

УДК 620.97:697.329

Шаповал Степан Петрович

Кандидат технічних наук, доцент, ORCID: 0000-0003-4985-0930

Національний університет «Львівська політехніка», Львів

ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РАХУНОК КОМБІНОВАНОГО ГЕЛІОВІКНА

Анотація. Актуальним питанням сьогодення є принцип енергоощадливості та раціонального використання енергоресурсів. Для України енергетична сфера є особливо важливою, оскільки саме вона в основному, впливає на стан національної економіки. Досліджено, що запропонована модель комбінованого геліовікна можлива для застосування в системах теплозабезпечення. В статті розглянуто дані експериментальних досліджень зміни температури теплоносія в системі, коефіцієнта корисної дії сонячного колектора та системи в цілому.

Ключові слова: альтернативні джерела; сонячна енергія; ефективність

Постановка проблеми

Зростання чисельності населення призводить до збільшення споживання енергії суспільством. Таким чином, виникає дисбаланс між видобутком та споживанням. Використання альтернативних видів палива набуває все більшого значення для світової спільноти.

У наш час важливо переходити з традиційних видів енергії до альтернативних. Підтвердженням цього є праці Д. Медоуза в яких досліджується проблема залежності використання енергоресурсів від функціонального зростання економіки зважаючи на стан енергобалансу планети Земля [1].

Рівень забруднення атмосфери невинно зростає, що призводить до руйнування біосфери.

Ноосфера, яка вперше була згадана Едуардом Леруа, руйнується під впливом антропогенної діяльності на навколишнє середовище, та спонукає до інтенсифікації використання сонячної енергії, оскільки вона може ефективно трансформуватись в теплову та електричну і використовуватись для потреб опалення та гарячого водопостачання.

Сонячна енергія вже робить свій внесок у зменшення кількості викидів CO₂ забезпечуючи мільйони домівок обігрівом та електроенергією [2].

Рівень споживання енергоресурсів середньостатистичної європейської країни відображений на рис. 1. Ці показники відповідають вимогам стандартів ЄС [3, 4].

Повільний розвиток сонячних систем має ряд причин, які є основними перешкодами у впровадженні систем сонячного теплопостачання в Україні. Основними причинами, що варто відзначити є саме висока вартість та не приведена до

однакових стандартів ефективність систем сонячного теплопостачання.

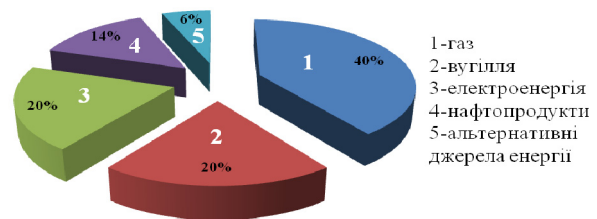


Рисунок 1 – Співвідношення споживання енергоресурсів середньостатистичної європейської країни

Проаналізовано, що на горизонтальну поверхню в середньому по широтах України припадає ~333 МДж сумарної променистої енергії на 1 м² за місяць. Енергетична освітленість поверхонь у зимовий період має чіткий спадний характер з півдня на північ (зміна від ~90-50 Вт/м²), тоді як літній період характеризується незначною зміною сонячної радіації (зміна в межах 313-316 Вт/м²). Очевидним є той факт, що полуднева висота Сонця у помірному поясі освітленості завжди менша від 90°, тому південь країни (44, 46, 47 град. пн. ш.) отримує за рік більше сонячної радіації, ніж північ, оскільки полуднева висота Сонця на півдні щодня вища, ніж на півночі [5].

Аналіз основних досліджень та публікацій

В праці [6] описується основні досягнення в сонячній енергії протягом останніх тисячоліть, що

говорить про значні її можливості та перспективи.

Можливість перетворення житлового будинку з не ефективного в будинок нуль енергії описана в [7]. Це завдання досягається за рахунок економічно ефективних заходів енергії та інтеграції сонячних енергетичних систем [8].

Впроваджуючи сонячні установки в енергопасивні будинки, на рівні проектних робіт доцільно звернути увагу на теплозахист приміщення в літній період року. Оскільки в цей період року запроєктоване захищення, яке буде задовольняти вимоги зимового періоду, може не відповідати вимогам літнього періоду. В зв'язку з тим, що кількість теплоти поглинута приміщенням в літній період буде надмірною, а для зимового періоду вона буде достатньою. Тому можливим є варіант застосування сонячного колектора на площині захищення, з точки зору як компенсатора сонячного надходження в зимовий та літній періоди [9].

