

УДК 62-67

ПАСІЧНИК П.О., ШВАЧКО Н.А., БЛАН Р.В.,  
МИРОНОВА Л.О.  
Київський національний університет будівництва і архітектури

### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРЯНИХ ГЕЛІОСИСТЕМ ЗА РАХУНОК ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

**Мета.** Розробка рішень щодо підвищення ефективності повітряної геліосистеми, розробленої на основі повітряного сонячного колектору з абсорбером із вуглеграфітової тканини.

**Методика.** Ретельний аналіз факторів, які впливають на погіршення ефективності повітряних геліосистем та інженерна розробка технічних рішень для усунення цих факторів.

**Результати.** Описано схему використання енергії вітру для підвищення ефективності повітряних геліосистем. Розроблено інженерна методика розрахунку такої схеми у вигляді номограми для вибору обладнання.

**Наукова новизна.** Вперше запропоновано спосіб використання енергії вітру для підвищення ефективності повітряних геліосистем.

**Практична значимість.** Розроблено методику інженерного розрахунку геліосистем з використанням енергії вітру на основі реального обладнання.

**Ключові слова:** сонячний повітропідігрівач, вуглеграфітова тканина, енергія вітру, геліотехніка.

**Вступ.** Головною причиною низької адаптованості геліосистем теплопостачання в реальні енергозатратні галузі промисловості та народного господарства є доволі низька ефективність цих систем і їх елементів. Основним елементом будь-якої геліосистеми є сонячний колектор. Його ефективність суттєво залежить від мінливих погодних умов, таких як напрям та сила вітру, хмарність, туманність і т.д. Відомі шляхи збільшення ефективності колекторів – це зменшення тепловтрат колектора, збільшення ефективності відводу теплоти від абсорбера, оптимізація способу установки колекторів (кут нахилу, орієнтація і т.д.). Дослідженню цих шляхів присвячено багато наукових та інженерних праць [1-4], в яких досить широко описані ті чи інші методи оптимізації технічних характеристик сонячних нагрівачів. Та все ж при розробці нових, нестандартних конструкцій сонячних теплових колекторів з'являється необхідність в пошуку нестандартних шляхів підвищення їх ефективності.

Єдиним корисним використанням енергії вітру може бути її перетворення в електричну енергію. Важливою проблемою у генерації електроенергії є нестабільність вітрового потоку, що призводить до використання коштовних інверторів, акумуляторів, стабілізаторів та ін. Використання нових типів сонячних повітропідігрівачів з абсорбером із електропровідної вуглеграфітової тканини [5,6] дає можливість подавати «брудну» електроенергію відразу з вітрогенератора на нагрівач перетворюючи її в корисну теплову енергію.

**Мета.** Розробка рішень щодо збільшення ефективності повітряної геліосистеми, розробленої на основі повітряного сонячного колектора з абсорбером із вуглеграфітової тканини.

**Постановка задачі.** Аналіз впливу інтенсивності вітру на теплові втрати сонячного

колектора. Розробка схеми сумісної роботи сонячного повітропідігрівача та вітрогенераторів.

### 1. Вплив інтенсивності вітру на ефективність сонячного теплового колектору.

Однією з визначальних енергетичних характеристик сонячних колекторів є коефіцієнт відведення теплоти від колектору  $F_R$  [7]:

$$F_R = \frac{G \cdot c_p}{U_L} \left( 1 - e^{\frac{-U_L \cdot F'}{G \cdot c_p}} \right), \quad (1)$$

де  $G$  - витрата теплоносія через колектор, кг/с;  $c_p$  - питома теплоємність теплоносія, кДж/(кг·К);  $U_L$  - повний коефіцієнт тепловтрат сонячного колектора, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $F'$  - коефіцієнт ефективності поглинача сонячної енергії.

