

УДК 697.9:621;697:621

**О. Т. Возняк,
Х. В. МIRONЮК,
І. Є. СУХОЛОВА**

Національний університет "Львівська політехніка"

ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИК ІЗ ВЗАЄМОДІЄЮ ЗУСТРІЧНИХ НЕСПІВВІСНИХ ПЛОСКИХ СТРУМИН В ПРИМІЩЕННЯХ ЮВЕЛІРНОГО ЗАВОДУ

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. Вплив на тепловий комфорт людини має також початкова турбулізація припливного повітряного потоку при його виході з насадка [1-6].

Одним із раціональних способів повітророзподілу в приміщеннях ювелірного виробництва, де постійно перебуває робочий персонал, є подача припливного повітря безпосередньо в робочу зону приміщень дільниць штампування, монтування, лазерного спаювання, закріплення, пакування та зважування ювелірних виробів. Для цього використовуються повітророзподільвачі з високою інтенсивністю погасання швидкості і температури припливного повітря. Характерною властивістю таких припливних струмін є підвищена турбулентність у порівнянні із прямотечійними струминами.

Для підвищення турбулентності використовується взаємодія зустрічних припливних струмін. Можна розрізнити взаємодію співвісних зустрічних струмін, струмін спрямованих під кутом одна до одної та неспіввісних зустрічних струмін.

Є цілий ряд повітророзподільників, що представляють собою влаштування зустрічних повітровипускників власне як варіант перфорації для панельних повітророзподільників, де повітровипускні отвори розташовані в кілька рядів, а також повітророзподільник із взаємодією зустрічних неспіввісних струмін [6].

У даній роботі розглядається аспект підвищення ефективності повітророзподілення в приміщеннях дільниць штампування, монтування, лазерного спаювання, закріплення, пакування та зважування ювелірних виробів, де постійно перебуває виробничий персонал, за рахунок досягнення високої інтенсивності погасання параметрів результуючого повітряного потоку при роздачі припливного повітря повітророзподільником із взаємодією неспіввісних зустрічних припливних плоских струмин в робочу зону перерахованих приміщень. Вирішується питання за допомогою ефекту взаємодії зустрічних неспіввісних плоских струмин, які витікають з насадки при певних умовах (рис. 1). У результаті взаємодії плоских струмин утворюється результуючий повітряний потік, який безпосередньо надходить у робочу зону. Основна увага в даній роботі приділена саме дослідженню залежності характеристик повітророзподільника та результуючого потоку від умов взаємодії струмин.

Мета даної роботи – вивчити характер розповсюдження результуючого повітряного потоку, визначити та оптимізувати взаємозв'язок між геометричними характеристиками повітророзподільника, а також інтенсивністю затухання швидкості результуючого повітряного потоку для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних плоских струмин, а саме: при різних значеннях біжучих координат (h та x), співвідношення відстаней між осями зустрічних струмин (l_0), відстані між зустрічними насадками (x_n) та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють (L_d та L_{np}).

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

- припливні насадки – щілини з коефіцієнтом погасання швидкості $m = 2,5$;

- ширина насадків не змінювалася і становила $b_0 = 20$ мм;

- лінійний розмір повітропроводів не змінювався і становив $H = 1,5$ м;

- відстань між осями насадків l_0 була змінною і становила: $l_{01} = 40$ мм = $2 b_0$; $l_{02} = 60$ мм = $3 b_0$; $l_{03} = 80$ мм = $4 b_0$;

- довжини струмин X_n , що взаємодіють, були змінними і становили: $X_{n1} = 0,6$ м = $12 b_0$; $X_{n2} = 0,8$ м = $16 b_0$; $X_{n3} = 1,0$ м = $20 b_0$; $X_{n4} = 1,2$ м = $24 b_0$;

- співвідношення витрат повітряних потоків $\bar{L} = L_{np}/L_d$, що взаємодіють, змінювалось і становило: $\bar{L}_1 = 1,0$; $\bar{L}_2 = 2,0$; $\bar{L}_3 = 3,0$.

