

УДК 621.311.243

*Б.А. Кутний, к.т.н., доцент  
М.В. Осіпа, студент*

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА**

*Виконано аналіз розробленої експериментальної конструкції сонячного колектора та розраховано його тепловий баланс, ККД, визначено основні складові втрат енергії у навколишнє середовище та їхнє співвідношення на основі результатів серії досліджень установки в літній період у звичайному робочому режимі та в режимі стагнації.*

**Ключові слова:** *сонячний колектор, геліоустановка, сонячна батарея.*

УДК 621.311.243

*Б.А. Кутний, к.т.н., доцент  
М.В. Осіпа, студент*

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА**

*Выполнен анализ разработанной экспериментальной конструкции солнечного коллектора и рассчитаны его тепловой баланс, КПД, определены основные составляющие потерь энергии в окружающую среду и их соотношение на основе результатов серии исследований установки в летний период в обычном рабочем режиме и в режиме стагнации.*

**Ключевые слова:** *солнечный коллектор, гелиоустановка, солнечная батарея.*

UDC 621.311.243

*B.A. Kutnyi, PhD, Associate Professor  
M.V. Osipa, student*

*Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University*

## **RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF SOLAR COLLECTORS**

*The analysis developed experimental designs of solar collectors and calculations of its heat balance, the efficiency, the main components of the energy loss to the environment and their relationship on the basis of a series of studies installing in the summer in the normal operating mode and stagnation.*

**Keywords:** *solar collector, helioplant, solar battery.*

**Вступ.** Однією з найважливіших проблем, які постають на сучасному етапі розвитку промисловості та комунально-житлового господарства, є потреби у великій кількості теплової та електричної енергії, котру необхідно отримувати на території України. У цьому допомагає альтернативна енергетика, зокрема сонячна, яка може забезпечити одержання великої кількості не тільки електричної, а й теплової енергії. Це дозволить суттєво зменшити частку викопних енергоносіїв у загальному

балансі задоволення потреб у гарячому водопостачанні та створити нові робочі місця для виробництва й обслуговування геліоустановок при тому, що сонячна енергія є практично невичерпним та екологічно чистим джерелом [1].

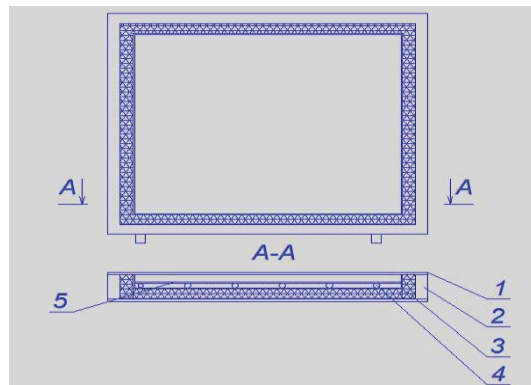
**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Діапазон конструктивних та технологічних рішень сонячних колекторів дуже широкий [2]. Найдешевшими і в той же час найбільш простими у використанні є плоскі колектори, конструкція яких зазвичай складається з елемента, що поглинає сонячне випромінювання, прозорого покриття і теплоізолюючого шару. У роботі [3] описаний сонячний колектор, у котрому прозоре захисне покриття, поглинач та теплоізоляція виконані з панелей із стільникопластів, але він має такі недоліки: високу вартість та низьку надійність конструкції. Також відомий сонячний колектор [4], в якому поглинач сонячної енергії розташований у нижньому ярусі та виконаний з активованого вугілля, верхній ярус заповнений повітрям чи прозорою стільниковою коміркою структурою різних типів. Недоліками цієї конструкції є відсутність примусової циркуляції теплоносія, та використання в якості теплосприймаючої поверхні активованого вугілля, що знижує період експлуатації цього сонячного колектора. Сонячний колектор [5] має захисне світлопрозоре покриття, поглинач сонячної енергії та теплову ізоляцію, виконані зі світлопрозорої тришарової плити стільникового полікарбонату. Серед недоліків цього сонячного колектора можна виділити: неможливість використання колектора в одноконтурній системі через чорний колір теплоносія; велику кількість полікарбонату, що піддається пошкодженням при взаємодії з мінеральними й органічними кислотами, розчинами солей, жирів, аміаком, амінокислотами, розчинниками та деякими видами клеїв і барвників.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Проблеми, розглянуті в статті, представлені визначенням ККД установки, питанням балансу втрат теплоти в навколишнє середовище та їх співвідношення. Аналіз теплового балансу необхідний для подальшої модернізації установки і збільшення ефективності перетворення сонячної енергії в теплову та електричну.