Повний коефіцієнт теплових втрат геліоколектору рівний [7]:

$$U_L = U_1 + U_b, \quad (2)$$

де  $U_1$  - коефіцієнт тепловтрат через світлопрозоре покриття колектора, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $U_b$  - коефіцієнт тепловтрат через дно і бокові стінки колектору, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

$$U_1 = \left( \frac{1}{\alpha_{A-C}^K + \alpha_{A-C}^P} + \frac{1}{\alpha_{C-NC}^K + \alpha_{C-NC}^P} \right)^{-1}, \quad (3)$$

де  $\alpha_{A-C}^K$  - коефіцієнт теплопередачі конвекцією від абсорбера до світлопрозорого покриття Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_{A-C}^P$  - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням від абсорбера до світлопрозорого покриття Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $\alpha_{C-NC}^K$  - коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від світлопрозорого покриття до навколишнього середовища;  $\alpha_{C-NC}^P$  - коефіцієнт теплопередачі випромінюванням між світлопрозорим покриттям і навколишнім середовищем.

Вітер впливає на коефіцієнт  $F_R$  лише через  $\alpha_{C-NC}^K$ , який розраховується згідно [7]:

$$\alpha_{C-NC}^K = 5,7 + 3,8 \cdot V_B, \quad (4)$$

де  $V_B$  - швидкість вітру, м/с.

Зазвичай у плоских повітряних сонячних колекторах  $U_b \gg U_1$ , а  $\alpha_{C-NC}^K \gg \alpha_{C-NC}^P$  - це означає, що тепловтрати прямопропорційні швидкості вітру, який обдуває геліоколектор.

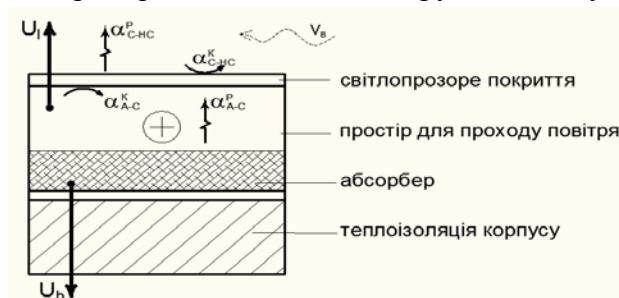


Рис. 1. Спрощена фізична модель теплообміну сонячного повітрянагрівача з навколишнім середовищем

2. Розрахунок електричної потужності вітрогенератора. При розрахунку потужності вітрогенератора спочатку визначають потужність вітрового потоку[8]:

$$P_{II} = 0,5 \cdot \rho \cdot S_P \cdot V_B^3, \quad (5)$$

де  $\rho$  - густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $S_P$  - площа круга обертання ротору.

При перетворенні механічної енергії в електричну отримуємо значні втрати енергії,

тому отримана електрична потужність буде визначатися з виразу [8]:

$$P_{BE} = 0,5 \cdot \rho \cdot S_p \cdot V_B^3 \cdot C_Z \cdot N_b \cdot N_g, \quad (6)$$

де  $C_Z$  – коефіцієнт використання енергії вітру (0,35 - гарний конструктив);  $N_b$  – ККД генератора (0,6 для автомобільного, 0,8 для генератора на постійних магнітах);  $N_g$  – ККД підвищувального редуктора (0,7-0,9).

### 3. Сумісна робота вітрогенератора і сонячного теплового колектора.

Електротехнічні властивості вуглеграфітових тканин [9] дозволяють ефективно використовувати їх у якості електронагрівачів. Застосовуючи такі тканини у якості абсорбера для повітряних геліоколекторів, виникає можливість догрівати теплоносії за рахунок електроенергії. Для нівелювання тепловтрат повітряним геліоколектором, які спричинені омиваючим його вітром, необхідно застосовувати малі вітрогенератори. (рис.2). У відомих вітрових системах генерації електричної енергії [8] у ланцюгу з генератором також розміщений інвертор (перетворювач постійного струму в змінний), акумулятор, стабілізатор напруги (для приведення параметрів струму у відповідність з вимогами мережі). Всі перераховані елементи складають 50-60% від вартості всього вітрогенератора. Для вказаної схеми додаткові елементи непотрібні. Оскільки для України зони найбільшої інтенсивності сонячного випромінювання майже збігаються із зонами найпотужніших вітрів [10], то при застосуванні запропонованої схеми, можна знівелювати втрати теплоти геліоколектора за рахунок електроенергії, що виробляється на вітряку.

