

УДК 697.92

Використання термосифонного геліоколектора для забезпечення рухомості повітря у приміщенні

Х.Р. Козак¹, В.М. Желих²

¹аспірант, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

²докт. техн. наук, доцент, Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Побудовано поля швидкості повітря в об'ємі дослідного модуля з встановленим пасивним сонячним повітрянагрівачем для різної потужності теплового випромінювання. Встановлено рівняння регресії, які відображають зміну швидкості нагрітого в термосифонному геліоколекторі струменя повітря залежно від інтенсивності теплового потоку, площі вхідного і вихідного отворів сонячного колектора та кута його нахилу. Доведено, що найбільший вплив на швидкість руху повітря струмину має площа отворів геліоколектора. Дана оцінка ефективності турбулізаторів потоку, встановлених на шляху теплоносія вздовж повітряного каналу.

Ключові слова: рухомість повітря; параметри мікроклімату; сонячна система опалення.

Вступ. Рухомість повітря в приміщенні, на рівні з температурою та відносною вологістю, суттєво впливає на комфортні відчуття і самопочуття людини. Відсутність руху повітря в приміщенні сприймається часто як дискомфорт. Причина дискомфорту полягає у тому, що навколо людини утворюється свого роду повітряна оболонка насичена вологою, що в свою чергу погіршує тепловіддачу людського тіла. Легкий рух повітря запобігає утворенню такого явища. З іншого боку надмірна швидкість руху повітря викликає збільшення тепловтрат людським організмом і призводить до його переохолодження.

Аналізувати швидкість руху повітря як окремий параметр мікроклімату недоцільно. Для забезпечення комфортних умов потрібно рухомість повітря розглядати спільно з його температурою і вологістю. Параметри мікроклімату визначаються в робочій зоні приміщення, тобто там, де знаходяться люди, а саме в просторі від 0,15 м від підлоги до 1,8 м по висоті і на відстані не менше 0,15 м від стін. В табл. 1 наведено оптимальні і допустимі норми температури і вологості повітря для житлової кімнати. Значення максимально допустимих швидкостей повітря зображено на рис. 1 [1].

Якщо в житловому будинку з класичною системою опалення та вентиляції немає суворих обмежень щодо вентилявання приміщень, то в пасивних будинках не використовується вентиляція за допомогою відкривання вікон. Оскільки пасивними будинками вважають споруди, в яких тепловий комфорт досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву або охолодження маси свіжого повітря, необхідного для підтримання в приміщеннях

повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції. Вентиляція шляхом відкривання вікон вважається вкрай марнотратною з точки зору тепловтрат і неефективною з позиції видалення забрудненого повітря. Для того, щоб забезпечити необхідну для здоров'я активність обміну повітря за допомогою вікон потрібно відкривати їх повністю на 10–15 хвилин кожні 3 години.

Таблиця 1

Оптимальні і допустимі температури та відносної вологості повітря в робочій зоні житлового приміщення

Період року	Назва приміщення	Температура повітря, °C		Відносна вологість, %	
		Оптимі-мальні	Допус-тимі	Оптимі-мальні	Допус-тимі
ХПР	Житлова кімната	20,0±2,0	22,0±3,0	25–60	25–70
ТПР		24,5±1,5	24,5±2,5		

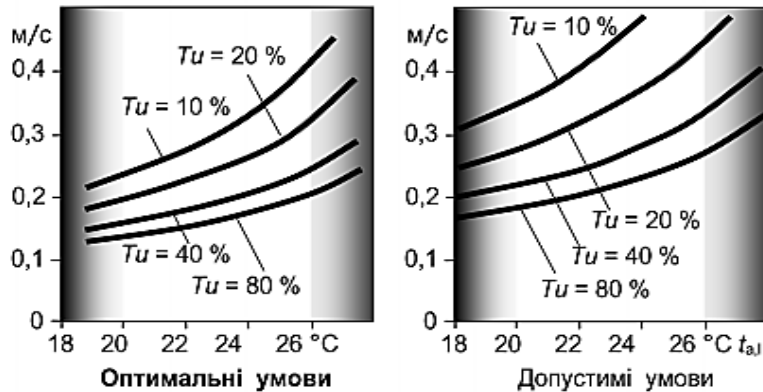


Рис. 1 Максимально допустима швидкість повітря залежно від місцевої температури повітря та інтенсивності турбулентності

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми є використання енергоощадних повітряних сонячних систем. В якості прикладу можна навести стіну Тромба (рис.2).

