

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОПОГЛИНАЧА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ГЕЛІОКОЛЕКТОРА

© Шаповал С. П., 2015

Проаналізовано вплив конструкції теплопоглинача на ефективність геліоколектора, зокрема досліджено значення місця розташування трубок контуру циркуляції. Проаналізовано доцільність використання сонячної енергетики в Україні. З наявних видів поновлюваних джерел енергії найперспективнішою за масштабами ресурсів, екологічною чистотою та поширеністю є сонячна енергія. Це підтверджується низкою експериментальних робіт, проведених у галузі геліоенергетики. Кількість сонячної енергії, яка надходить на Землю, перевищує енергію всіх світових запасів нафти, газу, вугілля та інших енергетичних ресурсів. Використання всього 0,01 % сонячної енергії може забезпечити всі сьгоднішні потреби світової енергетики, а використання лише 0,1 % – повністю покрити потреби в майбутньому. Встановлено залежності між кутами падіння теплового потоку та інтенсивності теплового потоку від ефективності геліоколектора. Досліджено ефективність сонячного колектора із різними конструктивними вирішеннями теплопоглинача, зокрема із трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем та під теплопоглиначем. Показано, що гофрований теплопоглинач дає змогу підвищити ефективність геліоколектора. Складена матриця планування трифакторного експерименту із урахуванням взаємодії факторів. Проаналізовано, на скільки змінюється ефективність геліоустановки за різного розташування трубок для теплоносія. Описано результати досліджень надходження сонячного випромінювання на сонячний колектор. Показано, що ефективність сонячного колектора з трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем, є вищою, ніж ефективність сонячного колектора з трубками для теплоносія розташованими під теплопоглиначем.

Ключові слова: трубки для теплоносія, теплопоглинач, геліосистема.

This article deals with the impact on the effectiveness of the design absorber of solar collector particular importance researched placements of tube circuit. The feasibility of using solar energy in Ukraine was analyzed. Of the existing types of renewable energy most promising scale resources, environmental friendliness and prevalence is solar energy. This is confirmed by a number of experimental studies conducted in the field of solar power. The amount of solar energy that comes to Earth is bigger than the energy of the world's oil, gas, coal and other energy resources. Using just 0,01 % of solar energy can provide all the needs of today's global energy and the use of only 0,1 % – fully cover the needs in the future. The dependences between the angles fall of heat flow and intensity of the heat flux on the effectiveness of solar collector is established. The efficiency of a solar collector with different structural solution of heat absorber, including the solar tubes located above and below heat absorber is shown. It is shown that corrugated absorber allows improves the efficiency of solar collector. It was made up the three-factor planning matrix with the factors interaction. The result of how much efficiency of solar collector is varies at different locations of tubes circuit is presented. There are describes the results of the research on solar radiation input on the solar collector. It is shown that the efficiency of the solar collector tube solar located on heat absorber is higher than the efficiency of the solar collector tube solar arranged at heat absorber.

Key words: solar tubes, heat absorber, geliosystem.

Вступ

Сектор сонячної енергетики в альтернативній енергетиці є одним з динамічно зростаючих. Привабливість цього виду енергетики забезпечує доступність сонячної енергії майже в кожному кутку нашої планети та його екологічність і невичерпність. Без шкоди для біосфери можна використати близько 3 % сонячного потоку, що надходить до Землі. Це дасть енергію потужністю 1000 млрд кВт, що у 100 разів перевищує сучасну потужність виробництва енергії у світі. Перевагами сонячної енергії порівняно з традиційними видами палива є: можливість використання сонячної енергії практично на всіх ділянках земної поверхні; можливість безпосереднього перетворення сонячної енергії на теплову або електричну; можливість отримання високотемпературних теплоносіїв.

Постановка проблеми

Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного їх видобутку приблизно на 45 %. У більшості країн світу рівень енергетичної самозабезпеченості такий самий або нижчий. Проблема полягає у низькій ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів. На цей час важливим є впровадження нетрадиційних джерел енергії, для забезпечення побутових та технологічних потреб, найперспективнішою з яких є сонячна енергетика. Для підвищення ефективності сонячних колекторів необхідно проводити дослідження всіх його конструктивних елементів для пошуку найоптимальніших варіантів для максимального коефіцієнту корисної дії.

Тому метою роботи є дослідження ефективності сонячного колектора із різними конструктивними вирішеннями теплопоглинача, зокрема із трубками для теплоносія розташованими над теплопоглиначем та під теплопоглиначем.

