

УДК 536.24

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПОГЛИНАННЯ ПОТОКУ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

*М.А.Рихальський, заступник голови
Миколаївська облдержадміністрація*

Наведено опис протікання процесу в зоні поглинання поверхнею геліобатареї потоків сонячної енергії з навколишнього середовища і перетворення у тепловий потік.

Приведено описание протекания процесса в зоне поглощения поверхностью гелиобатареи потоков солнечной энергии из окружающей среды и преобразования в тепловой поток.

Постановка проблеми. Економічні умови ведення промислового і сільськогосподарського виробництва і життєзабезпечення існування населення Миколаївського регіону впливають на всі сфери господарської діяльності, ставлять завдання забезпечення використання альтернативних джерел енергії для теплового забезпечення об'єктів виробничої і соціальної інфраструктури.

Аналіз останніх публікацій і досліджень. Рівень використання низького потенційного тепла сонячної енергії в технологічних процесах складає 0,012% через недостатню кількість технічних засобів і неефективність існуючих процесів акумуляції потоків сонячної енергії. Актуальність впровадження існуючих розробок по цій темі визначена дефіцитністю енергетичних ресурсів [1].

Зпро-
Вісник аграрної науки Причорномор'я,
Випуск 3, 2005

поновані технічні рішення в [2] у порівнянні з використовуваними геліо-коллекторами [3] дозволять вирішити цю проблему за рахунок оптимізації умов теплообміну [4], акумуляції тепла з фазовим переходом [5] поверхнею радіаційної камери [6] і колектора з еліптичними поверхнями [7]. Значний виробничий потенціал машинобудівного комплексу Миколаївського регіону здатний забезпечити виготовлення до 80% потреби загальнодержавного ринку у системах акумуляції і трансформації потоків сонячної енергії виробничого призначення і до 30% комунальної галузі.

Вплив експлуатаційних витрат на цільові показники систем комунального життєзабезпечення, промислового і сільськогосподарського виробництва в умовах світової енергетичної кризи зумовлюють актуальність проведення досліджень у цьому напрямку.

Невирішена частина проблеми. Збільшення технологічної ефективності існуючих і створюваних систем акумуляції сонячної енергії, що забезпечить зменшення собівартості експлуатації малоповерхових будинків і виробничих споруд за рахунок використання систем акумуляції і трансформації потоків сонячної енергії, неможливе без системного аналізу стану конструкцій [8], на який впливає зовнішнє середовище. Наведене потребує проведення математичного моделювання процесу поглинання сонячної енергії і математичної апроксимації процесів змін потоків тепла.

Мета досліджень. Створена модель результатів фізичного процесу впливу на поверхню геліобатареї при акумуляції сонячної енергії не є адекватним самому процесу поглинання. Їх існування можливо встановити або заперечити тільки математичними дослідженнями, тому необхідно створити математичну модель, адекватну стану теплового процесу, яка дозволяє визначити потоки сонячної енергії перетворені у тепло із застосуванням методів [9] і [10].

Основна частина. В результаті протікання процесу поглинання сонячної енергії в зоні поглинання підкладки геліобатареї і радіаційної камери з навколишнього середовища кількість тепла

сонячної енергії, що рухається в потоці ($i = 1$) і пов'язаний з теплоносієм, який відводить потоки тепла із зони поглинання ($i = 2$), за ізотермічних умов і сталого потоку тепла концентрацією

єю $Q_i(\vec{r}, \tau)$ визначається з системи рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q_1}{\partial \tau} + \vec{g} \cdot \vec{\nabla} Q_1 = \vec{\nabla} \cdot \left(\mathbf{D}_{11} \vec{\nabla} Q_1 + \mathbf{D}_{12} \vec{\nabla} Q_2 \right) - \alpha_{11} Q_1 + \alpha_{12} Q_2; \\ \frac{\partial Q_2}{\partial \tau} = \vec{\nabla} \cdot \left(\mathbf{D}_{21} \vec{\nabla} Q_1 + \mathbf{D}_{22} \vec{\nabla} Q_2 \right) - \alpha_{21} Q_1 + \alpha_{22} Q_2. \end{cases} \quad (1)$$

де $q_i = Q_i - Q_i^0 = Q_p$ – відхилення концентрацій потоків тепла Q_i від своїх значень Q_i^0 у вихідному стані (приймається при умовах відведення тепла теплоносієм за рівноважний Q_p);

\vec{g} – стала швидкість конвективного руху тепла;

\mathbf{D}_{ij} – коефіцієнти поглинання ($i, j = 1, 2$);

α_{ij} – кінетичні коефіцієнти теплопереносу з одного стану в інший ($i, j = 1, 2$);

$\vec{\nabla}$ – оператор Гамільтона;

\vec{r} – радіус-вектор виділеного обсягу простору;

τ – час;

крапкою між величинами позначено їх скалярний добуток (згортку).

