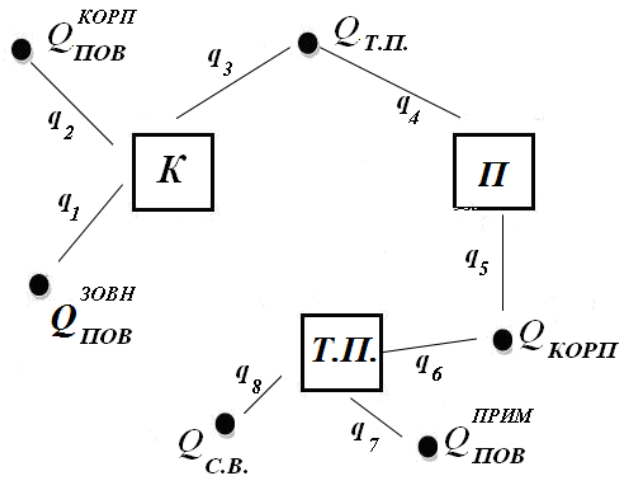


Рис.1 Орієнтований граф теплових ємностей сонячного повітрянагрівача

Отже множина вершин графу становить:

$$V_1(G_1) = \{ \Pi; \text{Т.П.}; \text{К}; Q_{m.n.}; Q_{корп.}; Q_{c.v.}; Q_{пов}^{корп}; Q_{пов}^{прим}; Q_{пов}^{зовн} \} \quad (1),$$

а множина ребер:

$$E_1(G_1) = \left\{ (Q_{пов}^{корп}, \text{К}); (Q_{Т.П.}, \text{К}); (Q_{пов}^{зовн}, \text{К}); (Q_{Т.П.}, \Pi); (Q_{корп.}, \Pi); (Q_{С.В.}, \text{Т.П.}); (Q_{пов}^{прим}, \text{Т.П.}); (Q_{корп.}, \text{Т.П.}) \right\} \quad (2).$$

Для теплових ємностей, що входять в граф як вершини кількість ребер рівна:

$$\deg(\text{К}) = 3, \deg(\Pi) = 2, \deg(\text{Т.П.}) = 3.$$

Матриця інциденцій M_1 для графу G_1 , в якій рядки відповідають вершинам (тепловим ємностям), а стовпці – ребрам (тепловим потокам) має вигляд:

	q_1	q_2	q_3	q_4	q_5	q_6	q_7	q_8
Π	0	0	0	1	1	0	0	0
К	1	1	1	0	0	0	0	0
Т.П.	0	0	0	0	0	1	1	1

(3).

На основі графу, зображеного на рис. 1, представлено розширену матрицю взаємодії теплових ємностей.

$$\left[\begin{array}{c|ccc} & \text{П} & \text{К} & \text{Т.П.} & \text{Q} \\ \hline \text{П} & 0 & Q_{\text{п-к}} & Q_{\text{п-т.п.}} & Q_{\text{т.п.}} + Q_{\text{корп}} \\ \text{К} & Q_{\text{к-п}} & 0 & 0 & Q_{\text{пов}}^{\text{корп}} + Q_{\text{т.п.}} + Q_{\text{пов}}^{\text{зовн}} \\ \text{Т.П.} & Q_{\text{т.п.-п}} & 0 & 0 & Q_{\text{с.в.}} + Q_{\text{пов}}^{\text{прим}} + Q_{\text{корп}} \end{array} \right], \quad (4)$$

Баланс теплових потоків для сонячного колектора матиме вигляд:

$$\pm Q_{\text{т.п.}} \pm Q_{\text{корп}} \pm Q_{\text{с.в.}} \pm Q_{\text{пов}}^{\text{корп}} \pm Q_{\text{пов}}^{\text{прим}} \pm Q_{\text{пов}}^{\text{зовн}} = 0 \quad (5).$$

Кількість тепла, що надходить від теплопоглинаючої пластини, Вт, визначається за формулою:

$$Q_{\text{т.п.}} = \alpha_{\text{т.п.}} \cdot F_{\text{т.п.}} \cdot (t_{\text{т.п.}} - t_{\text{пов}}^{\text{прим}}) \quad (6),$$

де $\alpha_{\text{т.п.}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від теплопоглинаючої пластини до повітря з приміщення, Вт/(м²·°C); $F_{\text{т.п.}}$ – площа теплопоглинаючої пластини, м²; $t_{\text{т.п.}}$ – температура теплопоглинаючої пластини, °C; $t_{\text{пов}}^{\text{прим}}$ – температура повітря з приміщення, °C.

Кількість теплоти закумуляована в корпусі геліоколектора, Вт:

$$Q_{\text{корп}} = \alpha_{\text{к}} \cdot F_{\text{корп}} \cdot (t_{\text{пов}}^{\text{корп}} - t_{\text{корп}}) \quad (7),$$

де $\alpha_{\text{к}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від повітря в геліоколекторі до корпусу повітрянагрівача, Вт/(м²·°C); $F_{\text{корп}}$ – площа корпусу геліоколектора, м²; $t_{\text{пов}}^{\text{корп}}$ – температура повітря в корпусі геліоколектора, °C; $t_{\text{корп}}$ – температура поверхні корпусу сонячного колектора, °C.

Теплота від корпусу повітрянагрівача в навколишнє середовище, Вт, визначаються із залежності:

$$Q_{\text{корп}} = \alpha_{\text{з}} \cdot F_{\text{корп}} \cdot t_{\text{зовн}}^{\text{пов}} \quad (8),$$

у якій $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від корпусу геліоколектора до навколишнього середовища, Вт/(м²·°C); $t_{\text{зовн}}^{\text{пов}}$ – температура зовнішнього повітря, °C.

Теплота, що надходить з приміщення у геліоколектор, Вт:

$$Q_{\text{пов}}^{\text{прим}} = L_{\text{вх}} \cdot \rho_{\text{пов}} \cdot C_{\text{пов}} \cdot t_{\text{пов}}^{\text{прим}} \quad (9),$$

де $L_{\text{вх}}$ – об'ємна витрата повітря на вході в геліоколектор, м³/год.; $\rho_{\text{пов}}$ – густина повітря в приміщенні, кг/м³; $C_{\text{пов}} = 1,005 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{°C})$ – питома теплоємність повітря,

Теплота від теплопоглинача до повітря геліоколекторі визначається за формулою:

$$Q_{\text{корп}} = \alpha_{\text{в}} \cdot F_{\text{т.п.}} \cdot t_{\text{пов}}^{\text{корп}} \quad (10).$$

$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від теплопоглинача до повітря в геліоколекторі, Вт/(м²·°C).

Висновки: Запропоновано модель процесів теплообміну що відбуваються в повітряному геліоколекторі. Наведено методику визначення теплових характеристик повітряного геліоколектора із пасивним використанням сонячної енергії.