Основні причини зменшення застосування сонячних колекторів, зокрема плоских описано в [10].

Фундаментальними причинами є ціна та кількість поглинутої радіації сонячним колектором в залежності від сезонних змін. Тому, необхідно звертати увагу саме на вартість геліосистеми та коефіцієнт корисної дії системи сонячного теплопостачання

Формулювання мети статті

Тому, метою цієї праці було:

- розроблення енергоефективного рішення однієї з конструкцій будинку, в якості сонячного колектора, а саме – геліовікна;

- проведення аналітичних та експериментальних досліджень можливості ефективного використання сонячної енергії запропонованою конструкцією геліовікна;

- дослідження коефіцієнта корисної дії запропонованої конструкції геліовікна за умов використання цієї енергії.

Основна частина

Запропонована модель системи сонячного теплопостачання поєднана з конструкцією вікна будинку. Таке рішення першочергово, вирішує проблему з високою вартістю сонячних установок, оскільки поєднання необхідної конструкції будинку з такою системою зменшує капітальні витрати на систему, що є результатом загальнодоступності споживачу.

Узагальнений принцип роботи полягає в наступному:

- теплоносій поступає у бак-акумулятор;

- при відкритті та налаштуванні запірно-регулювальної арматури вода надходить у геліовікно, нагрівається під дією сонячної енергії та за принципом природної конвекції рухається назад у бак-акумулятор, в режимі гравітації.

Експериментальна установка комбінованого геліовікна в режимі гравітації зображена на рис. 2.

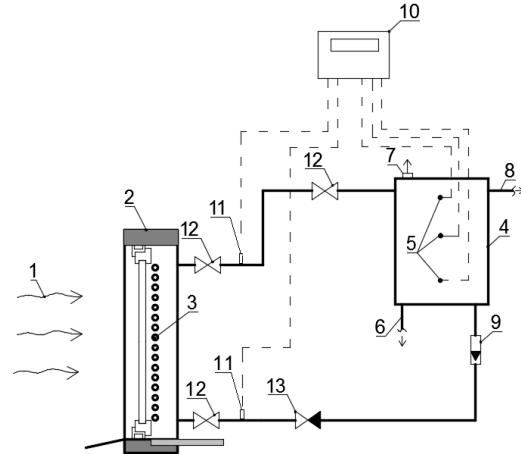


Рисунок 2 – Схема експериментального комбінованого геліовікна:

1 – потік сонячної енергії, 2 – геліовікно, 3 – прозорі трубопроводи, 4 – бак-акумулятор, 5 – датчики температури, 6 – злив теплоносія, 7 – повітроспускний клапан, 8 – трубопровід до споживача, 9 – ротаметр, 10 – комплексний регулятор температури, 11 – термометр, 12 – запірно-регулююча арматура, 13 – зворотний клапан

Кожного разу перед початком експерименту система заповнювалась свіжою порцією води. Видалялось повітря із системи. Перевірялась герметичність системи при робочому тиску. Перевірялась справність вимірювальних приладів.

Кількість питомої теплової енергії накопиченої в баці-акумуляторі комбінованої системи сонячного теплопостачання $Q_{сст}$, кДж/м² можна визначити за формулою (1) :

$$Q_{сст} = \frac{m \cdot c \cdot (T_{вих} - T_{кін})}{F_{ск}} \quad (1)$$

де m – маса теплоносія в баці-акумуляторі, кг; c – середня питома теплоємність теплоносія (за сталого тиску) при середньоарифметичній температурі теплоносія, Дж/(кг·К); $T_{вих}$, $T_{кін}$ – температури теплоносія на вході та виході сонячного колектора відповідно, К; $F_{ск}$ - площа сонячного колектора, м². Аналогічно визначається коефіцієнт корисної дії системи сонячного теплопостачання $\eta_{сст}$ в цілому, за кількістю енергії, отриманої баком-акумулятором $Q_{отр}$:

$$\eta_{\text{сст}} = \frac{Q_{\text{отр}}}{Q_{\text{пром}}} \cdot 100\% \quad (2)$$

де $Q_{\text{отр}}$ – кількість тепла, що отримав бак-аккумулятор за час ΔT , с, визначалась експериментально; $Q_{\text{пром}}$ – кількість променевого тепла, що надійшла на поверхню геліостіни за цей самий проміжок часу ΔT , с.