Влітку (рис.2а) за допомогою вільної конвекції прохолодне повітря крізь отвори у нижній частині зовнішніх захисень потрапляє в приміщення, омиває нагріту під дією сонячного випромінювання стіну і видалитися через отвори, розташовані у верхній зоні приміщення. При необхідності отвори закриваються і система працює на обігрівання (рис. 2б).

Мета та задачі дослідження. Дана робота присвячена експериментальним дослідженням швидкості руху повітря в приміщенні при застосуванні термосифонного сонячного колектора. При цьому розглядалися ситуації з різними кутами нахилу колектора та змінною інтенсивністю теплового потоку. Крім того, особлива увага наділялась визначенню впливу турбулізаторів потоку на далекобійність повітряного струменя.

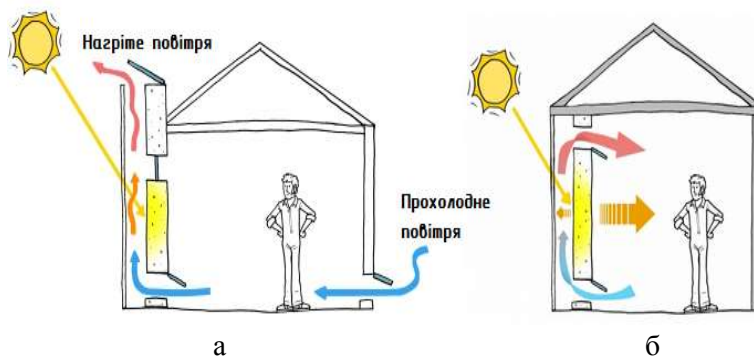


Рис. 2. Принцип роботи стіни Тромба:
а – теплий період року; б – холодний період року

Методика експериментальних досліджень. Експериментальне дослідження швидкості руху повітря в модулі з встановленим термосифонним геліоколектором проводилося на основі планування експерименту з врахуванням таких факторів як площа вхідного та вихідного отворів сонячного колектора, F [0,02–0,063 м²], інтенсивності радіаційного випромінювання, I [155–850 Вт/м²] та кута встановлення геліоколектора, α [45–90°]. Хід проведення досліджень викладено у [2].

Необхідна кількість дослідів визначалася за формулою [3]:

$$N = p^k, \quad (1)$$

де p – кількість рівнів факторів ($p = 2$); k – число факторів ($k = 3$).

Отже, кількість дослідів дорівнювала $N = 2^3 = 8$. Для визначення впливу вказаних факторів проводився повний факторний експеримент, що складався з восьми дослідів.

Функція відгуку в даному випадку є усереднена швидкість повітря в дослідному модулі \bar{v} , яка для кожного дослідів приймалась як середнє арифметичне від суми місцевих значень:

$$\bar{v} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \bar{v}_{нов.i}, \quad (2)$$

де K – кількість певних місцевих значень швидкості повітря \bar{v} ; i – порядковий номер місцевого значення швидкості повітря.

Результати факторного експерименту описувались поліномом:

$$y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{23} x_2 x_3 + b_{13} x_1 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (3)$$

де b_0, \dots, b_{123} – коефіцієнти рівняння регресії, що обчислювалися за формулою:

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} \bar{y}_i, \quad j = 0, 1, \dots, k. \quad (4)$$

де j – номер фактора; x_{ji} – кодоване значення фактора в досліді; \bar{y}_i – середнє значення змінної стану за n паралельними дослідями i -го рядка, тобто за трьома паралельними дослідями:

$$\bar{y}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_{iu}, \quad (5)$$

де u – поточний номер паралельного досліду з N вимірювань; n – число паралельних дослідів, які проводились при однакових умовах.

