

Н.А. Сподинюк, В.М. Желих, Ю.С. Юркевич  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції  
79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12

## АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ З ІНФРАЧЕРВОНИМ ОПАЛЕННЯМ В РОБОЧІЙ ЗОНІ

© Сподинюк Н.А., Желих В.М., Юркевич Ю.С., 2007

Наведено результати досліджень параметрів мікроклімату приміщень за зміни швидкості руху повітря. Показано, що температура повітря в робочій зоні під час дії повітряних потоків істотно зростає. Ці результати можна використати під час проектування систем інфрачервоного опалення для приміщень великого об'єму.

The results of buildings microclimate's parameters at air speed of motion changing are presented in this article. They showed there was a substantial increase of temperature of air in a working area during flood air activity. These results can be used during planning of the systems of the infra-red heating for the apartments of large volume.

**Постановка проблеми.** Основні шляхи тепловтрат людини – конвекція, кондукція, випромінювання й випаровування. Частка кондуктивних тепловтрат невелика, їх можна розглядати одночасно з конвективними тепловтратами. Найбільш характерним чинником тепловтрат є випромінювання. Людина, що перебуває в закритому просторі, одержує тепло випромінюванням з різних боків, насамперед від різних обмежувальних площин або від опалювальних приладів, що випромінюють тепло [1–3]. Тепловтрати випромінюванням виникають, коли оточення, передусім внутрішні поверхні зовнішніх захищень будинку, більш холодні, ніж тіло людини. Якщо збільшити середню температуру оточення (наприклад, встановленням інфрачервоних випромінювачів), то тепловтрати за рахунок випромінювання зменшуються і можна досягти відчуття тепла, не збільшуючи температури внутрішнього повітря [4].

**Методика проведення досліджень.** На рис. 1 зображено схему установки, де проводили дослідження:

- вмикали нагрівач 4 на потужність 400 Вт і встановлювали стаціонарний режим його роботи (15–20 хв);
- заміряли значення температури повітря в приміщенні лабораторії;
- інфрачервоним пірометром 10 заміряли значення температур в точках 1-А...7-И на поверхні 5;
- за допомогою термоанемометра 9 і координатника 8 заміряли значення температур у просторі в точках 1-1'-А...7-7'-И.

Експеримент повторювали для потужностей нагрівача 800 і 1200 Вт. Вмикали вентилятор 1 і за допомогою термоанемометра 9 і шибера 7 виставляли рухливість повітря 0,2 м/с. За допомогою термоанемометра 9 і координатника 8 заміряли значення температур у просторі в точках 1-1'-А...7-7'-И за потужності нагрівача 400 Вт. Експеримент повторювали для потужностей нагрівача 800 і 1200 Вт.

Не вмикаючи вентилятор 2, за допомогою термоанемометра 9 і шибера 7 встановлювали рухливість повітря 0,35 м/с. Експеримент повторювали.

