

УДК 697.9:621;697:621

О. Т. Возняк, канд. техн. наук, доцент
А. О. Ковальчук, аспірант
Національний університет
“Львівська політехніка”

ПОВІТРОРОЗПОДІЛ ЗУСТРІЧНИМИ НЕСПІВВІСНИМИ КРУГЛИМИ СТРУМИНАМИ

Нині існує значна кількість різноманітних конструкцій повітро-розподілювачів та схем роздачі припливного повітря як у верхню, так і в робочу зону приміщень [1]. Найбільш раціональним способом повітро-розподілу є подача припливного повітря безпосередньо в робочу зону. Для цього використовуються повітророзподілювачі з високою інтенсивністю погасання параметрів (швидкості V і температури t) припливного повітря. Характерною властивістю таких припливних струмин є підвищена турбулентність у порівнянні із спрямотечійними струминами.

Одним із способів підвищення турбулентності є використання взаємодії зустрічних припливних струмин. Можна розрізнити взаємодію співвісних зустрічних струмин, струмин спрямованих під кутом одна до одної та неспіввісних зустрічних струмин.

Існує ряд повітророзподілювачів, де використовується ефект взаємодії співвісних та неспіввісних струмин. Згідно з [1] існують повітро-розподілювачі, що представляють влаштування зустрічних повітровипускників власне як варіант перфорації для панельних повітророзподілювачів, де повітровипускні отвори розташовані в кілька рядів.

У цій роботі розглядається можливість досягнення високої інтенсивності погасання параметрів при роздачі припливного повітря неспіввісними зустрічними припливними струминами, що взаємодіють між собою. Розглядається ефект взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, що витікають з насадки при відстані між осями зустрічних струмин понад $0,5d_0$ і відстані між зустрічними насадками від $12d_0$ до $33d_0$. В результаті взаємодії струмин утворюється результуючий повітряний потік, який безпосередньо надходить у робочу зону. Основна увага в даній роботі приділена саме дослідженню залежності характеристик результуючого потоку від умов взаємодії струмин.

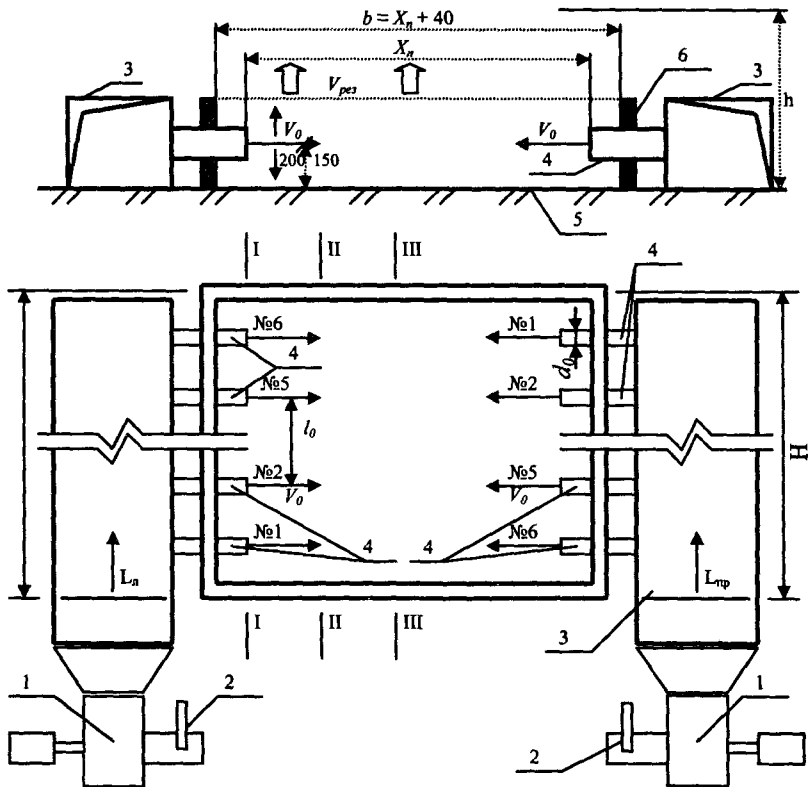


Рис. 1. Схема експериментальної установки

I – вентиляційний агрегат; 2 – заслінка; 3 – повітропровід $a \times b = 350 \times 350$ мм; 4 – приливні циліндричні насадки $d_0 = 50$ мм та їх номери (1+6); 5 – основа; 6 – конструктивна частина повітророзподільвача: I-I; II-II; III-III, IV-IV, V-V – характерні перерізи приливних струмин; h – відстань до характерної площини полів швидкостей

Важливою характеристикою такого потоку є рівномірність швидкості його руху по всій площині, з якої він спрямовується у робочу зону, що характеризується коефіцієнтом нерівномірності ϕ : $\phi = V_c / V_{\max}$, де V_c та V_{\max} – відповідно, середня та максимальна швидкість повітря в живому перерізі повітророзподільвача.

