

УДК 662.997+697.7

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕРМІЧНОГО РЕЖИМУ ОДНОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

**В.В. Височин<sup>1</sup>**, канд. техн. наук, доц.,

**В.Р. Нікульшин<sup>2</sup>**, д-р техн. наук, проф.

<sup>1,2</sup> Одеський національний політехнічний університет,  
65044, Одеса, пр. Шевченка, 1,

<sup>1</sup>tel: +38(050)829-26-33, e-mail: [vwwin.od@gmail.com](mailto:vwwin.od@gmail.com);

<sup>2</sup>tel: +38(050)258-32-07, email: [vnikul@paco.net](mailto:vnikul@paco.net).

*Розроблена й проаналізована комплексна математична модель визначення температурного режиму роботи сонячного елемента з урахуванням двостороннього опромінення. Дана модель дозволяє з більшою вірогідністю – як якісно, так і кількісно – робити аналіз нагрівання сонячного елемента при різних орієнтаціях і метеорологічних умовах.*

**Ключові слова:** односторонній сонячний елемент, температурний режим, орієнтація елемента.

## FEATURES OF A THERMAL REGIME OF SINGLE-SIDED SOLAR CELLS

**V.V. Wysochin<sup>1</sup>**, PhD, Associate Professor,

**V.R. Nikulshin<sup>2</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Professor

<sup>1,2</sup> Odessa National Polytechnic University,

1 Shevchenko Ave., Odessa, Ukraine, 65044

*The complex mathematical model of definition of a temperature operating mode of the solar cell taking into account two-sided irradiation is developed and analysed. The given model allows for greater reliability - as qualitatively, and quantitatively to make the analysis of heating of the solar cell at various orientations and weather conditions.*

**Keywords:** *one-sided solar element, temperature regime, element orientation.*

**ORCID:** <sup>1</sup>0000-0003-2279-203X, <sup>2</sup>0000-0001-5946-8562.

Ефективність сонячних елементів, як відомо, істотно залежить від температури нагрівання в процесі роботи. Цей фактор залучає до себе серйозну увагу конструкторів, тому що обмежує застосовність сонячних елементів.

Існуючі моделі з визначення температури сонячних елементів базуються на поданні про одностороннє фронтальне опромінення пристрою. Однак тильна сторона, що у сонячних елементах не має теплової ізоляції, також сприймає й перетворює променисту енергію. Тому для аналізу реальних умов роботи сонячного елемента необхідна модель, що описує всі фактори впливу на енергетичні процеси.

Ціль роботи. Розробка математичної моделі для визначення термічного режиму роботи одностороннього сонячного елемента в різних умовах експлуатації.

Тут використовується загальноприйнята термінологія щодо розташування панелі. Орієнтація по осі "південь–північ" (S-N) – нормаль до аверсної (передньої) поверхні сонячної панелі (СП) спрямована на південь із азимутом 0 градусів. Орієнтація "схід–захід» (E-W) – напрямком нормалі аверсної поверхні на схід.

Для аналітичного опису опромінення горизонтальної поверхні використано метод [1] щодо умов України. У даному методі застосовано спосіб [2] визначення відношення потоку прямої сонячної радіації, що надходить по нормалі на похилу поверхню, до потоку радіації на горизонтальну поверхню. Цей спосіб може бути використаний для поверхні, що перебуває на південному боці.

Для тильної сторони приймача, орієнтованого по осі S-N, пряма складова відсутня, тому складова відбитого

випромінювання для зворотної сторони не повинна включати пряме випромінювання. З цього, для тильної сторони відношення потоків радіації визначиться

$$R_r = \frac{I_d}{I_h} \left( \frac{1 - \cos \beta}{2} + \frac{1 + \cos \beta}{2} \rho \right),$$

де  $I_d$  і  $I_h$  – інтенсивність дифузійного й сумарного опромінення горизонтальної поверхні, відповідно;  $\beta$  – кут нахилу панелі;  $\rho$  – коефіцієнт відбиття поверхні землі.

Для поверхонь, орієнтованих по осі E-W, метод розрахунку той самий, але з урахуванням відповідних кутів азимута. Пряма складова для задньої сторони з'являється після полуденного часу при зенітному куті  $\theta_z \geq 90 - \beta$ .

Рівняння теплового балансу для СП, що опромінюється з двох боків, може бути представлене у вигляді

$$\left[ I(\tau\alpha)(1 - \eta_{ph}) \right]_{av} + \left[ I(\tau\alpha) \right]_r = U(T_{ab} - T_a),$$

де  $I$  – густина потоку сонячного випромінювання;  $(\tau\alpha)$  – оптична характеристика СП;  $\eta_{ph}$  – коефіцієнт ефективності перетворення сонячної енергії в електричну;  $U$  – коефіцієнт втрат тепла;  $T_{ab}$  – температура абсорбера;  $T_a$  – температура зовнішнього повітря; індекси:  $av$  – передня, аверсна, сторона;  $r$  – тильна, реверсна, сторона.

