

ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИК ІЗ ВЗАЄМОДІЄЮ ЗУСТРІЧНИХ КОМПАКТНИХ СТРУМИН

© Возняк О.Т., 2008

Наведено результати експериментальних досліджень подавання припливного повітря в приміщення повітророзподільником з використанням взаємодії зустрічних некоаксіальних повітряних струмин для створення інтенсивнішої турбулізації повітряного потоку, а також динамічного мікроклімату в приміщенні. Були виконані експериментальні дослідження за складеною матрицею планування дробового факторного експерименту 2^{4-1} ; побудована чотирифакторна номограма та отримані аналітичні розрахункові залежності. Одержані результати цих досліджень дають змогу виконувати інженерні розрахунки повітророзподілу із взаємодією зустрічних неспіввісних струминами під час створення динамічного мікроклімату в приміщенні.

In this article results of experimental investigations of air supply into the room by air distribution device with interaction of opposite non-coaxial air jets for creation more intensive turbulization air flow as well dynamic microclimate in the room are presented. Experimental investigations in order to composed matrix of division factor experiment 2^{4-1} planning were carried out; 4-factor chart has been design as well analytical calculation dependences have been obtained. Obtained results of these investigations give possibility to realize engineer calculations of air distribution with interaction of opposite non-coaxial air jets at dynamic microclimate creation in the room.

Постановка проблеми. Як відомо, фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від температури, вологовмісту, швидкості руху повітря, шуму, запиленості, запахів тощо. На умови комфорту значний вплив має саме швидкість руху повітря, величина якої створюється засобами вентиляційної техніки. Відомо [1–8], що значний вплив на тепловий комфорт людини має також початкова турбулізація припливного повітряного потоку під час його виходу з насадка. Зокрема варто відмітити сприятливий вплив періодичної зміни цих параметрів, особливо температури та швидкості руху повітря на самопочуття людини, яка перебуває у приміщенні, тобто створення динамічного мікроклімату.

Одним із раціональних способів повітророзподілу в приміщенні є подавання припливного повітря повітророзподільником з високою інтенсивністю погасання параметрів (швидкості V і температури t) припливного повітря за рахунок використання взаємодії зустрічних припливних струмин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Існують повітророзподільники, де використовується цей ефект, зокрема повітророзподільники, що подають влаштування зустрічних повітровипускників власне як варіант перфорації для панельних повітророзподільників, де повітровипускні отвори розташовані в кілька рядів, а також повітророзподільник із взаємодією зустрічних некоаксіальних струмин [10].

У цій роботі розглядається аспект підвищення ефективності повітророзподілення в приміщенні за рахунок досягнення високої інтенсивності погасання параметрів результуючого повітряного потоку у разі роздачі припливного повітря повітророзподільником із взаємодією неспіввісних зустрічних припливних струмин під час створення динамічного мікроклімату в приміщенні. Вирішується питання ефекту взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, які витікають з насадки за певних умов (рис. 1). У результаті взаємодії струмин утворюється результуючий

повітряний потік, який безпосередньо надходить у робочу зону, створюючи в приміщенні динамічний мікроклімат. Основну увагу в цій роботі приділено саме дослідженню залежності характеристик повітророзподільника та результуючого потоку від умов взаємодії струмин.