Не приймаючи до уваги перекресні ефектами за умов ($\mathbf{D}_{12} = \mathbf{D}_{21} = \mathbf{0}$), вводячі безрозмірні змінні $\xi = \mathbf{x}(\alpha_{12} / \mathbf{D}_{11})^{-1/2}$, $\mathbf{z} = \alpha_{12} \tau$ і величини $\mathbf{d} = \mathbf{D}_{12} / \mathbf{D}_{11}$, $\mathfrak{g} \sqrt{\beta_{12} / \mathbf{D}_{11}} = \mathbf{b}$, $\mathbf{a} = \alpha_{11} / \alpha_{12}$ у співвідношенні (1) можливо отримати безрозмірну форму рівнянь для визначення відхилення масових концентрацій потоків тепла

$Q_i(\vec{r}, \tau)$ в одномірному випадку:

$$\begin{cases} \frac{\partial q_2}{\partial z} = d \frac{\partial q_2}{\partial \xi} = \frac{\partial^2 q_2}{\partial \xi^2} - a q_1 + q_2; \\ \frac{\partial q_1}{\partial z} + b \frac{\partial q_1}{\partial \xi} = \frac{\partial^2 q_1}{\partial \xi^2} - a q_1 + q_2. \end{cases} \quad (2)$$

Приймаючи $\xi \in [0, \xi_0]$, $\xi = x_0 (\beta_{12} / D_{11})^{-1/2}$, x_0 – товщина шару, а граничні та початкові умови є сталі:

$$q_j(z; 0) = q_{j1}, q_j(z; \xi_0) = q_{j2}; q_j(0; \xi) = q_{j0}; j = 1, 2. \quad (3)$$

Система рівнянь поглинання відповідно поверхнею геліобатареї і теплоносієм (2) представлена як конвективний перенос. На основі наведеного значення потоку тепла повинно бути не менш, як $d \geq 10^{-4}$ і для числове розв'язанні системи (2) побудоване у вигляді комплексного ряду Фур'є:

$$q_j(z; 0) = \sum_{n \rightarrow -\infty}^{\infty} q_{jn}(z) e^{n\pi i \xi / \xi_0}, \quad \xi \in (0; \xi_0). \quad (4)$$

Розрахунки проведемо за умов узгодження:

$$q_{j0} = 0, \quad q_{j1} = 1; \quad q_{j2} = 0; \quad \frac{\partial q_{j1}}{\partial \xi} = \frac{\partial q_{j2}}{\partial \xi} \quad j = 1, 2.$$

і за неузгоджених початково-крайових умовах:

$$q_{11} = 0, \quad q_{j1} = q_{j2} = q'_{j1} = q'_{j2} = q_{20} = 0; \quad j = 1, 2.$$

У ряді (4) значення коефіцієнтів представлені у вигляді:

$$q_{1n}(z) = A_n e^{s_1^{(n)} z} + B_n e^{s_2^{(n)} z} + q_{1n}(n), \quad (5)$$

$$\begin{aligned} q_{2n} = & A_n e^{s_1^{(n)} z} [x_1(n) + \kappa_n] + \\ & + B_n e^{s_2^{(n)} z} [x_2(n) + \kappa_n] + \kappa_n c_{1n}(n) - \delta_{1n}, \end{aligned} \quad (6)$$

