

УДК 620.97

## Аналітичне моделювання впливу повітряного потоку на роботу геліоколектора з прозорим покриттям

О.М. Пона

аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», [ostap.pona@gmail.com](mailto:ostap.pona@gmail.com)

*У цій статті досліджено вплив повітряного потоку на ефективність геліопокрівлі. Встановлено залежності між різними швидкостями і напрямками повітряного потоку та енергетичною ефективністю геліопокрівлі з прозорим покриттям. Виконано теоретичні розрахунки впливу повітряного потоку на енергетичну ефективність геліопокрівлі. Розроблена математична модель процесу тепловіддачі від геліопокрівлі, під дією вітру, при різних швидкості та напрямку повітряного потоку.*

*Ключові слова: геліопокрівля, сонячне випромінювання, повітряний потік, коефіцієнт тепловіддачі.*

**Вступ.** Рациональне та економне використання природних ресурсів, скорочення шкідливих викидів в атмосферу та ефективне використання теплової енергії набувають необхідного стратегічного значення у сучасному суспільстві. Необхідність підвищення рівня енергетичної безпеки є одним з головних завдань нашої держави на сучасному етапі. В регіонах України є всі передумови для інтенсивного використання значного потенціалу нетрадиційних джерел енергії. У зв'язку із цим планується розвиток не тільки атомної енергетики, але і нетрадиційних поновлюваних джерел енергії. Необхідність заміни не відновлювальних джерел енергії пов'язана не тільки з їх вичерпуванням, а й з небезпекою планетарного масштабу, яка створюється через спалювання вугілля, нафти, газу, торфу та збільшенням вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері.

Різке загострення взаємопов'язаних енергетичних і екологічних проблем викликало значний інтерес щодо використання поновлюваних джерел енергії та технологій з низьким викидом парникових газів. Застосування систем сонячного теплопостачання, не пов'язаних з викидом парникових газів, дає змогу значно скоротити використання енергоресурсів, що є одним із найголовніших завдань XXI ст. Розвіданих запасів нафти людству вистачить на 50-100 років видобування, природного газу – на 150-200 років. Запаси вугілля дещо більші, однак основні його поклади зосереджені на великій глибині (понад 1000 м), що часто призводить до нещасних випадків та збільшує вартість його видобування. Крім того, спалювання викопних палив погіршує екологічну ситуацію на планеті та призводить до виникнення глобального потепління. Паливно-енергетичні ресурси з кожним роком стають дорожчими як для промисловості, так і для населення.

Сонячна енергія – це невичерпне відновлюване джерело екологічно чистої енергії. Кількість сонячної енергії, що надходить на земну поверхню, в 10 тисяч

разів більша від світового загального споживання енергії. Середньорічна кількість сонячної енергії, яка поступає за 1 день на  $1 \text{ м}^2$  поверхні Землі, коливається від  $7,2 \text{ МДж/м}^2$  на півночі до  $21,4 \text{ МДж/м}^2$  на півдні [2]. Міжнародним енергетичним агентством в 2007 році встановлено, що використання лише 1,5% кількості випромінюваної енергії Сонця могло б забезпечити всі сьогоденні потреби світової енергетики, а реалізація 5% – повністю покрити потреби на перспективу.

**Актуальність дослідження.** Україна задовольняє свої потреби в природних енергоресурсах за рахунок власного їх видобутку приблизно на 45 %. Сьогодні, коли зростає вартість традиційних джерел енергії, важливим є використання альтернативних або нетрадиційних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, геотермальна, гідроенергія, біоенергія тощо. Найбільш потужним джерелом енергії для людства є Сонце, яке буде світити ще щонайменше 3-4 мільярди років. Річна кількість сонячної енергії майже в 15 000 разів перевищує потреби населення нашої планети, проте лише незначна її частина використовується на господарські потреби. Для перетворення сонячної енергії в теплову використовують сонячні колектори (геліосистеми). Важливим є підвищувати їх ефективність та одночасно зменшувати вартість.

**Постановка проблеми.** Існує багато різноманітних конструкцій сонячних колекторів для забезпечення побутових та технологічних потреб. Але вони мають недоліки: висока вартість та низька енергетична ефективність. На даний час необхідним є впровадження нових і вдосконалення існуючих сонячних колекторів, які б дозволили підвищити їх міцність та знизити вартість. Тому важливим є вивчення всіх факторів, які впливають на роботу сонячних колекторів для пошуку оптимальних режимів його роботи.

