

УДК 536.242

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООБМІННОГО БЛОКУ ДЛЯ PV/T СИСТЕМИ**Зайцев Р.В., Войтович Ю.С., Мінакова К.О., Кіріченко М.В., Стисло Б.О.***Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
Україна, м. Харків*

Найбільш розповсюдженим типом сонячних елементів є приладові структури на основі моно- та полікристалічного кремнію товщиною до 200 мкм. Основною проблемою їх широкомасштабного використання є висока ціна електричної енергії яку вони виробляють, що обумовлено високою матеріало- та енергоемністю технологічного процесу виготовлення. Для зниження ціни сонячних елементів перспективним є використання систем, які працюють в умовах концентрованого сонячного випромінювання. Використання дзеркал дозволяє в сотні разів знизити витрати сонячних елементів (СЕ).

Розроблена раніше [1] фотоенергетична установка на основі багатоперехідних кремнієвих СЕ з вертикальними діодними комірками або з СЕ на основі арсеніду галія, яка має систему позиціонування та управління, що дозволяє збільшити кількість світлової енергії, що надходить на поверхню енергетичної установки, має багато переваг. Така фотоенергетична установка буде виробляти не тільки електричну енергію, а й теплу воду. Але поряд із цим, виявилися суттєві недоліки щодо рівномірного охолодження встановлених ФЕП, котрі потребували окремого вирішення [2]. Більш придатними до використання у сегменті комбінованої генерації є PV/T системи с тонкими гнучкими сонячними елементами, наприклад, СЕ на основі аморфного кремнію.

Метою цієї роботи було проведення математичного моделювання основних параметрів теплообмінного блоку для PV/T системи на основі загальних моделей теплообміну при примусовій циркуляції рідини.

Для визначення коефіцієнту теплопередачі при заданій температурі теплоносія і температурі поверхні, що обтікається, необхідно визначити градієнт температури на стінці теплообмінника. Градієнт температури можна визначити з рішення рівняння енергії, котре в свою чергу залежить від розподілу швидкості потоку в області протікання, що розглядається. В загальному вигляді вирішення задачі конвективного теплообміну для протікання рідини вздовж площини зводиться до вирішення наступної системи диференціальних рівнянь (1). Така система рівнянь в загальному вигляді не піддається аналітичному вирішенню, тому розглядаються окремі випадки.

На підставі запропонованої математичної моделі було проведено ряд модельних експериментів із різними параметрами, а саме товщиною пластини (від 0,5мм до 3мм) та швидкістю потоку теплоносія (від 0,1 м/с до 1,0 м/с) у системі. Ключовою задачею було знайти оптимальний баланс між цими параметрами, рівномірністю теплообміну і собівартістю системи. Опорним експериментом було дослідження процесів теплообміну у пластині класичного плоского однотрубного

теплового колектору для її використання у складі гібридної фотоенергетичної установки. Характерні результати дослідження наведено на рис. 1.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial w_x}{\partial x} + \frac{\partial w_y}{\partial y} = 0 \\ \frac{\partial w_x}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial w_x}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_x}{\partial y} = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_x}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial x} + g_x \\ \frac{\partial w_y}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial w_y}{\partial x} + w_y \frac{\partial w_y}{\partial y} = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\partial^2 w_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w_y}{\partial y^2} \right) - \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial y} + g_y \\ \frac{\partial T}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial T}{\partial x} + w_y \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\lambda}{\rho c_p} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) \\ p = \rho RT \end{array} \right. \quad (1)$$

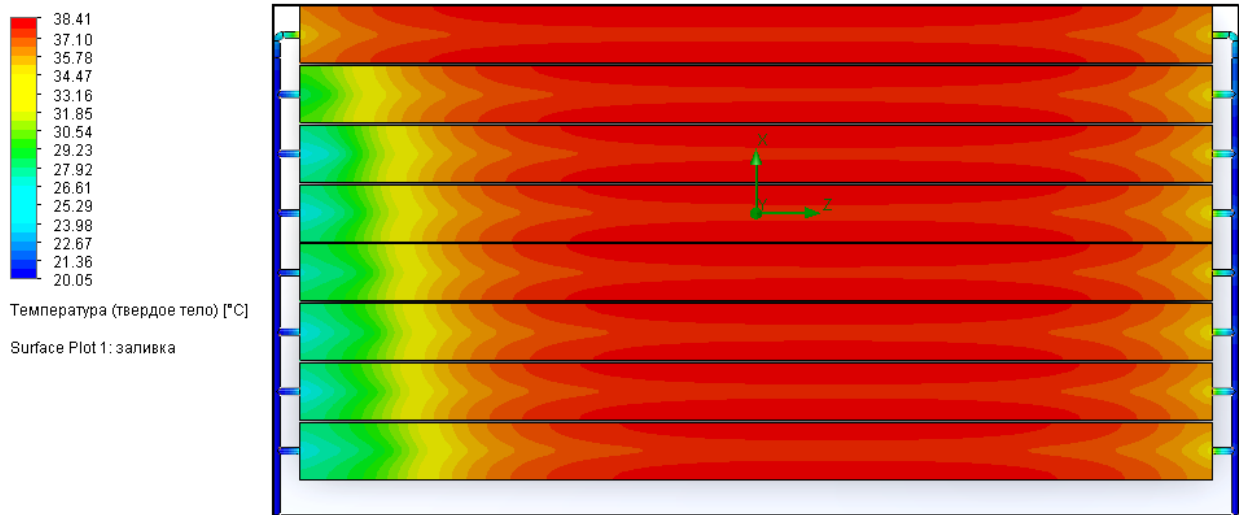


Рисунок 1 – Моделювання теплообмінного блоку PV/T системи

За отриманими результатами спостерігається залежність, що зі збільшенням товщини пластини та збільшенням швидкості потоку розподіл температур на поверхні стає більш рівномірним (різниця температур по поверхні пластини не перевищує 4-5 °C). Однак основний недолік полягає у тому, що для досягнення швидкості потоку теплоносія більше за 0,6 м/с необхідні суттєві витрати потужності на циркуляційний насос, а при збільшенні товщини пластини теплообмінника більше ніж 2 мм її використання буде недоцільним за масою та собівартістю.

Список використаних джерел:

1. Zaitsev R.V. Increasing of the effectiveness of the industrial silicon photo-electric transformers for the hybrid photo-power module / R.V. Zaitsev, M.V. Kirichenko, L.V. Zaitseva, N.V. Veselova // Наукові нотатки. – 2017. – № 59. – С. 119-125.
2. Zaitsev R.V. Modeling of an advanced heat exchange unit with microchannels for a combined photoenergy system / R.V. Zaitsev // Electrical engineering & electromechanics. – 2017. – No 3. – P. 57-62.