Виклад основного матеріалу

Експериментальна установка складалася із геліоколектора, бака-акумулятора, джерела випромінювання та вимірювальних приладів. Схема геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими під та над теплопоглиначем, зображена на рис. 1.

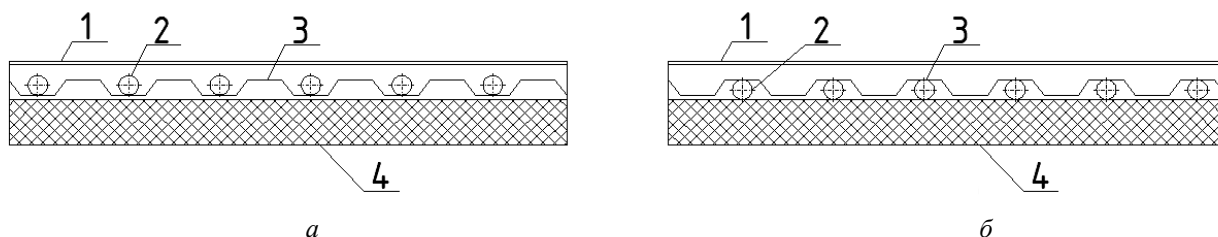


Рис. 1. Схема геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем (а) та під теплопоглиначем (б)

Була складена матриця планування трифакторного експерименту із урахуванням взаємодії факторів. Рівні факторів та інтервали варіювання подано у табл. 1.

Таблиця 1

Рівні факторів та інтервали варіювання

| Назва фактора | Кодоване позначення | Рівні факторів | | | Інтервал варіювання |
|--|---------------------|----------------|-----|-----|---------------------|
| | | -1 | 0 | +1 | |
| Азимутальний кут повороту геліоколектора α , ° | x_1 | 30 | 60 | 90 | 30 |
| Кут нахилу геліоколектора β , ° | x_2 | 30 | 60 | 90 | 30 |
| Інтенсивність теплового потоку I_B , Вт/м ² | x_3 | 300 | 600 | 900 | 300 |

Параметром оптимізації вибрано коефіцієнт ефективності геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем $K_{\text{еф} 1}$, та коефіцієнт ефективності геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими під поглиначем сонячної енергії $K_{\text{еф} 2}$, що показують, як впливає зміна кута падіння променів на ефективність геліосистеми.

Коефіцієнт ефективності геліоколектора $K_{\text{еф}}$ визначається за формулою:

$$K_{\text{еф}} = \frac{y_i}{y_{\text{ст}}}, \quad (1)$$

де $y_{\text{ст}}$ – теплова енергія отримана геліосистемою при куті падіння променів – $\alpha = 90^\circ$ і $\beta = 90^\circ$; y_i – отримана теплова енергія геліосистемою за інших кутів падіння променів.

Теплова енергія, що акумулювалась в баку-акумуляторі визначалась за формулою:

$$Q_{\text{бак}} = m \cdot c \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{п}}), \quad (2)$$

де m – маса теплоносія в баці-акумуляторі, кг; c – питома теплоємність теплоносія, Дж/(кг·К); $t_{\text{п}}$, $t_{\text{к}}$ – відповідно початкова та кінцева температури теплоносія в баці-акумуляторі, К.

Матрицю планування трифакторного експерименту подано у табл. 2.