**Постановка завдання.** Метою досліджень експериментальної установки сонячного плоского колектора було його випробування при різних режимах роботи і на основі цих дослідів – проведення аналізу його конструктивних характеристик для подальшого вдосконалення.

**Основний матеріал і результати.** Для проведення дослідів застосовувалася експериментальна установка, що складається з сонячного колектора, бака з водою та електричного насоса. Плоский сонячний колектор, рис. 1, зібраний з таких елементів: захисного органічного скла 1, корпусу 2, теплоізоляції (пінопласт 20 мм, утеплювач з фольгою 3 мм) 3,

теплосприймаючої пластини 5 та з'єднаних з нею алюмінієвих трубок 4. Принцип дії установки полягає в наступному: сонячне випромінювання, проходячи через захисне скло, потрапляє на чорну теплосприймаючу пластину, яка поглинає енергію. Вода, що за допомогою електричного насоса циркулює в алюмінієвих трубках під пластиною, забирає з неї тепло та транспортує його в бак-накопичувач. Теплоізолюваний корпус зменшує втрати теплової енергії в навколишнє середовище та дозволяє підвищити ККД установки.



**Рис. 1 – Плоский сонячний колектор:**

**1 – захисне скло; 2 – дерев'яний каркас; 3 – теплоізоляція;  
4 – патрубки системи охолодження; 5 – теплосприймаюча пластина**

Першу серію досліджень було проведено для визначення ККД установки та основних складових теплового балансу колектора, а саме: кількості теплоти, поглинутої теплоносієм; втрат через огорожувальні конструкції; втрат за рахунок відбивання сонячного випромінювання від захисного скла; кількості акумульованого тепла конструкцією установки.

Складові теплового балансу розраховувалися за такими формулами. Тепловий потік, що за рахунок прямого і розсіяного сонячного випромінювання надходить до установки, визначається за формулою, Вт,

$$Q_{\text{надх}} = 14,6413 \cdot E \cdot F, \quad (1)$$

де  $E$  – світловий потік, кЛк;  $F$  – робоча площа колектора,  $\text{м}^2$ . Для сонячного випромінювання світловий потік 1Лк еквівалентний  $0,01464 \text{ Вт}/\text{м}^2$ . Площа робочої частини світлосприймаючої конструкції колектора дорівнює  $F=0,186 \text{ м}^2$ .

Корисна частина теплового потоку, яка поглинається теплоносієм, Вт,

$$Q_{\text{погл.в.}} = c \cdot G \cdot (t_{\text{зв}} - t_{\text{под}}), \quad (2)$$

де  $c$  – теплоємність води,  $\text{Дж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $G$  – витрати теплоносія,  $\text{кг}/\text{с}$ ;  $t_{\text{зв}}$  – температура теплоносія на виході з колектора,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{\text{под}}$  – температура теплоносія на вході в колектор,  $^\circ\text{C}$ . За результатами вимірювань витрати теплоносія (води) під час дослідів були постійні,  $G=0,0167 \text{ кг}/\text{с}$ .