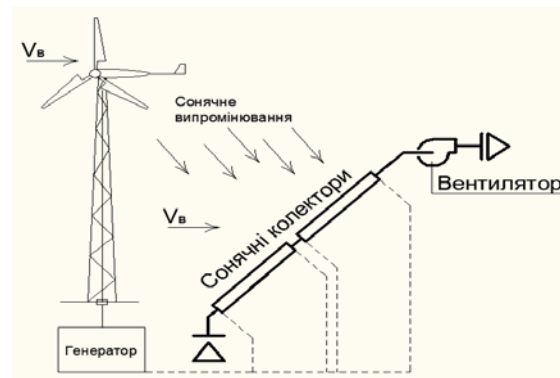


Рис.2. Схема сумісної роботи сонячного повітропідігрівача та вітрогенератора малої потужності

По наведеними вище розділам статті можна побудувати залежність для інженерного підбору вітрогенераторів малої потужності для сонячних повітропідігрівачів. На рис.3 наведено розроблену авторами номограму для підбору вітряків компанії Winder [11] для комбінованих сонячно-електричних повітропідігрівачів [5]. На діаграмі приведено чотири типорозміри вітряків (Т06 – 600Вт, Т12 – 1200 Вт, Т23 – 2300 Вт, W6 – 5 кВт ) при різних різницях температур світлопрозорого покриття та навколишнього середовища. Суцільні лінії вказують втрати теплоти, які спонукає вітер,  $1 \text{ м}^2$  середньостатистичного повітряного геліоколектора; пунктирними лініями показано кількість енергії отриманої від вітрогенератора. По осі ординат розміщена швидкість вітру, по осі абсцис теплова потужність.