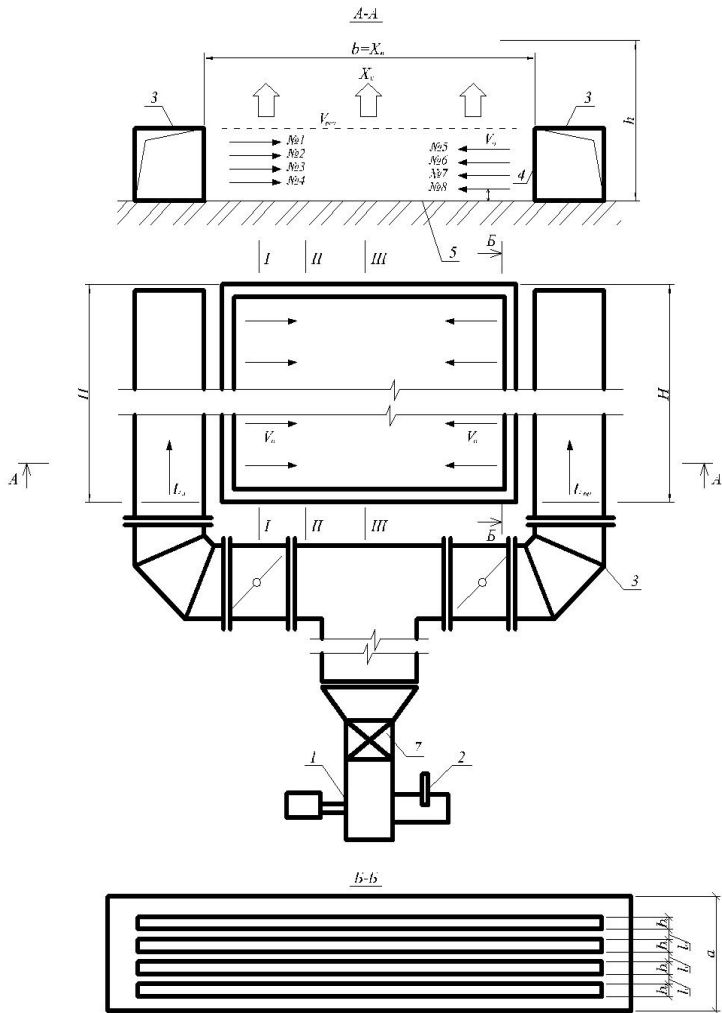


Схема експериментальної устаткування

- 1 - вентиляційний аеросет;
- 2 - заслінка;
- 3 - повітропровід $a \times b = 380 \times 380$ мм;
- 4 - приливні насадки $b_1 = 20$ мм та їх номери (1-8).
- 5 - основа;
- 6 - конструктивна частина повітродіподілювача: I-II, III-III - характерні перерізи приливлених струмків;
- 7 - калорифер.
- h - відстань до характерної площини полі швидкостей.

- струмини слабоізотермічні;
 - початкова швидкість повітря в припливних насадках знаходилася в межах: $V_0 = 5 - 15$ 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.

Повітря за допомогою вентилятора 1 (електродвигун постійного струму) нагніталось через повітропроводи 3 ($a \times b = 350 \times 350$ мм), і через припливні плоскі щілини $b_0 = 20$ мм нагніталось в конструктивну частину повітророзподільвача 6.

Зокрема, є можливим представити результати досліджень як наочно-геометричну інтерпретацію (рис. 2).