Значення ККД приймають  $\eta_{ph} = \eta_{ph.max}$ , останнє залежить від температури

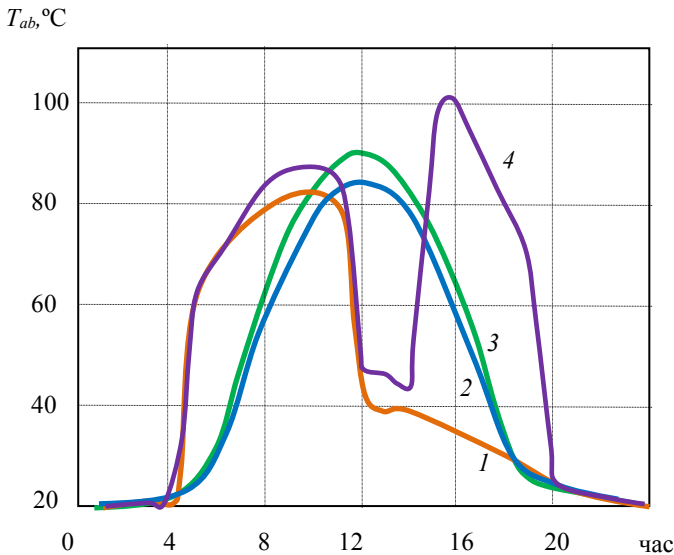
$$\eta_{ph.max} = \eta_{maxCY} [1 + \alpha_p (T_{ab} - T_{CY})],$$

де  $\eta_{\max \text{CY}}$  – ККД фотобатареї в точці максимальної потужності при стандарних умовах (CY);  $\alpha_p$  – температурний коефіцієнт потужності СП;  $T_{\text{CY}}$  – температура СП при CY.

Рішення рівняння енергії щодо температури абсорбера з урахуванням визначальних залежностей має вигляд

$$T_{ab} = \frac{[I(\tau\alpha)]_{av} [1 - \eta_{\max \text{CY}} (1 - \alpha_p T_{\text{CY}})] + [I(\tau\alpha)]_r + UT_a}{U + I(\tau\alpha)_{av} \eta_{\max \text{CY}} \alpha_p}.$$

На рис. 1 представлено дані з денної зміни температури абсорбера в літній період для двох різних орієнтацій і моделей опису – з одностороннім (1s) і двостороннім (2s) опроміненням. Прийнятий кут нахилу – 45 градусів. При орієнтації S-N температурна крива має симетричний вигляд з максимумом опівдні. Така закономірність відповідає опроміненню поверхні. Рівень температури досить високий для роботи СП – 90 °C по моделі 2s.



**Рис. 1. Зміна температури абсорбера СП протягом дня для орієнтації й моделі: 1 – E-W,1s; 2 – S-N,1s; 3 – S-N,2s; 4 – E-W,2s**

При орієнтації E-W симетрія відсутня. У дополуденні години нагрівання здійснюється раніше, ніж при орієнтації S-N. У полуденний час відбувається провал температури, що обумовлено відповідною закономірністю в опроміненні панелі. Потім температура для моделі 2s зростає й досягає максимуму, що перевищує найвищий рівень при орієнтації S-N на 10 %. Після полудня наповненість температурної кривої також більше, ніж при S-N, тобто. висока температура втримується більш тривалий період.

Зіставлення представлених даних з результатами розрахунку по моделі, що не враховує опромінення тильної частини панелі, показує ряд особливостей. Перша з них – для орієнтації S-N температура абсорбера по моделі 1s у максимумі вище на 8 %, ніж по 2s, при цьому характер залежностей однаковий. Для орієнтації E-W також має місце

перевищення температури, однак характер залежностей різко відрізняється. У дополоуденний час спрямованість траєкторій зміни функцій по двох моделях однакова, зате в післяполоуденний час залежностей протилежний – температура по моделі 1s, на відміну від 2s, знижується, і їхні значення розрізняються істотно.

У зимовий період температурний рівень значно нижче, і його вплив на ефективність вироблення електроенергії невеликий.

### **Література:**

1. Высочин В.В. Математическая модель гелиосистемы с сезонным аккумулятором тепла. Пр. Одес.політехн.ун-ту. 2011. Вип. 2 (36). С.125–129.
2. Даффи Дж.А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж.А. Даффи, У.А. Бекман. – М.: Мир, 1977, 420 с.