Частина теплового потоку, яка була витрачена на нагрівання теплоізолюваного корпусу, алюмінієвого абсорбера та трубок і може бути

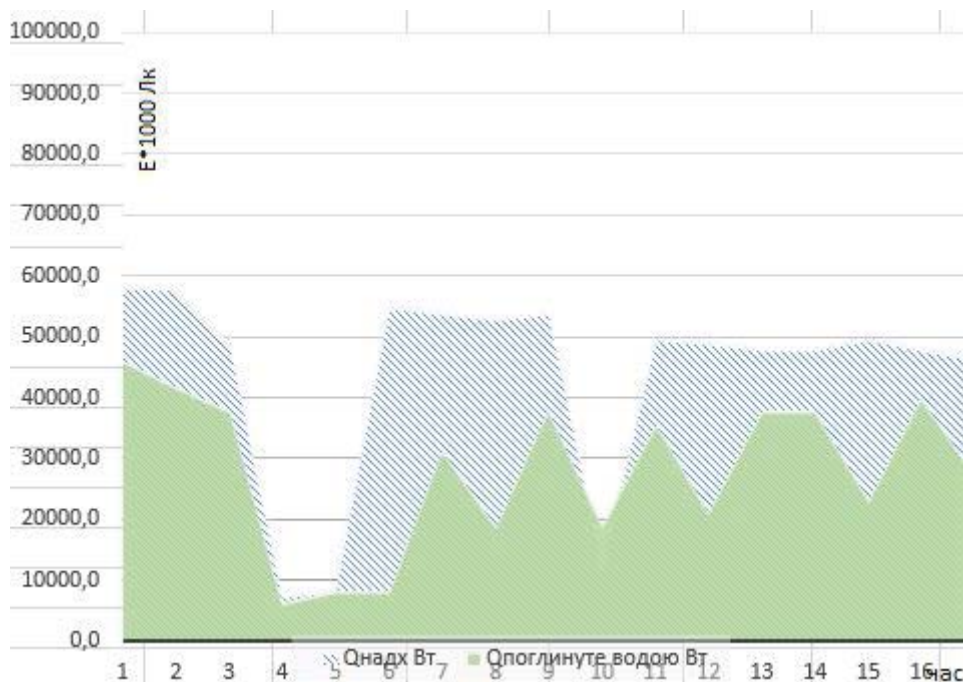
вдібрана теплоносієм у випадку зменшення інтенсивності сонячного випромінювання, Вт,

$$Q_{\text{нагр}} = \sum c_i \cdot m_i (t_k - t_{\text{п}}) / \tau, \quad (3)$$

де  $c_i$  – теплоємність матеріалу  $i$ -го конструктивного елемента сонячного колектора, Дж/кг $^{\circ}$ С;  $m$  – маса світлосприймаючої пластини, кг;  $t_k$ ,  $t_{\text{п}}$  – відповідно кінцева та початкова температура світлосприймаючої пластини,  $^{\circ}$ С;  $\tau$  – час. Алюмінієві елементи сонячного колектора мають масу 1,35 кг, теплова ізоляція – 0,34 кг.

Досліди проводилися в червні, в період найбільшої сонячної активності, з 11-ї до 15-ї години. Колектор був розташований під кутом 90 до сонячного випромінювання. Метеорологічні умови: 2÷3 бали верхньої хмарності, швидкість вітру – 2÷3 м/с, температура зовнішнього повітря коливалася в межах 26÷29  $^{\circ}$ С. Для вимірювання величин у дослідах були використані: люксметр, п'ять електронних термометрів з точністю до 0,1 $^{\circ}$ С, секундомір, мірна ємність.

Діаграма залежності отриманого тепла (від сонячного випромінювання) та поглинутого теплоносієм показана на рис. 2. Загальна кількість теплоти, отриманої колектором за весь період проведення досліду становить 888,4 кДж, поглинуто теплоносієм – 572,7 кДж. У результаті було одержано значення ККД установки – 64%.