Матриця планування, результати досліджень та їх обробка наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Матриця планування і результати розрахунку експериментального дослідження

№	План							Змінна стану			\bar{y}
	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_2x_3	x_1x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	y_2	y_3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	–	–	–	+	+	+	–	0,12	0,13	0,14	0,13
2	+	–	–	–	+	–	+	0,10	0,10	0,12	0,11
3	–	+	–	–	–	+	+	0,22	0,20	0,21	0,21
4	+	+	–	+	–	–	–	0,19	0,18	0,18	0,18
5	–	–	+	+	–	–	+	0,16	0,14	0,15	0,15
6	+	–	+	–	–	+	–	0,12	0,12	0,14	0,13
7	–	+	+	–	+	–	–	0,17	0,16	0,18	0,17
8	+	+	+	+	+	+	+	0,10	0,10	0,11	0,10
Разом											$\Sigma 1,18$

Коефіцієнти рівняння регресії визначались за формулою (4) і дорівнюють:

$$b_0 = 0,145; b_1 = -0,018; b_2 = -0,015; b_3 = 0,017; b_{12} = -0,008;$$

$$b_{13} = -0,018; b_{23} = -0,005; b_{123} = -0,005$$

Апроксимуючий поліном набув вигляду:

$$y = 0,145 - 0,018x_1 - 0,015x_2 + 0,017x_3 - 0,008x_1x_2 - 0,005x_1x_3 - 0,018x_2x_3 - 0,005x_1x_2x_3$$

На підставі аналізу коефіцієнтів рівняння регресії можна зробити висновок, що найбільший вплив на функцію відгуку має фактор x_1 – площа вхідного та вихідного отвору геліоколектора F , m^2 , а також поєднання факторів x_1 та x_3 – площі отворів колектора та його кута нахилу, α , $^\circ$. Чисельне збільшення вхідних факторів призводить до зростання функції відгуку, а зменшення – до її спадання.

Результати експериментальних досліджень.

Рухомість повітря в експериментальному модулі характеризує рис. 3. Тут представлені поля швидкостей при різних значеннях інтенсивності теплового випромінювання, площі отворів геліоколектора та його кута встановлення.