**Метою** роботи є здійснення теоретичних розрахунків впливу повітряного потоку на енергетичну ефективність геліопокрівлі з прозорим покриттям. Важливим є визначити, як змінюється ефективність геліопокрівлі при дії на неї повітряного потоку.

**Виклад основного матеріалу.** В даній роботі розроблена математична модель процесу тепловіддачі прозорого покриття геліопокрівлі, під дією вітру, при різній швидкості та напрямку повітряного потоку. Тепловіддача під час обтікання плоскої поверхні залежить від швидкості та температури повітряного потоку.

Схема геліопокрівлі зображена на рис. 1.

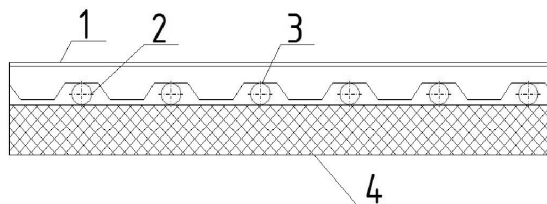


Рис. 1. Схема геліопокрівлі:

1 – прозоре покриття; 2 – трубки контуру циркуляції; 3 – теплопоглинач; 4 – теплоізоляція.

Геліопокрівля працює наступним чином: сонячне проміння надходить на поглинач сонячної енергії. При цьому відбувається їх нагрівання. За рахунок

різниці температур, та відповідно різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків створюється циркуляція теплоносія. Нагрітий теплоносій через подаючий трубопровід подається у бак-акумулятор гарячої води. Нагріта вода через патрубок подається споживачу. Охолоджений теплоносій по зворотньому трубопроводу повертається у геліпокрівлю, і нагрівається. Спуск води з бака-акумулятора відбувається через патрубок. Випуск повітря – через повітровипускний клапан. Прозоре покриття забезпечує зменшення тепловтрат.

Визначальними факторами були вибрані такі величини:

-  $x_1$  – швидкість повітряного потоку  $V$ , м/с [2; 6];

-  $x_2$  – напрям повітряного потоку  $\pm \psi$ , °[0; 180];

Розрахунок тепловіддачі при поперечному обтіканні повітрям пучка гладких труб здійснювався за формулою:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{l} \quad (1)$$

де,  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup> · К);  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності повітря, Вт/(м · К);  $l$  – ширина прозорого покриття, м.

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі при  $Re < 5 \cdot 10^5$ , критерій Нуссельта визначався за критеріальним рівнянням:

$$Nu = 0,67 \cdot Re^{0,5} \cdot Pr^{0,33} \quad (2)$$

де,  $Pr$  – критерій Прандтля;  $Re$  – число Рейнольдса, визначалось за критеріальним рівнянням:

$$Re = \frac{V \cdot l}{\nu} \quad (3)$$

де,  $V$  – швидкість повітряного потоку, м/с;  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м<sup>2</sup>/с.

Визначальним розміром у формулах є ширина прозорого покриття, а визначальною температурою – середнє значення температури повітряного потоку.

Вводилась поправка на напрям повітряного потоку:

$$\alpha_f = \alpha_n \cdot k \quad (4)$$

де,  $k$  – поправний коефіцієнт на напрям повітряного потоку.

Результати розрахунків зведено в таблицю 1 та зображено на рис. 2.

Таблиця 1

Результати розрахунків					
$V$ , м/с	$\psi$ , °	$Re$	$Nu$	$\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> · К)	$\alpha_f$ , Вт/(м <sup>2</sup> · К)
2	90	78226	166	7,25	7,25
4	90	156454	235	10,26	10,26
6	90	234681	288	12,56	12,56
2	45	78226	166	7,25	5,98
4	45	156454	235	10,26	8,46
6	45	234681	288	12,56	10,36
2	0	78226	166	7,25	4,71
4	0	156454	235	10,26	6,67
6	0	234681	288	12,56	8,16

