

Список використаних джерел

1. Теплові насоси – джерело комфорту у вашому будинку. URL: <https://awtherm.com.ua/articles> (дата звернення 26.09.2017 р).
2. Ulbrich R. Audytenergetyczny. A domenergooszedny. Opole: Politecnikaopolska, 2001. 141 s.
3. Гальчак В.П., Боярчук В.М. Альтернативні джерела енергії. Енергія сонця: навчальний посібник. Львів, 2008 135 с.



Гарасимчук Ігор

канд. техн. наук, доцент кафедри

Семенішена Руслана

канд. пед. наук, асистент кафедри

Подільський державний аграрно-технічний університет

Кам'янець-Подільський, Україна

Грищенко Володимир

канд. техн. наук, старший викладач кафедри автоматичної

та робототехнічних систем ім. акад. І.І. Мартиненка

Національний університет біоресурсів і природокористування

Київ, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДВОКАНАЛЬНОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРУ ДЛЯ СУШІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ТА МАТЕРІАЛІВ

Сушіння сільськогосподарських матеріалів один із основних процесів агропромислового виробництва. Процесу сушінню підлягають трави (на сіно), зерна льняний ворох, насінневий ворох кормових трав та інш. Для сушіння таких матеріалів, а також тих, що традиційно висушуються в теплових сушарках, широко використовують активне вентилявання атмосферним повітрям або підігрітим повітрям за місцем зберігання в зерносховищах, під навісами, в скирдах, в штабелях тюків та рулонів. Але сушіння атмосферним повітрям малоефективне, а нагрівання повітря в електрокалориферах вимагає наявності стаціонарного обладнання для підведення електроенергії (трансформатор, лінія електропередачі та інш.), що враховуючи сезонний характер процесу сушіння економічно недоцільно. Колектори сонячної енергії для нагрівання повітря дозволяють значно зменшити витрати електроенергії або традиційних палив на висушування урожаю рослинних культур. Існує достатньо досліджень з питання використання геліоколекторів для підігріву повітря під час сушіння зерна [1] і сіна [2, 3] активним вентиляванням, а також нагріву повітря у виробничих та інших спорудах [4]. Найбільш поширені одноканальні колектори, у яких повітря омиває теплопоглинальну поверхню (адсорбер) з одного боку. Недоліком таких конструкцій є низька теплова продуктивність зумовлена малою поверхнею контакту повітря з поглинальною поверхнею. Більш перспективними є двоканальні схеми сонячних колекторів, в яких адсорбуюча поверхня омивається повітрям з обох сторін.

Сонячний колектор (рис. 1), як об'єкт дослідження складається з адсорбера (1) (поглинач сонячного випромінювання) встановлений між світлопрозорим покриттям (2) і дном (3) вкритим шаром теплоізоляції (4). Повітряний об'єм корпусу під'єднаний до всмоктуючого патрубку вентилятора 5.

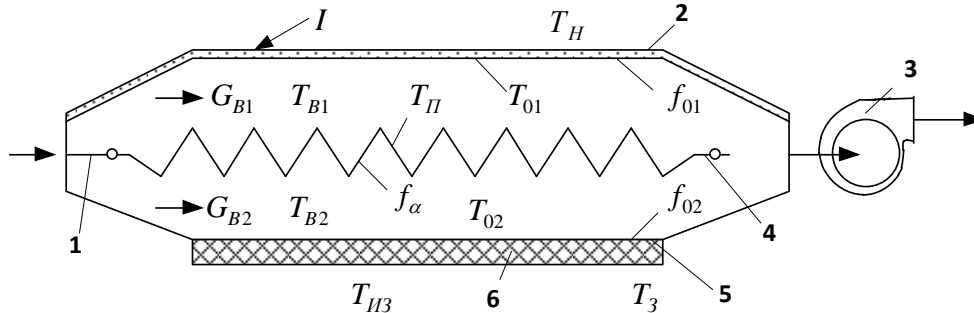


Рис. 1. Технологічно-розрахункова схема геліоколектору:

**1 – регулюючий клапан; 2 – прозоре укриття; 3 – вентилятор;
4 – адсорбер (поглинач сонячного випромінювання); 5 – дно; 6 – термоізоляція**

де $T_{B1}, T_{B2}, T_{\Pi}, T_{01}, T_{02}, T_{ИЗ}, T_H$ – температура відповідно, повітря в каналі, адсорбера, прозорого покриття, дна, °С; α_B, α_L – коефіцієнти теплообміну конвекцією і випромінюванням (індекси 1 – внутрішня сторона; 2 – зовнішня сторона), Вт/(м²·°С); $k_{\Pi}, k_{\Pi H}, k_0, k_{ИЗ}$ – коефіцієнти теплопередачі через поверхню поглинача, покриття, дно, теплоізоляцію відповідно, Вт/(м²·°С); G_{B1}, G_{B2} – витрати повітря в верхньому і нижньому каналах, кг/с; c_B – питома теплоємність повітря, Дж/(кг·°С); $f_{01}, f_{02}, f_{\alpha}$ – поверхня покриття, дна, ізоляції, м²; L – довжина каналів, м; I – інтенсивність сонячного випромінювання, Вт/м²; α, τ – коефіцієнти відбивання і пропускання.