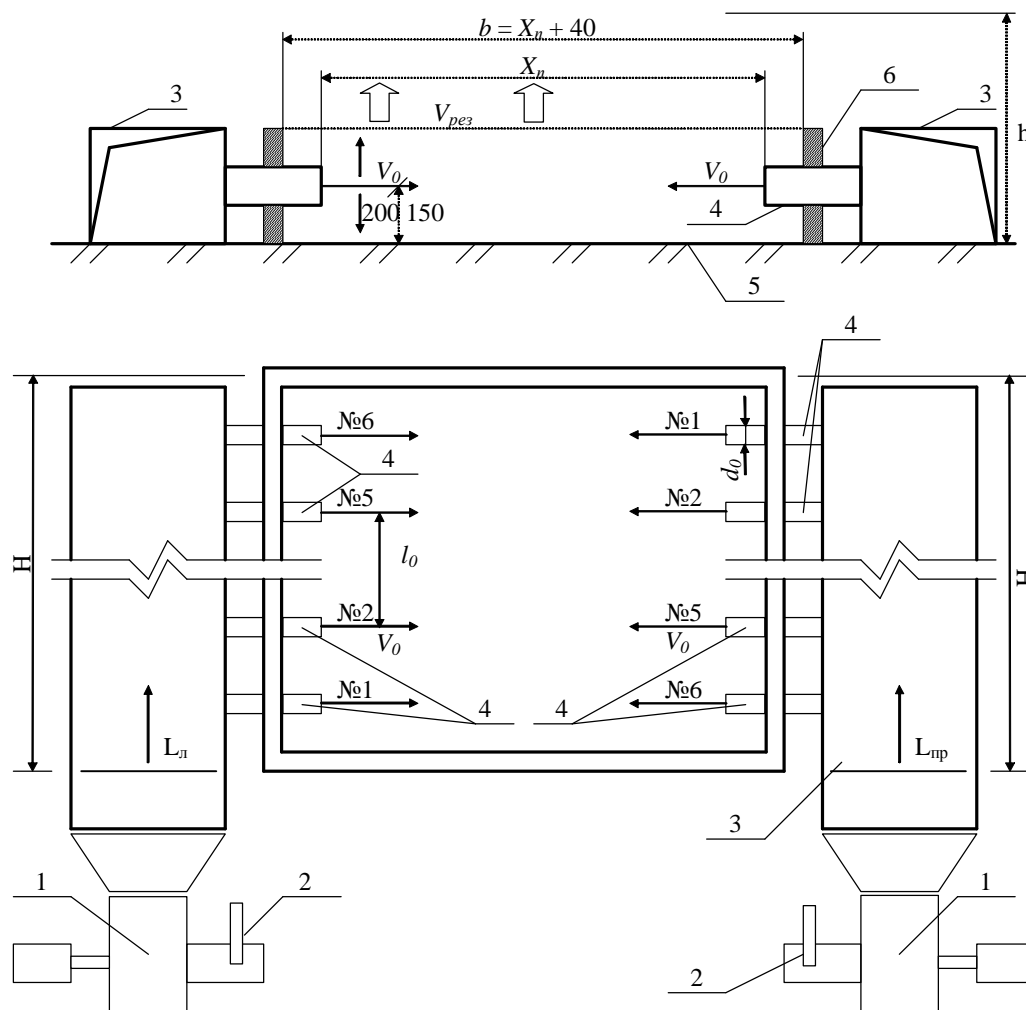


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

1 – вентиляційний агрегат; 2 – заслінка; 3 – повітропровід $a \times b = 350 \times 350$ мм;
4 – припливні циліндричні насадки $d_o = 50$ мм та їх номери (1÷6); 5 – основа; 6 – конструктивна частина повітророзподільника; h – відстань до характерної площини полів швидкостей

Важливою характеристикою такого повітророзподільника є його геометричні характеристики, продуктивність тощо, а також інтенсивність затухання швидкості потоку як на виході, так і по всій площині, з якої він спрямовується у робочу зону, що характеризується відповідним коефіцієнтом затухання.

Мета роботи – вивчити характер розповсюдження результуючого повітряного потоку, визначити та оптимізувати взаємозв'язок між геометричними характеристиками повітророзподільника, його продуктивністю, а також інтенсивністю затухання швидкості результуючого повітряного потоку для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, а саме: при різних значеннях біжучих координат (h та x), співвідношення відстаней між осями зустрічних струмин (l_o), відстані між зустрічними насадками (X_n) та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють (L_n та L_{np}).