Мета даної роботи – вивчити характер розповсюдження результуючого повітряного потоку, визначити та оптимізувати коефіцієнт нерівномірності потоку ϕ для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, а саме: при різних значеннях співвідношення відстаней між осями зустрічних струмин (l_0), відстані між зустрічними

насадками (X_n) та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють (L_n та L_{np}).

Експериментальні дослідження проводились на установці, схема якої представлена на рис. 1. Експериментальні дослідження були проведені при таких умовах та спрощеннях:

- струмини ізотермічні;
- припливні насадки – циліндричні патрубки з коефіцієнтом погасання швидкості $m = 6,8$;
- їхній діаметр не змінювався і становив $d_o = 50$ мм;
- лінійний розмір повітропроводів не змінювався і становив $H = 1,5$ м;
- відстань між осями насадок l_o була змінною і становила:
 $l_{o1} = 100$ мм $= 2d_o$; $l_{o2} = 150$ мм $= 3d_o$; $l_{o3} = 200$ мм $= 4d_o$;
- довжини струмин X_n , що взаємодіють, були змінними і становили:
 $X_{n1} = 0,6$ м $= 12 d_o$; $X_{n2} = 0,8$ м $= 16 d_o$; $X_{n3} = 1,0$ м $= 20 d_o$;
 $X_{n4} = 1,2$ м $= 24 d_o$;
- співвідношення витрат повітряних потоків $\bar{L} = L_n / L_{np}$, що взаємодіють, змінювалось і становило: $\bar{L}_1 = 1,0$; $\bar{L}_2 = 2,0$; $\bar{L}_3 = 3,0$;
- початкова швидкість повітря в припливних насадках знаходилася в межах: $V = 5 - 15$ м/с.

Заміри швидкості руху повітря V здійснювалися термоелектроанемометром ТА-9 із використанням координатника із сіткою точок 5×5 см у перерізах: I-I; II-II; III-III; IV-IV; V-V. Для проведення експериментальних досліджень була складена матриця планування 4-факторного експерименту без врахування ефекту взаємодії факторів, тобто було прийнято лінійну математичну модель. В якості вхідних факторів були прийняті величини:

- $x_1 = l_o / d_o$ – відносна відстань між осями патрубків;
- $x_2 = X_n / H$ – відносна відстань між повітропроводами;
- $x_3 = L_n / L_{np}$ – співвідношення витрат повітряних потоків у повітропроводах; цей фактор був введений для створення пульсаційного режиму виходу повітряного потоку і забезпечення тим самим динамічного мікроклімату в приміщенні;
- $x_4 = h / H$ – відносна координата.

Функцією відгуку (параметром оптимізації) служить коефіцієнт нерівномірності $\phi = V_c / V_{max}$, де V_c та V_{max} – відповідно, середня та максимальна швидкість результуючого потоку повітря в розрахунковій площині повітродіподілювача.

Таким чином, необхідно встановити функціональну залежність $\phi = f(x_1; x_2; x_3; x_4)$.

Матриця планування 4-факторного експерименту

N	$x_1 = x / X_n$	$x_2 = h / H$	$x_3 = L_n / L_{np}$	$x_4 = L_n / L_{np}$	ϕ
1	-	-	-	-	0,53
2	+	-	-	-	0,77
3	-	+	-	-	0,83
4	+	+	-	-	0,87
5	-	-	+	-	0,45
6	+	-	+	-	0,70
7	-	+	+	-	0,75
8	+	+	+	-	0,80
9	-	-	-	+	0,42
10	+	-	-	+	0,67
11	-	+	-	+	0,73
12	+	+	-	+	0,78
13	-	-	+	+	0,35
14	+	-	+	+	0,60
15	-	+	+	+	0,65
16	+	+	+	+	0,70

Отримане рівняння регресії має вигляд:

$$\phi = 66,19 + 7,44 \frac{x}{X_n} + 10,19 \frac{h}{H} - 3,69 \frac{L_n}{L_{np}} - 4,94 \frac{l_0}{d_0}. \quad (1)$$

На підставі аналізу коефіцієнтів регресії констатуємо:

- суттєвий вплив на поведінку функції відгуку виявляють фактори x_2 (відносна поперечна координата h / H) та x_1 (відносна поздовжня координата x / X_n), а фактори x_3 (співвідношення витрат) та x_4 (відносна відстань між осями патрубків) – впливають не так істотно;
- чисельне збільшення поздовжньої та поперечної координат веде до зростання функції відгуку, а збільшення співвідношення витрат та відносної відстані між осями патрубків – до її спадання;

Отже, для досягнення підвищення коефіцієнта нерівномірності результуючого потоку ϕ необхідно збільшити відстані від повітровипускних насадок до площини робочої зони, а відстань між осями патрубків та співвідношення витрат – зменшити.