Для більш ефективного проведення експериментів і зниження затрат на його організацію проведено планування експерименту відповідно до існуючих методик.

Факторами обрано:

- x_1 – інтенсивність потоку сонячного випромінювання I , Вт/м² [100, 300, 500, 700, 900];

- x_2 – напрям повітряного потоку

α , ° [10, 30, 50, 70, 90];

- x_3 – об'єм баку-аккумулятора

V , л [5, 10, 15, 20, 25].

Для максимального виявлення впливу факторів на функцію відгуку була попередньо складена матриця планування із врахуванням ефекту взаємодії факторів. Функцією відгуку вибрано коефіцієнт корисної дії системи сонячного теплопостачання в цілому $\eta_{\text{сст}}$.

Температура теплоносія замірювалась за допомогою термометрів опору. Основні результати експериментальних вимірювань температур подані у графічній формі при інтенсивності теплового потоку 700 Вт/м² (рис. 3 та 4).

Основні результати експериментальних вимірювань коефіцієнта корисної дії комбінованого геліовікна в цілому $\eta_{\text{сст}}$ подані у тривимірному вигляді та наведені на рис.5.

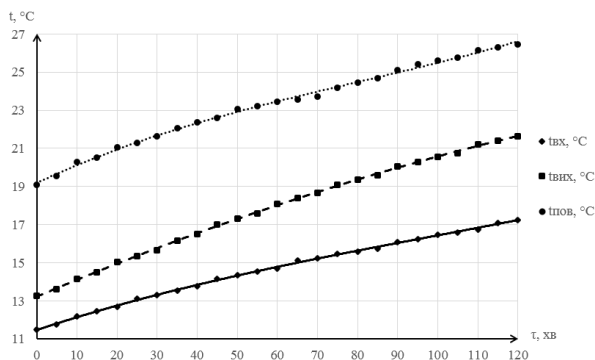


Рисунок 3 – Температура теплоносія в сонячному колекторі та температура оточуючого повітря впродовж експерименту в режимі гравітації при: діаметрі труб теплопоглинання $d = 5$ мм; кроку між трубками поглинання $l = 50$ мм; інтенсивності теплового потоку $I = 700$ Вт/м²; куті падіння випромінювання $\alpha = 30^\circ$; об'ємі бака-аккумулятора $V = 10$ л

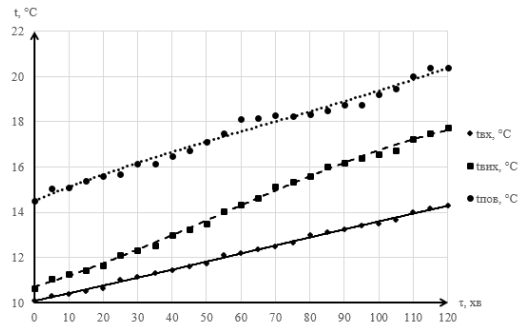


Рисунок 4 – Температура теплоносія в сонячному колекторі та температура оточуючого повітря впродовж експерименту в режимі гравітації при сталих $d = 5$ мм; $l = 50$ мм; $I = 700$ Вт/м²; $\alpha = 70^\circ$; $V = 20$ л

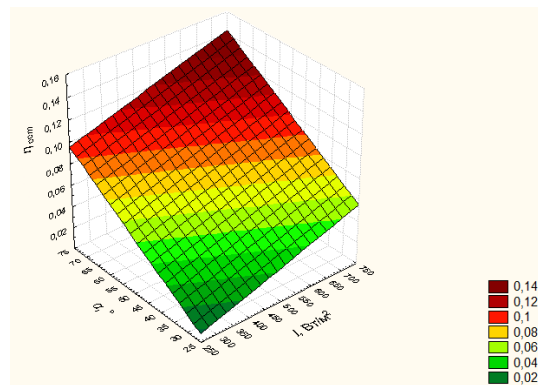


Рисунок 5 – Зміна коефіцієнта корисної дії системи сонячного теплопостачання в цілому від напряму повітряного потоку та інтенсивності потоку сонячного випромінювання, в режимі гравітації при сталих $d = 5$ мм; $l = 50$ мм; $\delta = 1$ мм; $V = 10$ л

Для порівняння з тривимірним графіком у таблиці 1 наведені дані коефіцієнта корисної дії комбінованого геліовікна за сонячним колектором $\eta_{\text{ск}}$ за $I = 500$ Вт/м².