Виклад основного матеріалу. Експериментальні дослідження виконували на установці, схема якої показана на рис. 1, за таких умов та спрощень:

- струмини ізотермічні;
- припливні насадки – циліндричні патрубки з коефіцієнтом погасання швидкості $m = 6,8$;
- їхній діаметр не змінювався і становив $d_0 = 50\text{мм}$;
- лінійний розмір повітропроводів не змінювався і становив $H = 1,5\text{ м}$;
- відстань між осями насадків l_0 була змінною і становила: $l_{01} = 100\text{ мм} = 2d_0$; $l_{02} = 150\text{ мм} = 3d_0$; $l_{03} = 200\text{ мм} = 4d_0$;
- довжини струмин X_n , що взаємодіють, були змінними і становили: $X_{n1} = 0,6\text{м} = 12 d_0$; $X_{n2} = 0,8\text{м} = 16 d_0$; $X_{n3} = 1,0\text{м} = 20 d_0$; $X_{n4} = 1,2\text{м} = 24 d_0$;
- 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: $V = 5 - 15\text{ м/с}$.

Замірювання швидкості руху повітря V здійснювалися термоелектроанемометром ТА-9 із використанням координатника із сіткою точок $5 \times 5\text{ см}$.

Для виконання експериментальних досліджень була складена матриця планування дробового чотирифакторного експерименту з врахуванням ефекту взаємодії факторів – табл.1, при тому прийнято лінійну математичну модель. Вхідними факторами прийняті такі величини (див. рис.1):

- $x_1 = h / H$ – відносна вертикальна біжуча координата;
- $x_2 = X / X_n$ – відносна горизонтальна біжуча координата (X_n – відстань між повітропроводами);
- $x_3 = l_0 / d_0$ – відносна відстань між осями патрубків;
- $x_4 = L_n / L_{np}$ – 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.

Функцією відгуку (параметром оптимізації) слугує відносна швидкість руху повітря в приміщенні $\bar{V} = V_h / V_0$, де V_h – біжуча та швидкість результуючого потоку повітря в розрахунковій площині повітророзподільника, а V_0 – відповідно вихідна (початкова) швидкість.

Отже, необхідно встановити функціональну залежність $\bar{V} = f(x_1; x_2; x_3; x_4)$, а також, відповідно, 4 обернені функції.

Для цього було використано планування дробового факторного експерименту [9], в якому кількість необхідних дослідів є значно меншою, ніж у повному факторному експерименті. Щоб скоротити кількість дослідів, новому фактору x_4 було присвоєно вектор-стовпець матриці, що належить тій взаємодії факторів, якою можна знехтувати. Таким вектор-стовпцем є вектор-стовпець потрібної взаємодії факторів $x_1; x_2; x_3$. Значення нового фактора x_4 в умовах дослідів було визначено знаками цього стовпця. Поставивши 8 дослідів замість 16 для оцінки впливу 4 факторів, було використано половину повного факторного експерименту 2^4 , або “піврепліку”. Для позначення дробової репліки було використано умовне позначення 2_{IV}^{4-1} – таблиця (за найбільшою кількістю факторів у визначальному контрасті) [9].

Матриця планування 2_{IV}^{4-1}

N	x_0	$x_1 = h/H$	$x_2 = x/X_n$	$x_3 = l_0/d_0$	$x_4 = L_n/L_{np}$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	\bar{V}
1	+	-	-	-	-	+	+	+	0,91
2	+	+	-	-	+	-	-	+	0,15
3	+	-	+	-	+	-	+	-	0,78
4	+	+	+	-	-	+	-	-	0,05
5	+	-	-	+	+	+	-	-	1,00
6	+	+	-	+	-	-	+	-	0,31
7	+	-	+	+	-	-	-	+	0,83
8	+	+	+	+	+	+	+	+	0,39

Отримане рівняння регресії має вигляд:

$$\bar{V} = 0,553 - 0,328x_1 - 0,04x_2 + 0,08x_3 + 0,028x_4 + 0,035x_1x_2 + 0,045x_1x_3. \quad (1)$$