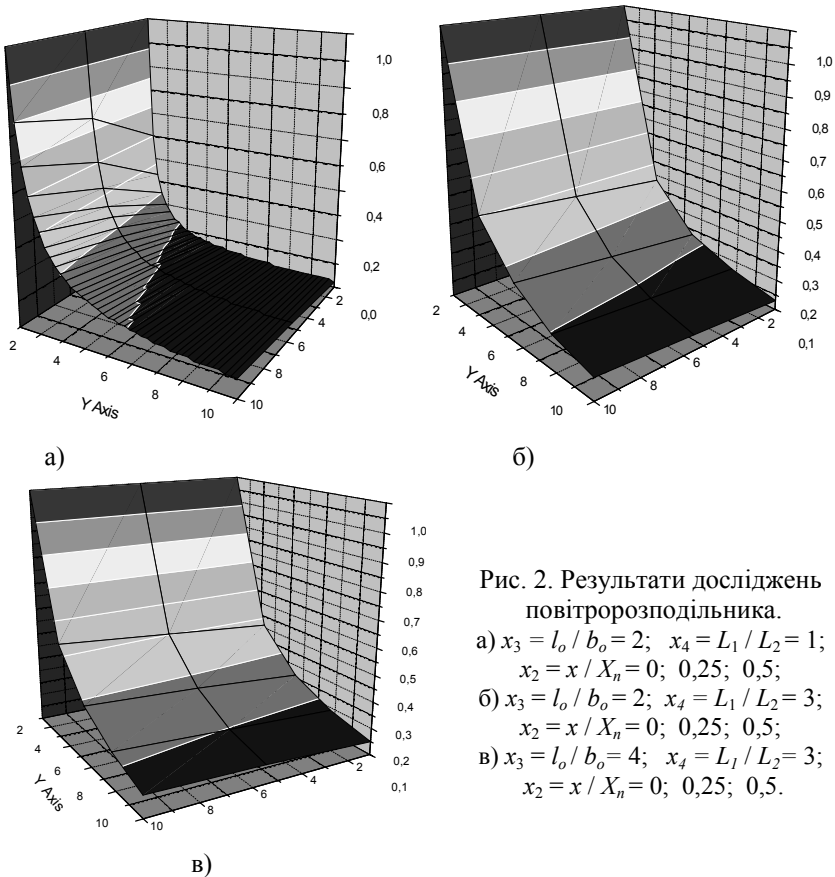


Рис. 2. Результати досліджень повітророзподільника.

- а) $x_3 = l_0 / b_0 = 2$; $x_4 = L_1 / L_2 = 1$;
 $x_2 = x / X_n = 0, 0,25, 0,5$;
 б) $x_3 = l_0 / b_0 = 2$; $x_4 = L_1 / L_2 = 3$;
 $x_2 = x / X_n = 0, 0,25, 0,5$;
 в) $x_3 = l_0 / b_0 = 4$; $x_4 = L_1 / L_2 = 3$;
 $x_2 = x / X_n = 0, 0,25, 0,5$.

Для проведення експериментальних досліджень була складена матриця планування 4-факторного експерименту з врахуванням ефекту взаємодії факторів, при цьому прийнято нелінійну математичну модель. В якості вхідних факторів були прийняті величини:

- $x_1 = h / H$ – відносна вертикальна біжуча координата;
- $x_2 = X / X_{\text{п}}$ – відносна горизонтальна біжуча координата ($X_{\text{п}}$ – відстань між повітропроводами);
- $x_3 = l_0 / b_0$ – відносна відстань між осями щілин.
- $x_4 = L_{\text{л}} / L_{\text{пр}}$ – співвідношення витрат повітряних потоків у повітропроводах.

Функцією відгуку (параметром оптимізації) служить 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.

Для встановлення функціональної залежності $\bar{V} = f(x_1; x_2; x_3; x_4)$ було використано планування дробового факторного експерименту [6], в якому кількість необхідних дослідів є значно меншою, ніж у повному факторному експерименті. Щоб скоротити кількість дослідів, новому фактору x_4 було присвоєно вектор-стовбець матриці, що належить тій взаємодії факторів, якою можна знехтувати. Таким вектор-стовбцем є вектор-стовбець потрійної взаємодії факторів $x_1; x_2; x_3$. Значення нового фактора x_4 в умовах дослідів було визначено знаками цього стовбця. Поставивши 8 дослідів замість 16 для оцінки впливу 4 факторів, було використано половину повного факторного експерименту 24, або “пів-репліку”. Для позначення дробової репліки було використано умовне позначення (2_{IV}^{4-1}) – таблиця (по найбільшій кількості факторів у визначальному контрасті) [6].

Отримане рівняння регресії має вид:

$$\begin{aligned} \bar{V} = & 0,208 - 0,15x_1 - 0,103x_2 + 0,095x_3 + 0,068x_4 + \\ & + 0,085x_1 x_2 - 0,078x_1 x_3 - 0,065x_2 x_3 \end{aligned} \quad (1).$$

На підставі аналізу коефіцієнтів регресії констатуємо:

- суттєвий вплив на поведінку функції відгуку виявляє фактор x_1 (відносна вертикальна координата h / H) та x_2 (відносна горизонтальна координата $x / X_{\text{п}}$), а фактори x_3 (відносна відстань між осями патрубків) та x_4 (співвідношення витрат у повітропроводах) – впливають не так істотно;

- чисельне збільшення відносної відстані між осями щілин та співвідношення витрат у повітропроводах призводить до зростання функції відгуку, а збільшення відносних координат (вертикальної та горизонтальної) – до її спадання.