Таблиця 1 – Коефіцієнт корисної дії геліовікна

V , л	α , °	$\eta_{\text{ск}}$
15	90	0,15
5	50	0,45
25	50	0,55
15	50	0,76

Було проаналізовано коефіцієнт корисної дії геліовікна. Встановлено, що коефіцієнт корисної дії за даним сонячним колектором $\eta_{\text{ск}}$ досягав 70% при інтенсивності випромінювання 500 Вт/м².

Висновки

Підсумовуючи вище наведені дані, можна стверджувати, що запропонована конструкція геліовікна є ефективною для сонячного

теплопостачання. Зокрема, ефективність 31% потоку 50° відносно площини колектора та об'єму спостерігалась за інтенсивності надходження баку-акумулятора 15 л. сонячної енергії 100 Вт/м² при напрямку повітряного

Література

1. Медоуз Д. Х. *Пределы роста. 30 лет спустя.* / Медоуз Д. Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. пер. с англ. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 342 с.
2. Благута А.О., Благута А.А., Благута І.А. Дніпропетровський обласний благодійний фонд «Екологія-Геос» / «Теплоагенти Благути» / «Ринок інсталяцій». - №11. -2007. – с. 28-30.
3. Гелетуха Г. Україна: нетрадиційні та відновлювані джерела енергії /Гелетуха Г., Кудря С. // Зелена енергетика.- 2005. - №2. - С. 8-10.
4. Вербинський В. Регіональна енергетична політика України: цілі та шляхи реалізації / Вербинський В., Земляний М. [За редакцією А. І. Шевцова] - Д.:Національний інститут стратегічних досліджень,2003.- С.64
5. Желих В. М. Потенціал промислової енергії в Україні та її використання для низькотемпературних сонячних колекторів / В. М. Желих, С. П. Шаповал, І. І. Вензрин. // НУ "ЛП". – 17. – С. 80.
6. *Let It Shine: The 6,000-Year Story of Solar Energy*
7. Ali Al Ajmi. *Achieving annual and monthly net-zero energy of existing building in hot climate* / Ali Al Ajmi, Hosny Abou-Ziyan, Adel Ghoneim. // *Applied Energy*. – 2016. – №165. – pp. 511–521.
8. Овсянникова І. Геліоколектор гарячого водопостачання і вентиляції/ І. М. Овсянникова, І. А. Немировський, А. М. Ганжа// Вісник НТУ «ХП». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси й устаткування. – Х.: НТУ «ХП», 2014. – № 13(1056). – С. 103–107. – Бібліогр.: 8 назв. – ISSN 2078-774X.
9. Альбедро и угловые характеристики отражения подстилающей поверхности и облаков: монография / [К. Я. Кондратьев, В. И. Биненко, Л. Н. Дьяченко и др.] – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1981. – 232 с.
10. *Solar Collectors and Panels, Theory and Applications.* Edited by Reccab Mochieng Croatia: Sciyo; 2010.

Стаття надійшла в редколегію 06.04.17

Рецензент: д.т.н., проф. О. С. Тітлов, Одеська національна академія харчових технологій, Одеса.

Шаповал Степан Петрович

Кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-4985-0930
Национальный университет «Львовская политехника», Львов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ЗА СЧЕТ КОМБИНИРОВАННОГО ГЕЛИООКНА

Аннотация. Актуальным вопросом современности является принцип энергосэкономии и рационального использования энергоресурсов. Для Украины энергетическая сфера является особенно важной, поскольку именно она в основном влияет на состояние национальной экономики. Доказано, что предложенная модель комбинированного гелиоокна возможна для применения в системах теплообеспечения. В статье рассмотрены результаты экспериментальных исследований изменения температуры теплоносителя в системе, коэффициента полезного действия солнечного коллектора и системы в целом.

Ключевые слова: альтернативные источники; солнечная энергия; эффективность

Shapoval Stepan

Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, ORCID: 0000-0003-4985-0930
National University "Lviv Polytechnic", Lviv

THE USE OF SOLAR THERMAL ENERGY DUE TO THE COMBINED SOLAR WINDOW

Abstract. Pressing issue of our time is the principle of energy saving and rational use of energy resources. For Ukraine, the energy sector is particularly important because it mainly affects the state of the national economy. It is proved that the proposed model of the combined solar window for possible use in systems of heat supply. In the article the results of experimental researches of temperature changes of the coolant in the system efficiency of the solar collector and the system as a whole.

Key words: alternative sources; solar energy; efficiency