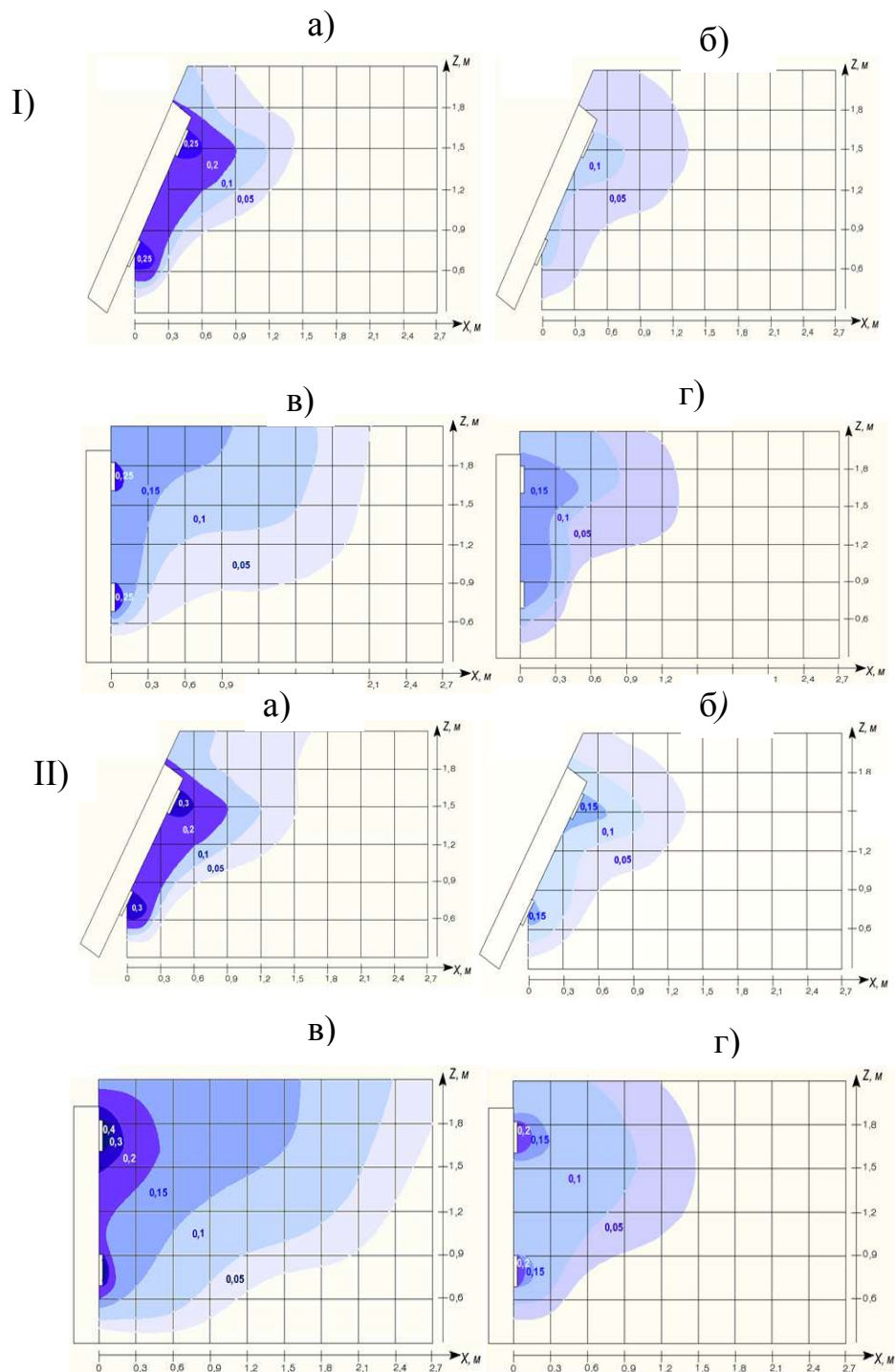


Рис.3. Поля швидкості повітря в дослідному модулі

I) без турбулізаторів потоку; II) при наявності турбулізаторів потоку
 а) $\alpha=65^\circ$; $I=850 \text{ Вт/м}^2$; $F=0,063 \text{ м}^2$; б) $\alpha=65^\circ$; $I=155 \text{ Вт/м}^2$; $F=0,021 \text{ м}^2$;
 в) $\alpha=90^\circ$; $I=850 \text{ Вт/м}^2$; $F=0,063 \text{ м}^2$; г) $\alpha=90^\circ$; $I=155 \text{ Вт/м}^2$; $F=0,021 \text{ м}^2$.

На рис. 4 представлено номограми, отримані після опрацювання результатів трифакторного експерименту.

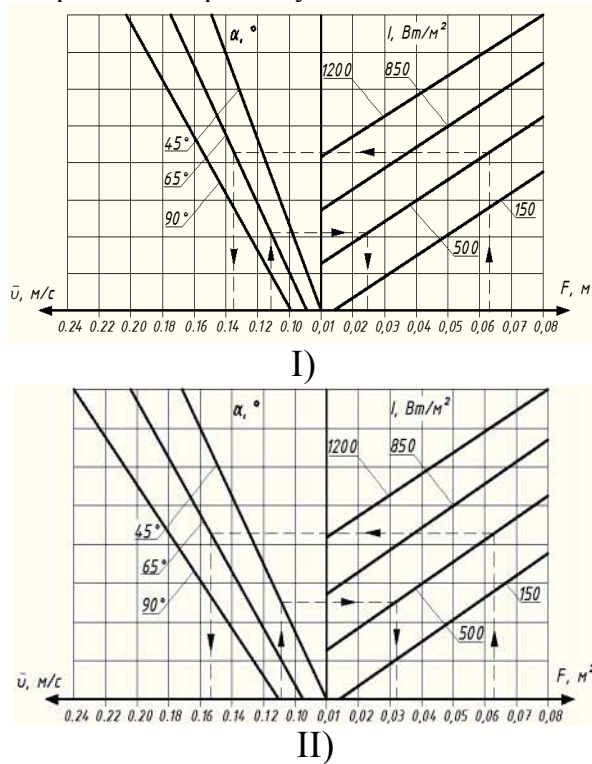


Рис. 4 Залежність усередненої швидкості нагрітої струмینی повітря \bar{v} від площі отворів геліоколектора, F , м^2 , інтенсивності теплового потоку, I , $\text{Вт}/\text{м}^2$ та кута нахилу сонячного колектора, α , $^\circ$:

I) без турбулізаторів потоку;

II) при наявності турбулізаторів потоку.