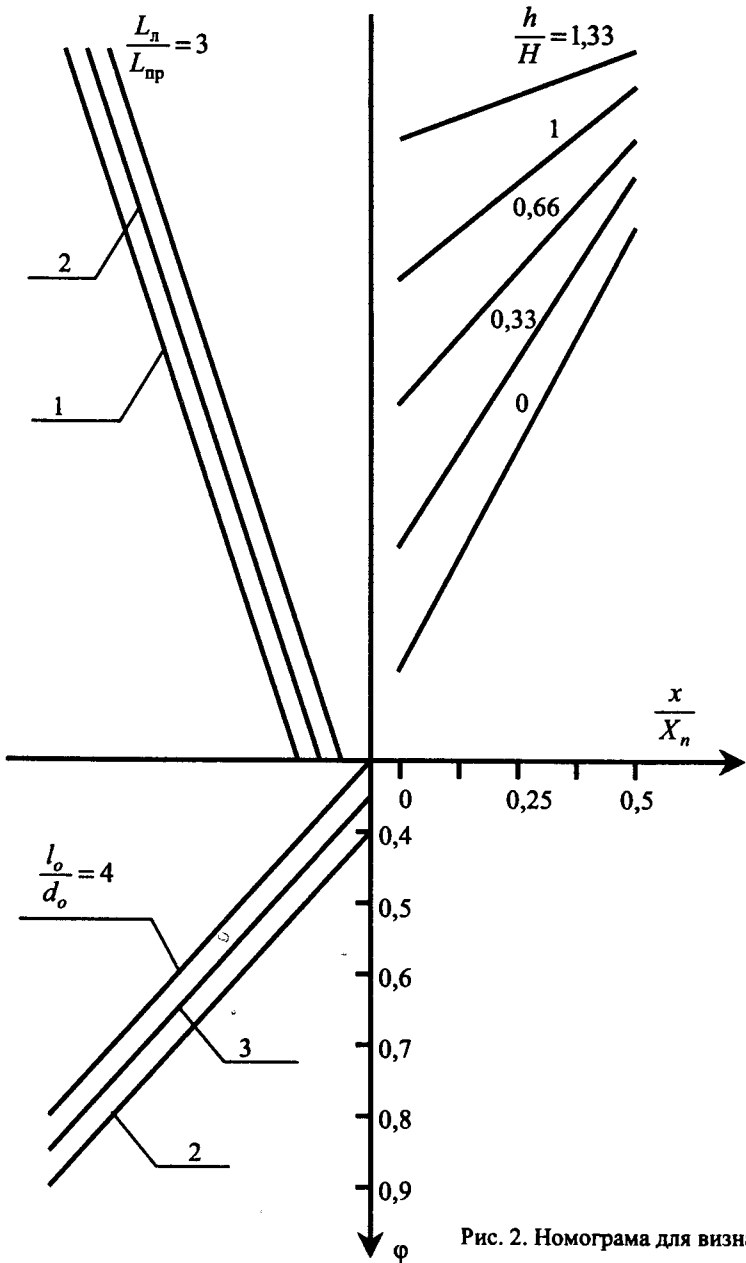


Рис. 2. Номограма для визначення φ

За результатами експериментальних досліджень складена номограма – рис. 2.

Представлена номограма апроксимована залежністю (2):

$$\varphi = 0,1 - 0,05 \cdot \frac{l_o}{d_o} + 0,52 - 0,04 \cdot \frac{L_n}{L_{np}} + 0,05 \cdot \left(1 + 4,5 \frac{h}{H} + \left(10 - 6 \cdot \frac{h}{H} \right) \cdot \frac{x}{X_n} \right). \quad (2)$$

Згідно з отриманими експериментальними даними, оптимальними лінійними співвідношеннями для отримання достатньо високого ступеня рівномірної швидкості виходу результуючого повітряного потоку, тобто максимального значення φ , є такі: $x / X_n = 0,5$; $h / H = 0,15$; $L_n / L_{np} = 1$ ($L_n = L_{np}$); $l_o / d_o = 2$. При цьому ефективність застосування зустрічних неспіввісних круглих струмин буде максимальною.

На основі отриманих результатів констатуємо:

- визначено та оптимізовано коефіцієнт нерівномірності потоку φ для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних круглих струмин, а саме: при різних значеннях відносних відстаней від повітровипускних насадок до площини робочої зони x/X_n та h/H , а також відносних відстаней між осями циліндричних патрубків (l_o / d_o) та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють (L_n та L_{np});
- побудовано номограму та отримано розрахункові залежності для визначення φ ;
- визначено, що для досягнення підвищення коефіцієнта нерівномірності результуючого потоку φ необхідно збільшити відстані від повітровипускних насадок до площини робочої зони, а відстань між осями патрубків та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють, – зменшити;
- обґрунтовано, що ефективність застосування взаємодії зустрічних неспіввісних круглих струмин в повітророзподілювачах для подачі повітря в робочу, а також у верхню зону приміщення, є високою.

Використана література

1. Справочник проектировщика ЧП Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. И. Г. Староверова. – М., Стройиздат, 1977. – 502 с.
2. *Талиев В. Н.* Аэродинамика вентиляции. – М., Стройиздат, 1978. – 274 с.
3. *Гримитлин В. Н.* Распределение воздуха в помещениях. – М., Стройиздат 1982. – 163 с.
4. *Возняк О. Т.* Вплив взаємодії струмин на повітророзподіл у приміщенні // Вісн. НУ “Львівська політехніка”. – Львів. 2001. – С. 27–31.