Де значення комплексів у рівняннях (5), (6) дорівнює:

$$A_n = r \left[x_2(n) + \kappa_n \right] q_{10n} - x_2(n) q_{1n}(n) - q_{20n}(n) - \delta_1 \zeta_n,$$

$$B_n = r \left[q_{20n} - (x_1(n) + \kappa_n) q_{20n} + x_1(n) q_{1n}(n) + \delta_1 \zeta_n \right],$$

$$\zeta_n = \frac{1}{\mu_n \zeta_n}, \quad v_n = \frac{1}{n\pi i}, \quad r = \frac{1}{(x_2(n) - x_1(n))},$$

$$q_{10n}(n) = h_1(n) / h_2(n)$$

$$\mu_n = \zeta_n / n^2 \pi^2, \quad x_1(n) = \left[-h_1(n) + \sqrt{h_1^2(n) - 4h_2(n)} \right] / 2,$$

$$q_{j0n} = q_{j0n} v_n \left[1 - (-1)^n \right], \quad j = 1, 2,$$

$$x_2(n) = \left[-h_1(n) - \sqrt{h_1^2(n) - 4h_2(n)} \right] / 2,$$

$$h_1(n) = 1 + d\zeta_n + \kappa_n, \quad h_2(n) = [d\kappa_n + 1] \zeta_n + bn\pi i / \zeta_n,$$

$$\kappa_n = a + bn\pi i / \zeta_n + d\zeta_n, \quad h_1(n) = [\delta_1 + d(\delta_1 \zeta_n + \delta_2)] \zeta_n,$$

у матеріалі геліобатереї:

$$\delta_1 = \left[q_{11} - (-1)^n q_{12} \left([v_n + b\mu_n] + \mu_n (-1)^n q'_{12} - q'_{11} \right) \right],$$

у теплоносії:

$$\delta_2 = v_n (q_{22} - (-1)^n q_{22} (+\mu_n (-1)^n q'_{22} - q'_{21})).$$

При конвективному переміщенні тепла у матеріалі геліобатереї, який пов'язаний з відведенням теплоти у теплоносії, діаметр d

геліобатарей має незначний вплив на концентрацію потоку тепла $q_1(\tau; \xi)$.

Висновки. Збільшення конвективної складової потоку переносу речовини веде до збільшення концентрації потоку тепла $q_1(\tau; \xi)$ в товщі шару теплоносія, що відображується зростанням параметра b і при цьому від початку координат до точки спостережень концентрація потоку тепла, як величина зростання, представлена у вигляді $[\xi_1; \xi_2]$ ($1 < \xi_1 < \xi_2 < \xi_0$) і пропорційна ситуаційному часу τ .

ЛІТЕРАТУРА

1. Саблук П.Т. Нова економічна парадигма формування стратегії національної продовольчої безпеки України в XXI столітті. // Доповідь на Третій Всеукраїнських зборах (конгресі) вчених економістів – аграрників 29 – 30 березня 2001 року. – К.: УААН, 2001. – 94 с.
2. Кирицкий С.Р., Рыхальский М.А. Анализ и оценка конструктивных решений и технологических процессов систем использования солнечной энергии // Сборник научных работ Киевского НИЦ ТТК и унитарного предприятия “МЕТА” ВИЭСГ, ВАСХНИЛ и “Учхозтреста”, 1992.- С.7-12.
3. Корчемный Н.А., Головкин В.М. Использование энергии солнца и ветра в сельском хозяйстве Украины. К., 1989.- 34 с.
4. Кирицкий С.Р., Рыхальский М.А. Анализ схем и параметров технологических систем поглощения солнечной энергии // Сборник научных работ Первомайского НИЦ РЕС, 1993.- С.14-21.
5. Кирицкий С.Р., Рыхальский М.А. Обзор типов технических средств по поглощению и аккумуляции солнечной энергии // Сборник научных работ Первомайского НИЦ РЕС, 1994.- С.6-18.
6. Кирицкий С.Р., Рыхальский М.А. Теоретическое обоснование параметров технологического процесса поглощения и аккумуляции солнечной энергии в сушилах для початков кукурузы // Сборник научных работ Первомайского НИЦ РЕС, 1995.- С.12-21.
7. Кирицкий С.Р., Рыхальский М.А. Обоснование рациональной формы и схемы размещения солнечных коллекторов // Сборник научных работ Первомайского НИЦ РЕС, 1996.- С.7-18.
8. Погорель Л.В., Ясенецкий В.А., Мечта Н.П. Испытания техники для животноводства и кормопроизводства // К.: изд-во УСХА, 1991. – 392 с.
9. Карташов Е.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел // М.: Наука, 1984. – 104 с.
10. Лыков А.В. Тепломассообмен. - М.: Энергия, 1978. – 479 с.