Наведені номограми були апроксимовані та отримано аналітичні залежності:

$$\text{а) } \bar{v} = 0,041 - 5,7 \cdot 10^{-4} \alpha - 2,8 \cdot 10^{-5} I + 0,4F + 0,0058F\alpha + 0,4 \cdot 10^{-6} I^2 \alpha \quad (6)$$

$$\text{б) } \bar{v} = 0,055 + 3,0 \cdot 10^{-4} \alpha + 2,4 \cdot 10^{-5} I + 0,35F + 0,004F\alpha - 0,3 \cdot 10^{-6} I^2 \alpha \quad (7)$$

З графіків видно, що найбільший вплив на величину усередненої швидкості струмینی повітря нагрітого в термосифонному геліоколекторі \bar{v} має площа вхідного і вихідного отворів колектора, F , м^2 . При незмінних значеннях кута нахилу геліоколектора, інтенсивності теплового потоку і при збільшенні площі вхідного і вихідного отворів від 0,02 до 0,06 м^2 значення відносної швидкості струмینی повітря зростає на 20%.

Слід зазначити, що при встановленні турбулізаторів потоку тепла потужність термосифонного геліоколектора зросла на 15%, а відносна швидкість потоку нагрітого повітря в середньому на 17%.

Висновки: отримано рівняння регресії для знаходження відносної швидкості струмини повітря нагрітого в термосифонному геліоколекторі залежно від інтенсивності теплового потоку, площі вхідного і вихідного отворів та кута нахилу сонячного колектора. Аналітичним та експериментальним шляхом доведено, що найбільший вплив на відносну швидкість струмини має площа отворів геліоколектора. Дана оцінка ефективності турбулізаторів потоку, встановлених уздовж потоку теплоносія в повітряному каналі колектора. Наявність завихрювачів дозволяє підвищити його ККД на 15 %, а швидкість потоку повітря на 17%, у порівнянні з плоскою теплопоглинаючою пластиною.

Література

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування, Київ, Мінрегіон України. 2013.
2. Х.Р. Лесик, В.М. Желих, Визначення полів температури та швидкості повітря в приміщенні з використанням термосифонного геліоколектора// Енергоефективність в будівництві та архітектурі, 2013. т.Вип. 4.-С. 104-108.
3. О.Т.Возняк, В.М.Желих, Основи наукових досліджень у будівництві. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2003.- С.173.
4. P. Kapalo, Analysis of Ventilation Rate and Concentrations of carbon Dioxide in the Office. - Lviv Politekhnick Publ, 2013. №756.-p.69-73.

Использование термосифонного гелиоколлектора для обеспечения подвижности воздуха в помещении.

Х.Р. Козак, В.Н. Желих

Построены поля скорости воздуха в объеме исследовательского модуля с установленным пассивным солнечным воздухомнагревателем для различной мощности теплового излучения. Установлено уравнения регрессии, отражающие изменение скорости нагретой в термосифонном гелиоколлекторе струи воздуха в зависимости от интенсивности теплового потока, площади входного и выходного отверстий коллектора и угла его наклона. Доказано, что наибольшее влияние на скорость движения воздуха струи имеет площадь отверстий гелиоколлектора. Дана оценка эффективности турбулизаторов потока, установленных на пути теплоносителя вдоль воздушного канала.

Ключевые слова: подвижность воздуха; параметры микроклимата; солнечная система отопления.

Using Thermosyphon heliocollector for mobility indoor air.

H. Kozak, V. Zhelykh

Constructed the velocity fields in the volume of air module within stalled passive solar air heater for different power thermal radiation. Established the regression equation, which reflect the change in velocity of the heated thermosyphon helio collectors air flow depending on the intensity of the heat flux, the area of the input and output openings solar collector and its angle of inclination. Proved that the greatest influence on the velocity of the air jet has an area of the solar collectors holes. Evaluated the effectiveness of the flow turbulators installed along the air passage.

Keywords: air velocity; microclimate parameters; solar heating system.

Надійшла до редакції 11.06.2014 р.