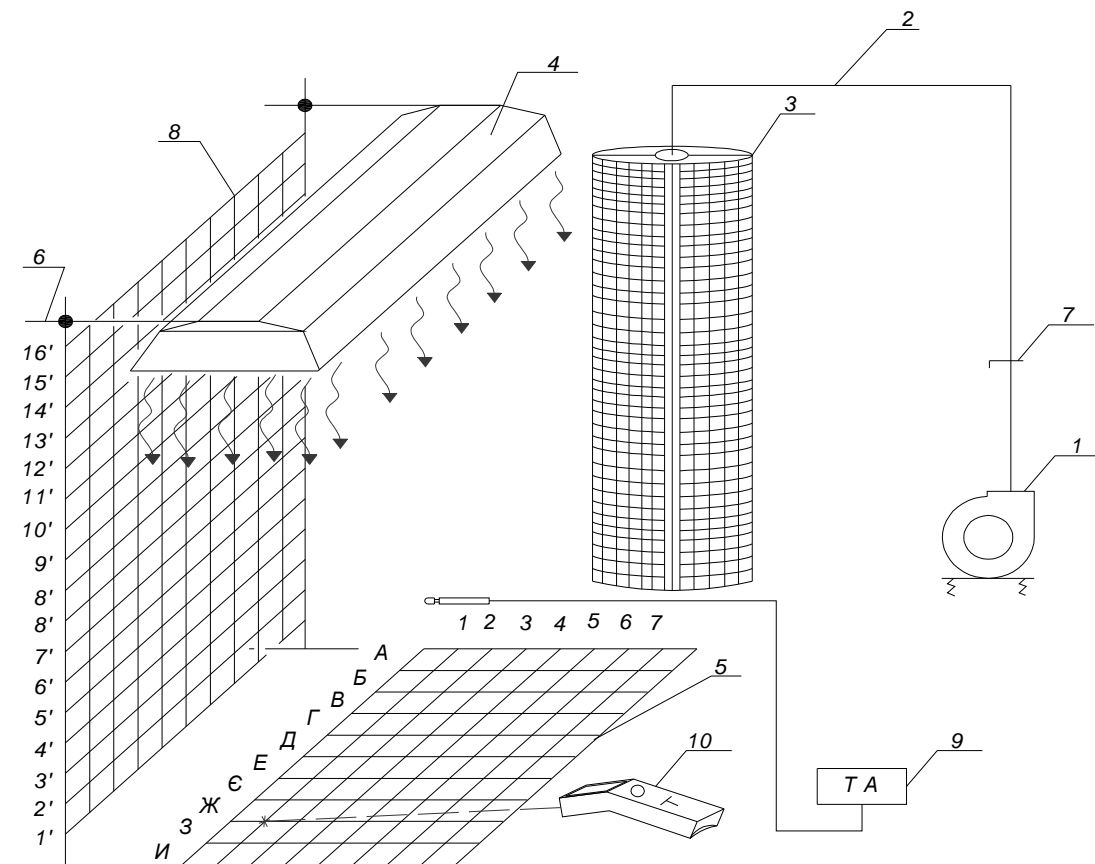


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – вентилятор; 2 – повітропровід; 3 – повітророзподільник джерельного типу; 4 – інфрачервоний нагрівач; 5 – чорна поверхня; 6 – штатив; 7 – шибєр; 8 – координатник; 9 – термоанемометр; 10 – інфрачервоний пірометр

**Планування експерименту та обробка експериментальних даних.** Експериментальні дослідження температури повітря за інфрачервоного опалення показали, що на її величину мають вплив рухливість повітря в робочій зоні  $v$  м/с, теплопродуктивність нагрівача  $Q$  Вт і висота його підвісу  $h$  м. Ці величини будуть вхідними параметрами планування експерименту. Вихідний параметр – температура повітря в робочій зоні  $t$  °С.

Область визначення вхідних параметрів:

$$Q = [400 \dots 1200] \text{Вт}, h = [0 \dots 1,8] \text{м}, v = [0 \dots 0,35] \text{м/с}.$$

Кількість дослідів визначається так (див. формулу (1)):

$$N = P^K, \quad (1)$$

де  $P$  – кількість рівнів факторів ( $P = 2$ );  $K$  – кількість факторів ( $K = 3$ ).

Тоді  $N = 2^3 = 8$  дослідів (див. таблицю):

Наведено рівняння регресії (див. формулу (2)):

$$y = b_0 x_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (2)$$

у якому  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$  – коефіцієнти, що визначаються за методом найменших квадратів.

Розраховуються ці коефіцієнти за формулою (3):

$$b_i = \frac{1}{n} \sum y; \quad (3)$$

$$b_0 = \frac{1}{8} (27,5 + 32,5 + 24 + 29,9 + 35 + 30,5 + 31,2 + 34) = 30,58;$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(27,5 + 32,5 + 24 + 29,9 - 35 - 30,5 - 31,2 - 34) = -1,15;$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(27,5 + 32,5 - 24 - 29,9 + 35,0 + 30,5 - 31,2 - 34) = 0,8;$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(27,5 - 32,5 + 24 - 29,9 + 35,0 - 30,5 + 31,2 - 34) = -2,1;$$

$$b_{12} = \frac{1}{8}(27,5 + 32,5 - 24 - 29,9 - 35 - 30,5 + 31,2 + 34) = 1,025;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8}(27,5 - 32,5 + 24 - 29,9 - 35 + 30,5 - 31,2 + 34) = -1,575;$$

$$b_{23} = \frac{1}{8}(27,5 - 32,5 - 24 + 29,9 + 35 - 30,5 - 31,2 + 34) = 0,725;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8}(27,5 - 32,5 - 24 + 29,9 - 35 + 30,5 + 31,2 - 34) = -0,8.$$

Внаслідок цього отримано рівняння регресії (див. формулу (4)) :

$$y_1 = 30,6 - 2,1x_3 - 1,575x_1x_3. \quad (4)$$

Перевірка: нехай  $x_1 = +1$ ,  $x_2 = +1$ , тоді

$$y_1 = 30,6 - 2,1 \cdot 1 - 1,575 \cdot 1 \cdot 1 = 26,9.$$

Із таблиці при  $x_1 = +1$ ,  $x_2 = +1$  береться значення  $y$ :  $y = 27,5$

Знаходимо похибку:

$$\delta = \frac{27,5 - 26,9}{27,5} \cdot 100\% = 2,2\%.$$

Рівняння регресії правильне за  $400 \text{ Вт} \leq x_1 \leq 1200 \text{ Вт}$ ,  $0 \text{ м} \leq x_2 \leq 1,8 \text{ м}$  та  $0 \text{ м/с} \leq x_3 \leq 0,35 \text{ м/с}$ .