На підставі аналізу коефіцієнтів регресії констатуємо:

- істотний вплив на поведінку функції відгуку виявляє фактор x_1 (відносна вертикальна координата h/H), а фактори: x_2 (відносна горизонтальна координата x/X_n), x_3 (відносна відстань між осями патрубків) та x_4 (співвідношення витрат у повітропроводах) – впливають не так істотно;
- оскільки коефіцієнт регресії $b_{23} = 0,018$ є незначимим, то ним можна знехтувати;
- числове збільшення відносної відстані між осями патрубків та співвідношення витрат у повітропроводах призводить до зростання функції відгуку, а збільшення відносних координат (вертикальної та горизонтальної) – до її спадання. Це означає, що для досягнення підвищення інтенсивності затухання швидкості руху результуючого потоку повітря \bar{V} необхідно збільшити відстані від повітровипускних насадків до площини робочої зони, а відстань між осями патрубків та співвідношення витрат – зменшити. Наслідком максимального зменшення відстані між осями патрубків є утворення плоскої струмини з великої кількості компактних.

Отже, перехід від компактних струмин, що взаємодіють, до плоских є доцільним, а відтак варто рекомендувати вибір повітророзподільника із взаємодією зустрічних плоских струмин.

За результатами експериментальних досліджень складена номограма – рис.2. За допомогою ключа 1 визначається результат функціональної залежності $\bar{V} = f(h/H; x/X_n; l/d; L_1/L_2)$, а за допомогою ключа 2 – однієї (для прикладу) з чотирьох обернених функцій.

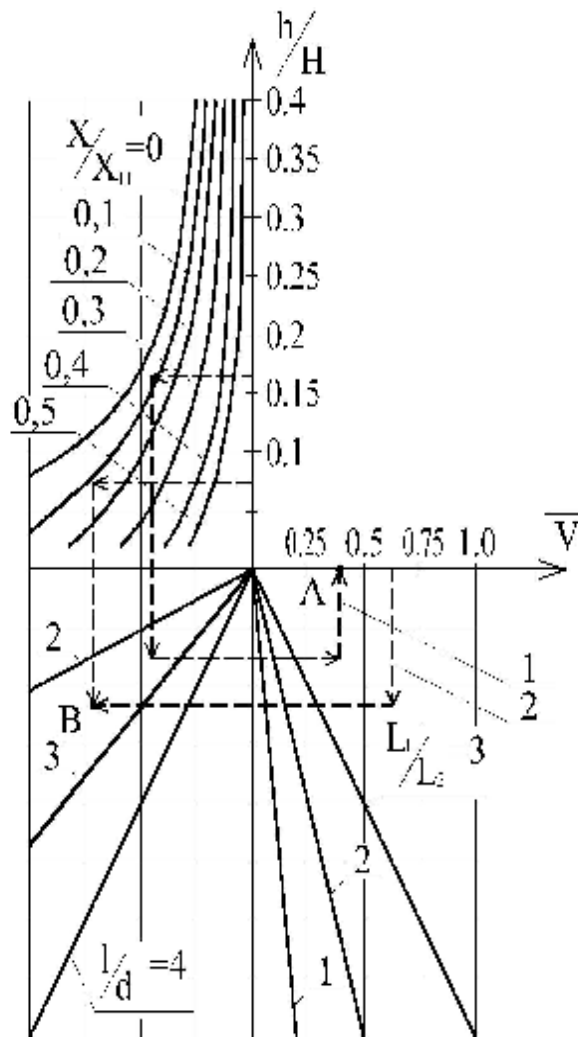


Рис. 2. Номограма для визначення швидкості руху повітря в приміщенні \bar{V}

Подана номограма апроксимована залежністю (2):

$$\bar{V} = \frac{-0,01 + 0,02 \frac{L_{л}}{L_{пр}} + 0,01 \frac{l}{d} - 0,04 \frac{x}{X_{п}}}{\frac{h}{H} - 0,01 + 0,02 \frac{L_{л}}{L_{пр}} + 0,01 \frac{l}{d} - 0,04 \frac{x}{X_{п}}}. \quad (2).$$