Математичний опис теплових процесів в колекторі сонячного випромінювання складено на основі теплового балансу між п'ятьма основними елементами: поглинач сонячної радіації, світлопрозоре покриття, дно з ізоляцією і два повітряних канали. При певних співвідношеннях геометричних і режимних параметрів можна створити геліоколектор для повітря, який забезпечував би досить високу ефективність і без світлопрозорого укриття, наприклад, збільшенням внутрішньої частини поглинаючої поверхні і підвищенням інтенсивності теплообміну.

Математична модель теплових процесів в такому геліоколекторі отримана з теплового балансу для квазістаціонарного режиму з використанням лінеаризації складових [1], що описують радіаційне перенесення енергії:

$$I(\alpha\tau)f = \alpha_B f_{01}(T_{\Pi} - T_{B1}) + \alpha_L f_{01}(T_{\Pi} - T_{01}) +$$

$$+ k_{\Pi} f_{02}(T_{\Pi} - T_{B2}) + \alpha_L f_{02}(T_{\Pi} - T_{02})$$

$$\alpha_B f_{01}(T_{\Pi} - T_{B1}) = c_B G_{B1} L \frac{dT_{B1}}{dx} + \alpha_{B1} f_{01}(T_{B1} - T_{01});$$

$$\alpha_{B1} f_{02}(T_{B1} - T_{01}) = k_{0H} f_{01}(T_{01} - T_H) + \alpha_L f_{01}(T_{01} - T_H);$$

$$k_{\Pi} f_{02}(T_{\Pi} - T_{B2}) = c_B G_{B2} L \frac{dT_{B2}}{dx} + \alpha_{B2} f_{02}(T_{B2} - T_{02});$$

$$\alpha_{B2} f_{02}(T_{B2} - T_{02}) + \alpha_L f_{02}(T_{\Pi} - T_{02}) = k_{0-H} f_{02}(T_{02} - T_{ИЗ});$$

$$k_{0-H} f_{02}(T_{02} - T_{ИЗ}) = k_{ИЗ} f_{\alpha}(T_{ИЗ} - T_3).$$

Рішення рівнянь (1) – (6) за граничних умов: $T_{B1}|_{x=0} = (A' + B')T_H + C'$ або після перетворень матимемо:

$$T_{B1} = -\frac{N}{M} - \frac{P - (T_H - NM^{-1})}{r_1 - r_2} e^{r_1 x} + \left(T_H + \frac{N}{M} - \frac{P - (T_H - NM^{-1})}{r_1 - r_2} \right) e^{r_2 x}, \quad (7)$$

Вирішуючи (1) – (6) відносно T_{B2} за граничних умов: $T_{B2}|_{x=0} = (E' + D')T_H + F'$ отримаємо вираз аналогічний (7):

$$T_{B2} = -\frac{Q}{M} - \frac{L' - (T_H + QM^{-1})r_2}{r_1 - r_2} e^{r_1 x} + \left(T_H + \frac{Q}{M} - \frac{L' - (T_H + QM^{-1})r_2}{r_1 - r_2} \right) e^{r_2 x}, \quad (8)$$

Температура теплоносія на виході каналу геліоколектору у разі прямоточного руху теплоносія визначиться по формулі змішення:

$$T_2 = \frac{c_B G_{B1} T_{B1} + c_B G_{B2} T_{B2}}{c_B G_{B1} + c_B G_{B2}}, \quad (9)$$

чи, з урахуванням незначного перепаду температур:

$$T_2 = \frac{K' T_{B1} + T_{B2}}{K' + 1}, \quad (10)$$

$$\text{де } K' = \frac{G_{B1}}{G_{B2}}.$$

Міра підігрівання повітря визначиться різницею $\Delta T_B = T_2 - T_H$, або, враховуючи (6), (8), (10), наступним виразом:

$$\Delta T_B = (T_H K_1 + K_2) e^{r_1 x} + (T_H (1 + K_1) + K_3) e^{r_2 x} - (T_H - K_4), \quad (11)$$

Коефіцієнт корисної дії геліоколектору:

$$\eta = c_B (G_{B1} + G_{B2}) \Delta T_B / I_f. \quad (12)$$

Для визначення відповідності отриманих розрахунком результатів з реальними тепловими процесами були проведені розрахунки теплових параметрів сонячних повітрянагрівачів за відомими геометричними і режимними показниками існуючих конструкцій жорсткокаркасних геліоколекторів з різним співвідношенням поверхонь поглиначів і світлозахисного покриття з різними геометричними параметрами, і при різних режимах роботи, що відповідають роботі колекторів в реальних умовах.

Список використаних джерел

1. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі: монографія / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. 974 с.
2. Бурнаєв М. Д. Дослідження роботи геліоколектора для підігріву повітря при активному вентиляванні сіна. *Нетрадиц. і понов. джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні* : Матер. І Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 2001. – С.159 – 163.
3. Котов Б. І. Математичне моделювання нагрівання повітря в геліоколекторах для сушіння рослинної сировини. *Електрифікація та автоматизація сільського господарства*, 2002. № 1. С. 107–109.
4. Pantsyr, Y., Garasymchuk, I., Hutsol, T., Gordiychuk, I.: Energy Parameters' Calculation of a Hybrid Heat Supply System for a Private House in the Conditions of Western Part of Ukraine. *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017*, 765-780, (2018). DOI 10.1007/978-3-319-72371-6_75