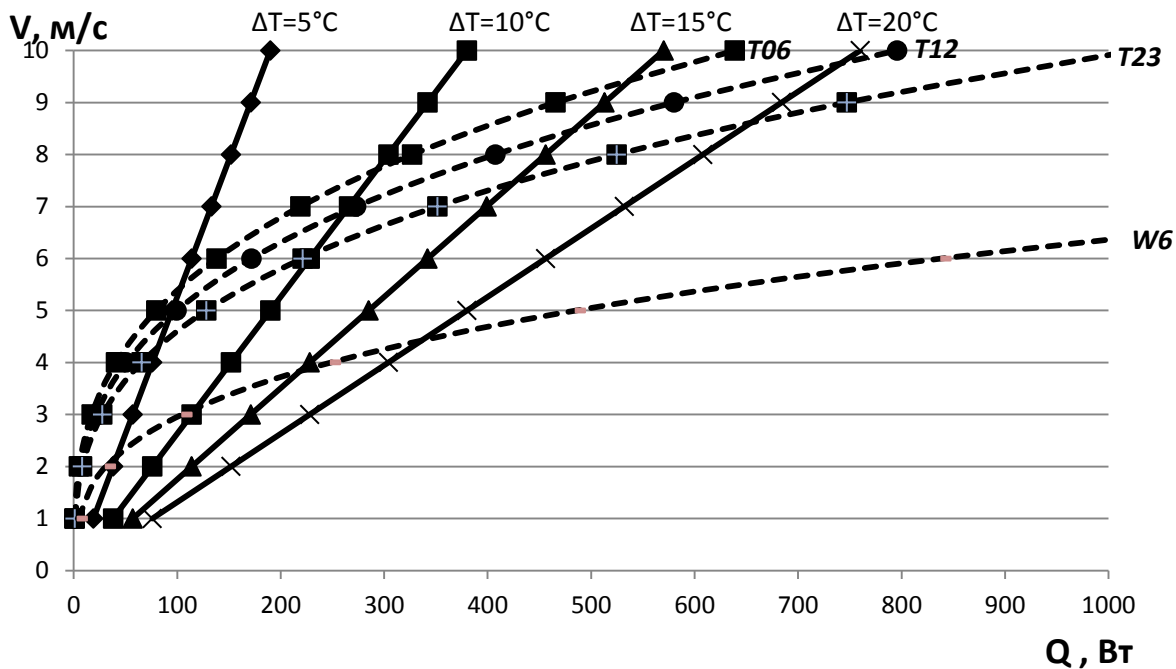


Рис.3. Номограма підбору вітрогенераторів малої потужності Winder для сонячних повітропідігрівачів з абсорбером із вуглеграфітової тканини

#### Висновки:

В результаті проведених досліджень:

- проаналізовано механізм негативного впливу вітру на ефективність сонячних колекторів;
- спосіб нівелювання цього впливу за рахунок впровадження у геліосистеми вітрогенераторів малої потужності;
- побудовано номограму для інженерного розрахунку комбінованої схеми використання вітрової та сонячної енергії на основі існуючих вітрогенераторів малої потужності та повітрянагрівачів з абсорбером, виготовленим із вуглеграфітової тканини.

#### Список використаних джерел

1. Аvezов Р.Р., Повышение эффективности использования низкопотенциальных солнечных нагревателей в системах теплоснабжения. Дис. ... докт.техн.наук – Ташкент, 1990 – 452 с.
2. Приймак А.В. Гелиосистема теплоснабжения с воздушным коллектором солнечной энергии матричного типа. Дис. ... канд.техн.наук – Киев, 1989 – 177 с.
3. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. Оценка теплогидравлической эффективности лучепоглощающих поверхностей солнечных воздушных нагревателей // Гелиотехника, 2005 №2. – С. 45-48.
4. Jaurker A.R., Saini J.S., Gandhi B.K., Heat transfer coefficient and friction characteristics of rectangular solar air heater duct using rib-grooved artificial roughness // Solar Energy, 2006 80(8). – P.895-907.
5. Пасічник П.О., Сонячно-електричний повітряний тепловий колектор. Патент України на корисну модель №975415 U, 25.03.2015.
6. Пасічник П.О., Експериментальне дослідження поглинаючої здатності абсорбера

сонячного випромінювання виготовленого з вуглеграфітової тканини // Енергоефективність в будівництві та архітектурі – Вип. 7/– К.: КНУБА, 2015. – С.194-197.

7. *Даффи Д.*, Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Д. Даффи., У. Бекман. — Москва: Мир, 1977. 354 с.

8. *Шефтер Я.И.*, Ветронасосные и ветроэлектрические агрегаты / Я.И. Шефтер, И.В. Рождественский. – Москва: Колос, 1967. – 376 с.

9. *Пасичник П.О., Приймак О.В.*, Аналіз властивостей текстильних матеріалів для поглинаючого елемента повітряного колектора сонячної енергії // Енергоефективність в будівництві та архітектурі – Вип. 4/– К.: КНУБА, 2013. – С.201-204.

10. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010 «Будівельна кліматологія». – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

11. Компанія Winder: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://winder.ua> .

### References

1. *Avezov R.R.* Povyshenie effektivnosti ispolzovaniya nizkopotentsialnykh solnechnykh nagrevateley v sistemah teplosnabzheniya. Dis. ... dokt.tehn.nauk – Tashkent, 1990 – 452 p.

2. *Priymak A.V.* Geliosistema teplosnabzheniya s vozdushnyim kollektorom sonlnechnoy energii matrichnogo tipa. Dis. ... kand.tehn.nauk – Kiev, 1989 – 177 p.

3. *Abbasov E.S., Umurzakova M.A.* Otsenka teplogidravlicheskoj effektivnosti luchepogloschayuschih poverhnostey solnechnykh vozdushnykh nagrevateley // Geliotekhnika, 2005 №2. – P. 45-48.