**Рис. 2 – Діаграма надходження тепла з сонячним випромінюванням та його відведення теплоносієм**

Для визначення розподілу складових втрат теплоти був проведений додатковий аналіз. З'ясовано, що органічне скло, яке застосовується як світлопрозоре покриття, має коефіцієнт пропускання світла 92%, тобто 8%

енергії було відбито або поглинуто склом. За формулою (3) визначено, що майже 5% сонячної енергії використано на нагрівання конструкції сонячного колектора і відповідно 23% було втрачено через огорожувальні конструкції у навколишнє середовище. При цьому 15,6% було втрачено в навколишнє середовище через світлопрозоре покриття. У результаті було отримано діаграму (рис. 3).

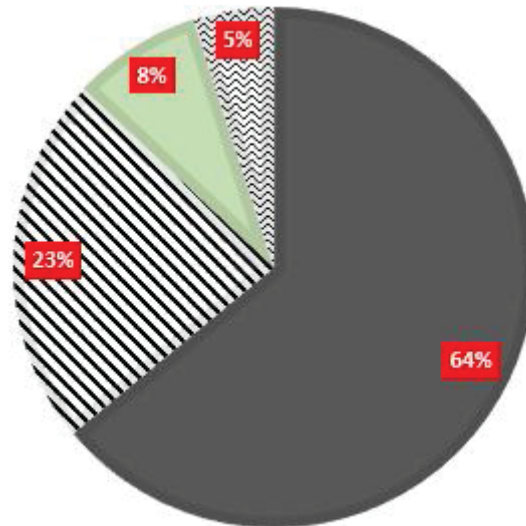


Рис. 3 – Діаграма розподілу витрат сонячної енергії

Другу серію вимірювань виконано з метою дослідження сонячного колектора в режимі стагнації, тобто за відсутності відбору теплоти. Було встановлено, до якої температури може нагрітися установка за відсутності відбору теплоносієм теплоти. Результати дослідження наведено на рис. 4.



Рис. 4 – Графік нагрівання установки в режимі стагнації

Одержані результати показують, що у разі відсутності відбору теплоти з установки температура може підійматися до 110 °C і більше.



Таке нагрівання колектора може призвести до пошкодження установки. Отже, надалі потрібно врахувати можливість роботи установки в цьому режимі та заходи для його запобігання, тобто додаткове влаштування системи для викиду зайвої теплоти у навколишнє середовище. Теоретично за допомогою колекторів можна отримувати теплоносій з температурою 115 – 120 °С, що дозволяє використовувати їх і для промислових потреб [6].

**Висновки.** У результаті проведення дослідів визначено реальний ККД плоского сонячного колектора. Виявилось, що його фактичний ККД становить 64%. Аналіз одержаних даних дозволив установити, яким чином розподіляються інші 36% теплоти. Виявлено, що в режимі стагнації світлопоглинаючий елемент сонячного колектора може нагріватися до температури 115 – 120 °С. Ці результати допоможуть у пошуку заходів щодо подальшого збільшення загального ККД установки.

#### *Література*

1. *Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 1 Отопление / В.Н. Богословский, Б.А. Крупнов, А.Н. Сканава и др.; под ред. И.Г. Староверова и Ю.И. Шиллера. – 4е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1990. – 344 с.: ил. – (Справочник проектировщика).*
2. *Солнечный коллектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://ru.wikipedia.org/>.*
3. *Іванов, І.М. Сонячний колектор [Електронний ресурс] І.М. Іванов. – Режим доступу: – <http://www.uipv.org/>.*
4. *Сухий, М.П. Сонячний колектор [Електронний ресурс] М.П. Сухий. – Режим доступу: <http://www.uipv.org/>.*
5. *Желих, В.М. Сонячний колектор [Електронний ресурс] В.М. Желих, Б.І. Пізнак, А.В. Фечан. – Режим доступу: <http://www.uipv.org/>.*
6. *Солнечные коллекторы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://max-energy-saving.info/index.php>.*

*Надійшла до редакції 20.03.2014  
©Б.А. Кутний, М.В. Осіпа*