Таблиця 2

Матриця планування експерименту

| № | x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | x_1x_2 | x_1x_3 | x_2x_3 | $x_1x_2x_3$ | $K_{\text{еф}1}$ | $K_{\text{еф}2}$ |
|----|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|-------------|------------------|------------------|
| 1 | + | - | - | - | + | + | + | - | 0,58 | 0,47 |
| 2 | + | 0 | - | - | 0 | 0 | + | 0 | 0,68 | 0,53 |
| 3 | + | + | - | - | - | - | + | + | 0,68 | 0,53 |
| 4 | + | - | 0 | - | 0 | + | 0 | 0 | 0,68 | 0,59 |
| 5 | + | 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,75 | 0,59 |
| 6 | + | + | 0 | - | 0 | - | 0 | 0 | 0,83 | 0,65 |
| 7 | + | - | + | - | - | + | - | + | 0,75 | 0,59 |
| 8 | + | 0 | + | - | 0 | 0 | - | 0 | 0,75 | 0,65 |
| 9 | + | + | + | - | + | - | - | - | 0,83 | 0,71 |
| 10 | + | - | - | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0,67 | 0,47 |
| 11 | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,75 | 0,53 |
| 12 | + | + | - | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0,67 | 0,71 |
| 13 | + | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,75 | 0,65 |
| 14 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 | 0,71 |
| 15 | + | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 | 0,76 |
| 16 | + | - | + | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0,75 | 0,65 |
| 17 | + | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 | 0,76 |
| 18 | + | + | + | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0,92 | 0,82 |
| 19 | + | - | - | + | + | - | - | + | 0,68 | 0,59 |
| 20 | + | 0 | - | + | 0 | 0 | - | 0 | 0,75 | 0,71 |
| 21 | + | + | - | + | - | + | - | - | 0,75 | 0,82 |
| 22 | + | - | 0 | + | 0 | - | 0 | 0 | 0,75 | 0,82 |
| 23 | + | 0 | 0 | + | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,83 | 0,82 |
| 24 | + | + | 0 | + | 0 | + | 0 | 0 | 0,83 | 0,94 |
| 25 | + | - | + | + | - | - | + | - | 0,83 | 0,88 |
| 26 | + | 0 | + | + | 0 | 0 | + | 0 | 0,92 | 0,94 |
| 27 | + | + | + | + | + | + | + | + | 1,00 | 1,0 |

Результати експериментальних досліджень подано у графічній формі (рис. 2, 3).

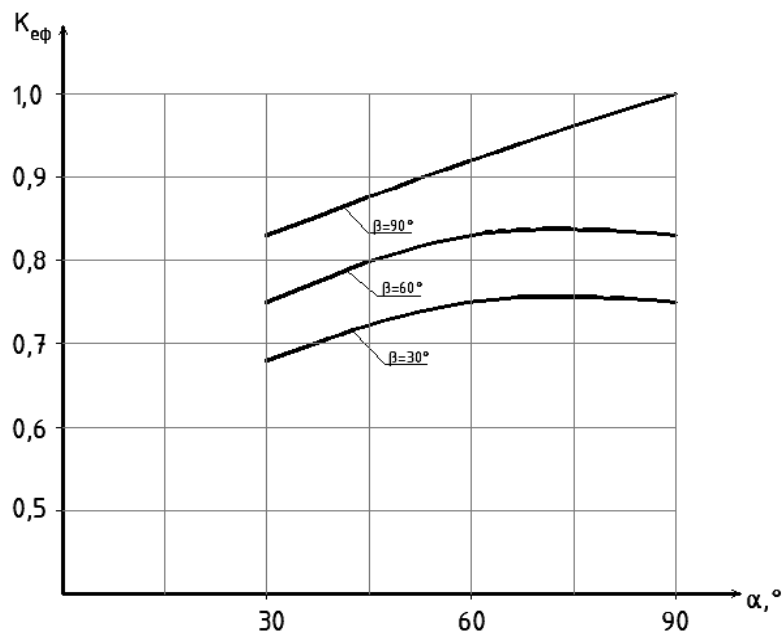


Рис. 2. Залежність $K_{\text{эф}1}$ від кутів падіння теплового потоку α та β для геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем

За результатами отримано емпіричну залежність:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{эф}1} = & (0,2982 - 9,2667 \cdot 10^{-5} \cdot x_3) + (-3,333 \cdot 10^{-5} + 2,8333 \cdot 10^{-6} \cdot x_3) \cdot x_1 + \\
 & + (0,0036 + 8,8333 \cdot 10^{-6} \cdot x_3) \cdot x_2 + (-9,8763 \cdot 10^{-6} + 3,395 \cdot 10^{-8} \cdot x_3) \cdot x_1^2 + \\
 & + (3,6112 \cdot 10^{-5} - 7,8705 \cdot 10^{-8} \cdot x_3) \cdot x_1 \cdot x_2 + (-3,5803 \cdot 10^{-5} - 1,2347 \cdot 10^{-8} \cdot x_3) \cdot x_2^2.
 \end{aligned} \quad (3)$$

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень, зображених на рис. 2, бачимо, що за збільшення кутів падіння теплового потоку ефективність геліоколектора зростає. У такому разі за кута падіння теплового потоку $\beta = 90^\circ$ ефективність різко збільшується, коли α є вищим від 60° .