4. *Jaurker A.R., Saini J.S., Gandhi B.K.*, Heat transfer coefficient and friction characteristics of rectangular solar air heater duct using rib-grooved artificial roughness // Solar Energy, 2006 80(8). – P.895-907.

5. *Pasichnik P.O.*, Sonyachno-elektrychnyy povitryanny teplovyy kolektor. Patent Ukrainy na korysnu model' #975415 U, 25.03.2015.

6. *Pasichnik P.O.*, Eksperimentalne doslidzhennya pohlynayuchoyi zdatnosti absorbera sonyachnogo vipromInyuvannya виготовленого з вуглеграфітової тканини – Vol. 7/– К.: КНУБА, 2015. – 194-197 p.

7. *Daffi D.*, Teplovyie protsessyi s ispolzovaniem solnechnoy energii / D. Daffi., U. Bekman. — Moskva: Mir, 1977. 354 p.

8. *Shefter Y.I.*, Vetronasosnyie i vetroelektricheskie agregaty / Ya.I. Shefter, I.V. Rozhdestvenskiy. – Moskva: Kolos, 1967. – 376 p.

9. *Pasichnik P.O., Pryymak O.V.*, Analiz vlastyivostey tekstyl'nykh materialiv dlya pohlynayuchoho elementa povitryanoho kolektora sonyachnoyi enerhiyi // Enerhoefektyvnist' v budivnytstvi ta arkhitekturi – Vyp. 4/– К.: КНУБА, 2013. – P.201-204.

10. DSTU-N B V.1.1 – 27:2010 «Budivel'na klimatolohiya». – Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2011. 123 s.

11. Company Winder: [Electronic resource]. - Access mode: <http://winder.ua> .

*Рекомендовано до публікації д.т.н., проф. Приймаком О.В.*

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ГЕЛИОСИСТЕМ ЗА СЧЕТ ЭНЕРГИИ ВЕТРА

ПАСЕЧНИК П.А., ШВАЧКО Н.А., БИЛАН Р.В., МИРОНОВА Л.А.

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

**Цель.** Разработка решений по повышению эффективности воздушной гелиосистемы, которая разработана на основе воздушного солнечного коллектора с абсорбером из углеграфитовой ткани.

**Методика.** Глубокий анализ факторов, которые влияют на ухудшение эффективности воздушных гелиосистем и инженерная разработка технических решений для нейтрализации этих факторов.

**Результаты.** Описано схему использования энергии ветра для повышения эффективности воздушных гелиосистем. Разработано инженерный метод расчета такой схемы в виде номограммы для выбора оборудования.

**Научная новизна.** Впервые предложено способ использования энергии ветра для повышения эффективности воздушных гелиосистем.

**Практическая значимость.** Разработано методику инженерного расчета гелиосистем с использованием энергии ветра на основе реального оборудования.

**Ключевые слова:** *солнечный воздухоподогреватель, углеграфитовая ткань, энергия ветра, гелиотехника.*

## RESEARCH CONVECTIVE HEAT TRANSFER FROM SOLAR AIR HEATER ABSORBERS, WHICH IS MADE OF CORRUGATED CARBON TEXTILE

PASICHNIK P., SHVACHKO N., BILAN R., MIRONOVA L.

*The Kiev National University of Construction and architecture*

**Purpose** is to develop the solutions to improve the efficiency of solar air system, which is developed on the basis of an air solar collector with an absorber of carbon fabric.

**Methodology.** The deep analysis is made to show the factors that affect the deterioration of the air solar system efficiency and engineering development of technical solutions to neutralize these factors.

**Results.** It is described wind energy scheme which improves the efficiency of air solar systems. The engineering calculation method of such scheme is developed in the form of a selection nomogram for the equipment.

**Scientific novelty.** For the first time a way to use wind power to improve the efficiency of air solar plants is proposed.

**Practical value.** Engineering calculation method for solar systems using wind power based on the real equipment is developed.

**Keywords:** *solar air heater, carbon textile, wind power, solar technology.*