Згідно з отриманими експериментальними даними, оптимальними лінійними співвідношеннями для отримання достатньо високої інтенсивності затухання швидкості виходу результуючого повітряного потоку, тобто мінімального значення \bar{V} , є такі: $h / H = 0,40$; $x / X_{п} = 0,5$; $l_0 / d_0 = 2$; $L_{л} / L_{пр} = 1$ ($L_{л} = L_{пр}$). При цьому ефективність застосування зустрічних неспіввісних струмин буде максимальною. Це свідчить про доцільність заміни компактних струмин на плоскі.

Висновки. На основі отриманих результатів констатуємо:

– визначено та оптимізовано геометричні та витратні характеристики повітророзподільника для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, а саме: за різних значень відносних відстаней від повітровипускних насадків до площини робочої зони $x/X_{п}$ та h/H , а також відносних відстаней між осями циліндричних патрубків (l_0 / d_0) та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють $L_{л}$ та $L_{пр}$ (створення динамічного мікроклімату);

– побудовано чотирифакторну номограму на підставі дробового факторного експерименту – 1/2 репліки від $2^4 \left(2_{IV}^{4-1} \right)$ та отримано розрахункову залежність для визначення \bar{V} ;

– визначено, що для досягнення підвищення інтенсивності затухання швидкості руху результуючого потоку повітря \bar{V} необхідно збільшити відстані від повітровипускних насадків до площини робочої зони, а відстань між осями патрубків та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють, – зменшити;

– дано рекомендації про доцільність переходу від компактних струмин, що взаємодіють, до плоских;

– обґрунтовано, що ефективність застосування взаємодії зустрічних неспіввісних струмин в повітророзподільниках для подачі повітря в робочу, а також у верхню зону приміщення, є високою.

Застосування повітророзподільників із взаємодією зустрічних неспіввісних струмин дасть змогу значно підвищити критерій ADPI [2] у разі подачі в приміщення значної кількості повітря та дасть змогу створити у приміщенні динамічний мікроклімат.

1. Талиев В. Н. *Аэродинамика вентиляции*. – М.: Стройиздат, 1978, – 274 с. 2. Гримитлин М.И. *Распределение воздуха в помещениях*. – М., Стройиздат, 1982, – 163 с. 3. Возняк О.Т. *Вплив взаємодії струмин на повітророзподіл у приміщенні* // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – Львів. 2001, – С. 27– 31. 4. Банхиди Л. *Тепловой микроклимат помещений*. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с. 5. Возняк О., Ковальчук А. *Ефективність повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами* // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка” № 460 “Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”. – 2002. – С.157 – 161. 6. Vozniak O., Kovalchuk A. *Air distribution by opposite non-coaxial air jets*. Zbornik prednasok: VII Vedecka Konferencia s medzinarodnou ucastou Kosicko – Lvovsko – Rzeszowska. – 2002. – S. 173 – 178. 7. Возняк О., Ковальчук А., Іванусь Є., Кіц А. *Повітророзподіл у приміщенні при взаємодії зустрічних неспіввісних струмин* // Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка” № 432 “Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”. – 2001. – С.31 – 37. 8. O.Vozniak, O.Dovbush. *Influence of indoor climate on a person heat exchange in a room*. Zeszyty naukowe Politechniki Rzeszowskiej “Aktualne problemy budownictwa i Inzynierii srodowiska”; czesc 2 – inzynieria srodowiska”. – Rzeszow, 2000. – S.441 – 447. 9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. *Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий*. – М.: Наука, 1976. – 279 с. 10. Деклараційний патент України № 16828 від 15.08.2006 р., Бюл. № 8, 2006 р. “Повітророзподільник” / Возняк О.Т., Ковальчук А.О., Миронюк Х.В.