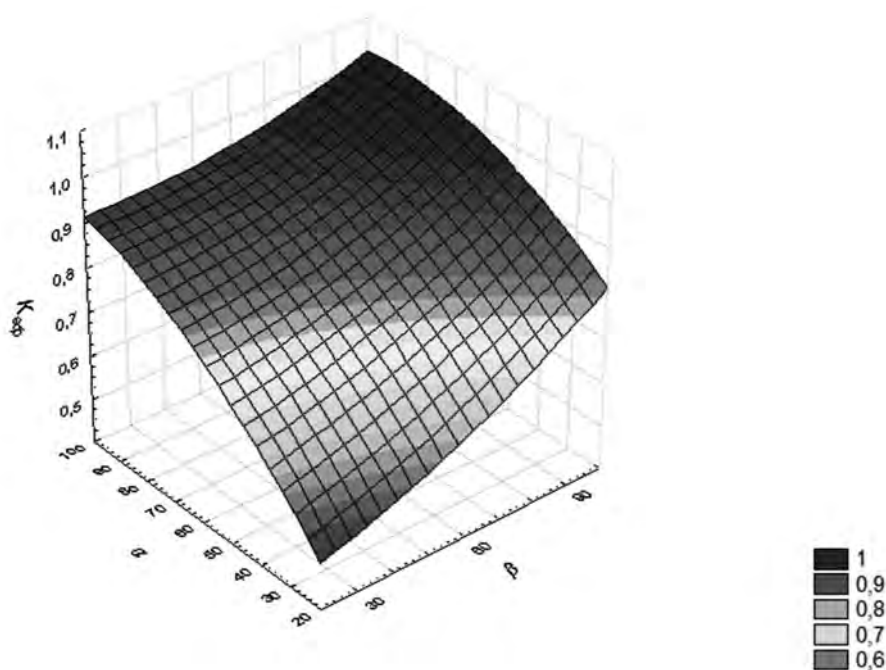


Рис. 3. Залежність $K_{\text{эф}2}$ від кутів падіння теплового потоку α та β для геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими під теплопоглиначем

За результатами отримано емпіричну залежність:

$$\begin{aligned} K_{\text{ef}2} = & (0,1915 + 0,0004 \cdot x_3) + (0,002 + 2,1667 \cdot 10^{-6} \cdot x_3) \cdot x_1 + \\ & + (0,0129 - 1,5 \cdot 10^{-5} \cdot x_3) \cdot x_2 + (3,0865 \cdot 10^{-6} - 4,6297 \cdot 10^{-8} \cdot x_3) \cdot x_1^2 + \\ & + (4,6295 \cdot 10^{-6} + 3,7037 \cdot 10^{-8} \cdot x_3) \cdot x_1 \cdot x_2 + (-9,0391 \cdot 10^{-5} + 1,1222 \cdot 10^{-7} \cdot x_3) \cdot x_2^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Проаналізувавши рис. 3, бачимо менш інтенсивне зростання ефективності геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими під теплопоглиначем, ніж для геліоколектора з трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем.

Висновок

Проаналізувавши результати експериментальних досліджень, можна зробити висновок, що ефективність сонячного колектора з трубками для теплоносія, розташованими над теплопоглиначем, є до 15 % вищою, ніж ефективність сонячного колектора з трубками для теплоносія, розташованими під теплопоглиначем. Для підвищення ефективності сонячного колектора важливим є збільшення площі поглинача сонячної енергії.

1 Харченко Н. В. *Индивидуальные солнечные установки* / Н. В. Харченко. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с. 2. Твайделл Д. *Возобновляемые источники энергии* / Д. Твайделл, А. Уэйр ; пер. с англ. под ред. В. А. Коробкова. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 391 с. 3. Возняк О. Т. *Ефективність плоского сонячного колектора при різних інтенсивностях та кутах падіння теплового потоку* / О. Т. Возняк, С. П. Шаповал // *Науково-технічний журнал Нова тема: гол. ред. М. В. Степанов.* – № 3, 2010. – С. 32–34. 4. Шаповал С. П. *Ефективність системи тепlopостачання на основі сонячного колектора при зміні кута надходження теплового потоку* / С. П. Шаповал, О. Т. Возняк, О. С. Дацько // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка” [“Теорія і практика будівництва”]*. – Л. : В-во Нац. ун-ту “Львівська політехніка”, 2009. – № 655. – С. 299–302.