УДК 621.763

П.О.Пасічник,
О.В. Приймак, д.т.н.

АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ПОГЛИНАЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА ПОВІТРЯНОГО КОЛЕКТОРА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

В статті розглянуто особливості будови сучасних сонячних колекторів та проблеми їх використання. Описано абсолютно новий вид колектора сонячної енергії з електропідігрівом поглинаючого елемента на основі вуглеграфітових тканин. Приведено порівняльну характеристику таких тканин з існуючими матеріалами, що використовуються у якості абсорберів та доведено доцільність їх використання для цілей сонячного теплопостачання. Визначені проблеми та задачі подальших досліджень у цьому напрямку.

Постановка проблеми. Масове впровадження повітряних сонячних систем теплопостачання (ССТ), які доцільно використовувати для опалення, вентиляції приміщень та технологій (наприклад сушка зернових, фруктів і т.д.), стримує низька середньодобова, або середньорічна теплова ефективність повітряного колектора сонячної енергії (КСЕ). Тому важливою науково-технічною проблемою є створення повітряних КСЕ з віщим середньо експлуатаційним коефіцієнтом теплової ефективності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основним елементом будь-якої ССТ є колектор сонячної енергії, ефективність якого визначально впливає на ефективність системи в цілому. Світові виробники геліотехніки (Grammer, Sole S.A. і т.д.) виробляють достатню кількість повітряних КСЕ різної конструкції та теплової ефективності. Але усі відомі моделі повітряних КСЕ об’єднує однотипність поглинаючого елемента (ПЕ). У більшості конструкцій - це металевий лист, покритий селективним покриттям. Виробники вказують ефективність таких колекторів в діапазоні 65-95%, але необхідно розуміти, що це значення миттєвого коефіцієнта корисної дії КСЕ[1], який підраховується з рівняння,

$$\eta = \eta_0 - k_1 \frac{\Delta T}{E_g} - k_2 \frac{\Delta T^2}{E_g}; \qquad (1)$$

де, η_0 – оптичний ККД колектора;

k_1, k_2- коефіцієнти, що враховують геометричні характеристики *КСЕ;*

ΔT – різниця середньої температури теплоносія в колекторі з температурою з температурою навколишнього середовища,*К ;*

E_g – густина, падаючого на площину КСЕ, сонячного випромінювання, *Вт/м*^{2}.

Оптичний ККД зазвичай дорівнює близько 0,95[1], але це при умові, що сонячно, падіння променів відбувається під прямим кутом до площини КСЕ.

При інших умовах зменшення оптичного ККД значно зменшить загальну ефективність колектора. Тому оцінювати роботу КСЕ за допомогою миттєвого ККД є не коректним. Для цього існує характеристика коефіцієнта використання φ, який залежить від пори року, та відношення мінімального критичного потоку сонячної радіації (відповідає питомим втратам теплоти в колекторі) до середньої сумарної радіації у певні години, що падає на поверхню, H_c/H_{cp} (дані щодо середньої радіації визначаються трирічними спостереженнями)[2]. Приклад такої залежності вказано на графічних залежностях (рис.1) для американського містечка Блухілл. Криві побудовані для 10-11 та 13-14 години, роки 1949-1951 рік [1]:

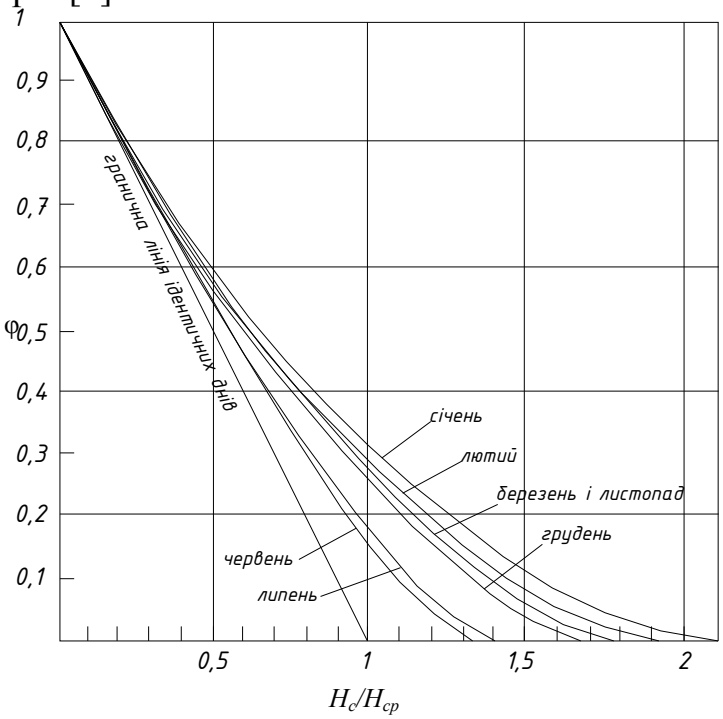

Рис.1. *Залежність коефіцієнта використання від відношення H_c/H_{cp}*

Якщо робити поправку на коефіцієнт *φ,* то годинний ККД для умов (рис.1) падає до 0,21, при η_0 = 0,95[1].

Якщо ж розглядати річну ефективність КСЕ, включаючи ночі, то вона стає взагалі мізерною. Саме тому ССТ комплектуються додатковими джерелами енергії, масивними добовими акумуляторами теплоти, що значно збільшує вартість і ускладнює системи. Низька середньорічна ефективність колектора спонукає до пошуку нових науково обґрунтованих рішень в конструюванні КСЕ.