### Матриця планування експерименту

№ з/п	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1x_2$	$x_1x_3$	$x_2x_3$	$x_1x_2x_3$	$y$
1	+	+	+	+	+	+	+	+	27,5
2	+	+	+	-	+	-	-	-	32,5
3	+	+	-	+	-	+	-	-	24,0
4	+	+	-	-	-	-	+	+	29,9
5	+	-	+	+	-	-	+	-	35,0
6	+	-	+	-	-	+	-	+	30,5
7	+	-	-	+	+	-	-	+	31,2
8	+	-	-	-	+	+	+	-	34

Цифрами +1 та -1 позначені кодові величини рівнів експерименту (найменше значення параметра за -1, найбільше за +1);

$x_1 = Q$ , Вт;  $x_2 = h$ , м;  $x_3 = v$ , м/с – вхідні параметри експерименту;

$y = t$ , °C – вихідний параметр.

Згідно з результатами досліджень процес побудови номограми  $y = f(x_1, x_2, x_3)$  проводився за таким алгоритмом:

- визначалась кількість квадрантів і масштаби за координатними осями;
- вибиралась кількість значень по кожному з факторів згідно з плануванням експерименту;
- вибиралась змінна-аргумент, яка була відкладена на осі абсцис  $h=x_2$ , і змінні, які були прийняті за параметр –  $x_1, x_3$  (див. формулу (5)):

$$Q=x_1, v=x_3; \quad (5)$$

- надавався змінним відповідний розряд згідно з їх розташування по квадрантах;
- надавали сталі значення, які графічно відображались у вигляді прямих під кутом  $45^\circ$  у першій ітерації;
- будувались графіки  $y = f_1(x_i)$  і проставлялися чисельні значення параметра  $x_i$ ;
- ці ж чисельні сталі значення надавалися змінним  $x_1, x_3$  і наносилася лінія, що відповідала іншому сталому значенню аргумента  $x_2$ ;
- аналогічно наносилися лінії, що відповідали новим сталим значенням аргументів по чергово  $x_1, x_3$ ;
- відтак переходили до наступного сталого значення аргумента  $x_2$  і повторювали вказані операції.

Після побудови номограми приступали до її апроксимації, яку здійснювали в такий спосіб:

- наносили допоміжну чисельну шкалу  $t$  для  $y = f[t(x_1, x_3)x_2]$ ;
- використовували відомі методи апроксимації однофакторної функції  $y = f(t)$  для усіх значень  $x_1, x_3$ ;
- аналогічно наносили наступну допоміжну шкалу  $t$  для  $y = f[t(x_1)x_2]$ .

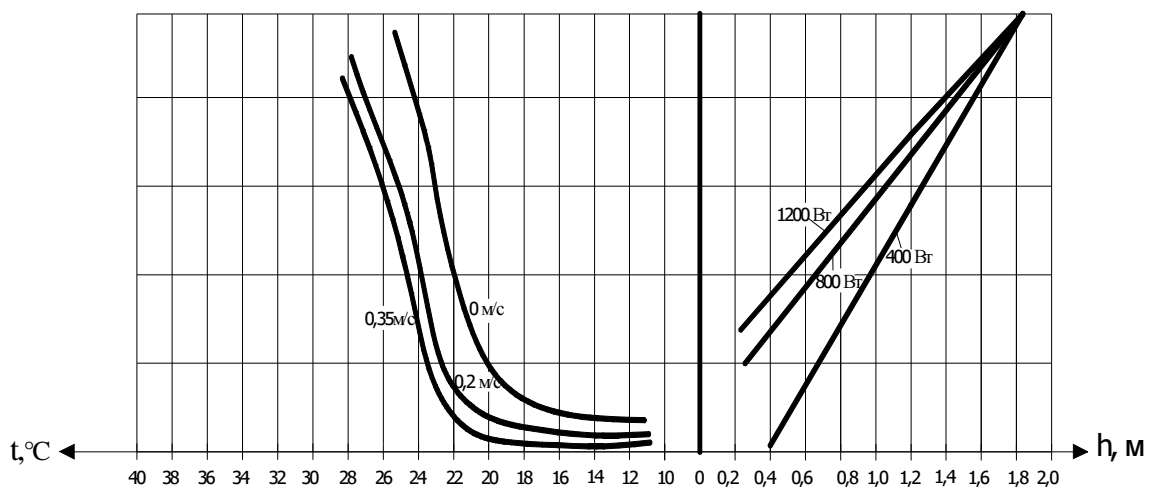


Рис. 2. Трифакторна номограма залежності температури  $t$  від потужності нагрівача  $Q$  та висоти встановлення  $h$

**Висновки.** Внаслідок проведених досліджень отримано графічну залежність, яка показує відношення температури повітря від швидкості його руху за різних теплових навантажень інфрачервоного випромінювача.

1. Анго М.А. *Инфракрасные излучения*. — Л.: Госэнергоиздат, 1957. — 81 с.
2. Бураковский Т., Гизинский Е., Сая А. *Инфракрасные излучатели / Пер. с пол.* — Л.: Энергия, 1978. — 408 с.
3. Ицксон В.С., Денисов Ю.Л. *Инфракрасные газовые излучатели*. — М.: Недра, 1969. — 277 с.
4. Konrad Bakowski “*Siesi I instalacje gazowe*. — Warszawa: Wydawnictwa naukowo-techniczne, 2002.