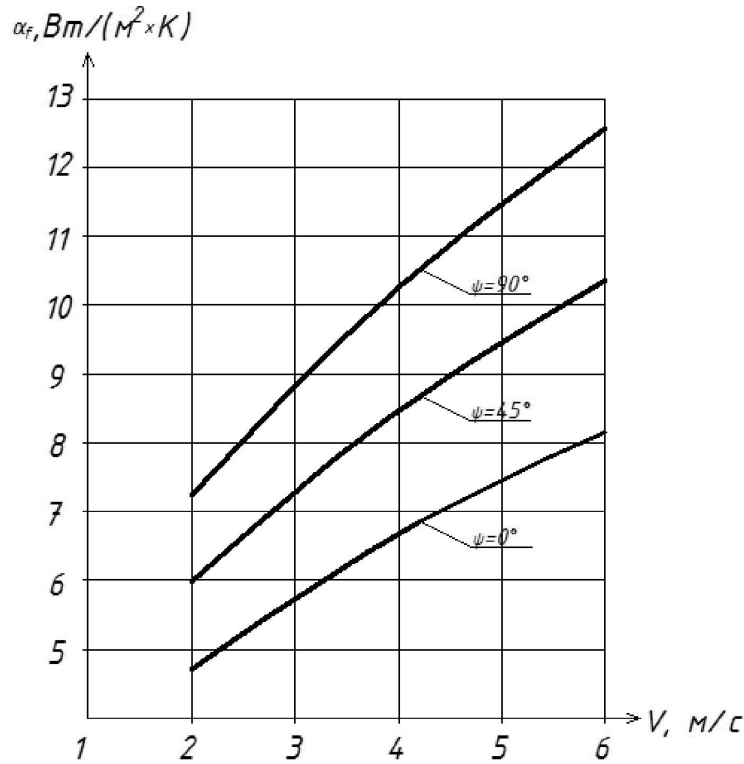


Рис. 2. Залежність коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_f$  від швидкості  $V$  та напрямку  $\psi$  повітряного потоку геліопокрівлі з прозорим покриттям

За результатами отримана емпірична формула:

$$\alpha_f = 2,09 + 1,45V + 0,02\psi - 0,07V^2 + 0,005V\psi + 8,23 \cdot 10^{-7}\psi^2, \quad (5)$$

Проаналізувавши результати, можна зробити висновок, що вплив вітру на коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_f$  є меншим при напрямку повітряного потоку  $0^\circ$ . Так, при швидкості повітряного потоку 4 м/с та напрямку повітряного потоку  $0^\circ$  коефіцієнт тепловіддачі, становить 6,67 Вт/(м<sup>2</sup> · К), тоді як коефіцієнт тепловіддачі при напрямку повітряного потоку  $90^\circ$  становить 10,26 Вт/(м<sup>2</sup> · К).

**Висновок.** Важливим фактором який впливає на енергетичну ефективність геліопокрівлі є вплив повітряного потоку. При збільшенні напрямку повітряного потоку до  $90^\circ$  коефіцієнт тепловіддачі геліопокрівлі з прозорим покриттям збільшується, що говорить про зменшення ефективності геліопокрівлі. Дослідження показали, що для підвищення ефективності геліопокрівлі важливим є зменшення впливу повітряного потоку на неї конструктивно його слід обмежувати екраном.

#### Література

1. *Wiśniewski G., Gołębiowski S., Grycik M.* i in. Kolektory słoneczne: energiasłoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle. – Warszawa : " Medium" , 2008. – 201 s.
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 теплопостачання 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 НУ "ЛП", 2009. – № 655. – С. 299-302.

### **Аналитическое моделирование влияния воздушного потока на работу гелиокровли с прозрачным покрытием**

О.М. Пона

*В этой статье исследовано влияние воздушного потока на эффективность гелиопокрывли. Установлены зависимости между различными скоростями и направлениями воздушного потока и энергетической эффективностью гелиопокрывли с прозрачным покрытием. Выполнено теоретические расчеты влияния воздушного потока на энергетическую эффективность гелиопокрывли. Разработана математическая модель процесса теплоотдачи от гелиопокрывли, под действием ветра, при разной скорости и направления воздушного потока.*

*Ключевые слова: гелиокрыша, солнечное излучение, воздушный поток, коэффициент теплоотдачи.*

### **Analytical modeling of air flow on the work of helioroof with transparent cover**

О.Пона

*In this article effect of air flow on the energy efficiency of the helioroof has been investigated. The dependencies between wind velocity and its direction of air flow and energy-efficient of the helioroof has been determined. Important is to define how changes efficiency of helioroof at operating on it of of air flow and to define optimal it characteristics. A mathematical model of heat transfer from helioroof under the action of wind at different speed and direction of air flow has been developed.*

*Keywords: solar radiation, air flow, heat transfer coefficient.*

Надійшла до редакції 29.04.2015 р.