Формулювання мети і задач. Оскільки, основною перешкодою для ефективнішої роботи КСЕ, при недостатньому сонячному випромінюванні, є недогрів ПЕ, то очевидно, що його необхідно догрівати. Найбільш простіше це можна зробити за рахунок електроенергії, пропустивши через ПЕ струм.

Основна частина. Таке фізичне явище, згідно закону закон Джоуля-Ленца, описується рівнянням,

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t; \qquad (2)$$

де, Q – кількість теплоти, *Вт*;

I – сила струму, A;

R – електричний опір, *Ом*;

t – час проходження струму через провідник, *с*.

Це означає, що виникає необхідність пошуку відповідного матеріалу для ПЕ, який би володів не гіршими ніж вище згадані метали, теплотехнічними властивостями, а також достатнім електричним опором. З існуючих матеріалів такими властивостями володіють вуглеграфітові текстильні тканини. Важливими теплотехнічними властивостями ПЕ теплових КСЕ є поглинаюча здатність, теплопровідність та температуропровідність. Поглинаюча здатність матеріалу залежить від фізичних властивостей матеріалу, його шорсткості та структури. Таку властивість досить важко визначити. В літературних джерелах зустрічається досить малий перелік матеріалів для яких точно відома поглинаюча здатність, але точно можна сказати, що у металів ця характеристика є досить малою. Тому поглинаючим елементам КСЕ надають селективне покриття, яке досить дороге і технологія отримання є складною. Об'ємні, макро- і мікропористі вуглеграфітові тканини мають досить високу селективність за рахунок своєї розгалуженої об'ємної шорсткості і не потребують додаткових покриттів. Температуропровідність – важлива теплотехнічна характеристика, що показує швидкість розповсюдження температури по матеріалу і визначається з рівняння,

$$\chi = \frac{\lambda}{c_p \cdot \rho} \qquad (3)$$

Де, λ – коефіцієнт теплопровідності,*Вт/(м·К)*;

c_p – ізобарна теплоємність, *кДж/(кг·К)*;

ρ – густина, *кг/м*^{3}.

Що стосується електричного опору, то вуглеграфітова тканина помітно випереджає згадувані метали, що згідно формули (2) дозволяє застосовувати малі сили струму, забезпечуючи тим самим безпеку експлуатації. Також важливо, що гнучкі нагрівачі на основі вуглецевих тканин широко розповсюджені в медицині та побуті (грілки, теплі ковдри). У таблиці приведені основні теплотехнічні характеристики класичних для геліотехніки металів та вуглеграфітової тканини.

Таблиця

Теплотехнічні властивості матеріалів

Назва матеріалу	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Теплоємність, кДж/(кг·К)	Густина, кг/м^3	Температуропровідність, м^2/с	Електричний опір, Ом·м	Селективне покриття
Алюміній	211	0,93	2675	0,085	0,0271	Так
Мідь	385	0,385	8795	0,114	0,0175	Так
Сталь	47,6	0,72	7850	0,008	0,14	Так
Вуглерафітова тканина	287	0,72	2200	0,181	0,6	Ні

Використання таких КСЕ з електричним підігрівом ПЕ дозволяє використовувати його цілодобово протягом року. При недостатній кількості

сонячної радіації взимку чи у похмурі дні ПЕ підігрівається до необхідної температури електроенергією, а вночі колектор працює як звичайний електрокалорифер. Стає можливим використання багатотарифної системи обліку електроенергії.

Висновки. Отже, використання вуглеграфітових тканини у якості ПЕ для КСЕ відкриває нові можливості у впровадженні ССТ. При цьому не погіршуються теплотехнічні характеристики ПЕ і з'являється можливість простого та ефективного використовувати додаткове джерело енергії в колекторі. Застосування ССТ на основі таких комбінованих колекторів можливе у багатьох галузях економіки, зокрема, промисловості, будівництві, агропромисловому комплексі. Системи вентиляції та повітряного опалення , сушарки зернових та фруктів, системи вентиляції громадських будівель (пасивний дім), у яких за європейськими стандартами має бути механічна система вентиляції. Для впровадження таких КСЕ в ССТ на стадії проектування необхідно розробити методики їх інженерного розрахунку на основі теоретичних та експериментальних досліджень теплотехнічних та аеродинамічних характеристик.

Література

1. *Даффі Дж. А. Бекман У.А.* Тепловые процессы с использованием сонлечного излучения. М.: Мир, 1977 г. – 413 с.
2. Hottel H.C. Whillier A., Evaluation of Flat-Place Collector Perfomance of Flat-Plate Solar Collectors, Transaction of the Conference on the Use of Solar Energy, University of Arizona Press, Vol. 2, Part I, 74, 1968.
3. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. Изд. 2-е, стереотип. М.: Энергия, 1977.-344с.

Аннотация

В статье рассмотрены особенности строения современных тепловых солнечных коллекторов и проблемы их использования. Описан совершенно новый вид коллектора солнечной энергии с электроподогревом на основе углеграфитовых тканей. Приведено сравнительную характеристику таких тканей с существующими материалами, используемыми в качестве абсорберов и доказана целесообразность их использования для целей солнечного теплоснабжения. Определены проблемы и задачи дальнейших исследований в этом направлении.

Annotation

The paper considers structural features of modern solar collectors and problems using them. We describe a completely new type of solar energy collector electrically based graphitic tissues. A comparison of tissue characterization with existing materials used as absorbers and proved the feasibility of their use for solar heating. Identified problems and problems for further research in this direction.