Матриця планування 2_{IV}^{4-1}

N	x_0	$x_1 = h/H$	$x_2 = x/X_{II}$	$x_3 = l_0/b_0$	$x_4 = L_1/L_{np}$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	\bar{V}
1	+	-	-	-	-	+	+	+	0,24
2	+	+	-	-	+	-	-	+	0,06
3	+	-	+	-	+	-	+	-	0,13
4	+	+	+	-	-	+	-	-	0,02
5	+	-	-	+	+	+	-	-	0,85
6	+	+	-	+	-	-	+	-	0,09
7	+	-	+	+	-	-	-	+	0,21
8	+	+	+	+	+	+	+	+	0,06

За результатами експериментальних досліджень складена номограма – рис. 3.

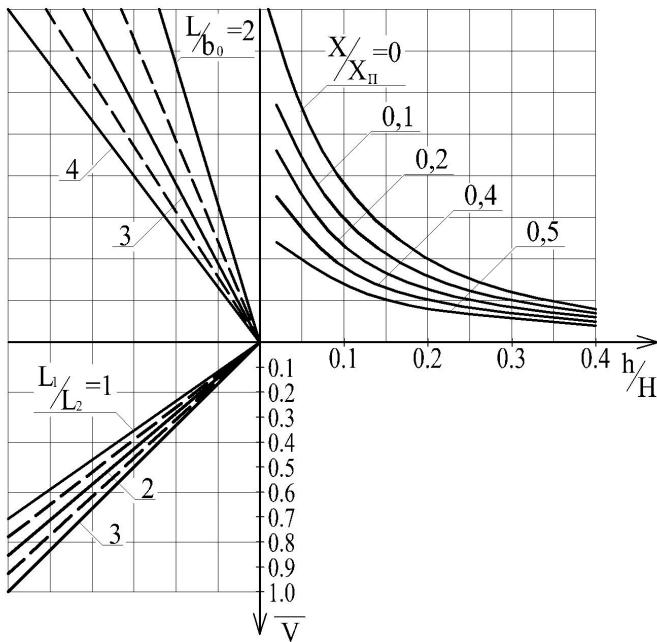


Рис. 3. Номограма для визначення швидкості руху повітря в приміщенні \bar{V} .

Представлена номограма апроксимована залежністю (2):

$$\bar{V} = \frac{-0,01 + 0,0025 \frac{l}{b_0} - 0,05 \frac{x}{X_n} + 0,02 \frac{L_d}{L_{np}}}{1,15 \frac{h}{H} - 0,01 + 0,025 \frac{l}{b_0} - 0,05 \frac{x}{X_n} + 0,02 \frac{L_d}{L_{np}}} \quad (2).$$

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: $h / H = 0,40$; $x / X_n = 0,5$; $l_0 / b_0 = 2$; $L_d / L_{np} = 1 (L_d = L_{np})$. При цьому ефективність застосування зустрічних неспіввісних струмин буде максимальною.

На основі отриманих результатів констатуємо:

- визначені та оптимізовані геометричні та витратні характеристики повітророзподільника для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, а саме: при різних значеннях відносних відстаней від повітровипускних насадків до площини робочої зони x/x_n та h/H , а також відносних відстаней між щілин (l_0/b_0) та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють L_d та L_{np} (створення змінного режиму витікання струмини);

- побудовано 4-факторну номограму на підставі дробового факторного експерименту – 1/2 репліки від $2^4 (2_{IV}^{4-1})$ 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 щілин та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють, – зменшити;

обґрунтована висока ефективність застосування взаємодії зустрічних неспіввісних плоских струмин в повітророзподільниках для подачі повітря в робочу, а також у верхню зону приміщень дільниць штампування, монтування, лазерного спаювання, закріплення, пакування та зважування ювелірних виробів.

Застосування повітророзподільників із взаємодією зустрічних неспіввісних плоских струмин дасть змогу значно підвищити критерій ADPI [2] при подачі в приміщення дільниць штампування, монтування, лазерного спаювання, закріплення, пакування та зважування ювелірних виробів значної кількості повітря, необхідної для забезпечення сані-

тарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень та технологічності виробничих процесів, що відбуваються в даних приміщеннях.

Список літератури

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. НУ “Львівська політехніка”. – Львів. 2001, – с. 27–31.
4. *Возняк О., Ковальчук А.* Ефективність повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами. Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” № 460 “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація”, 2002 р., – с. 157–161.
5. *Возняк О., Ковальчук А., Іванусь Є., Кіц А.* Повітророзподіл у приміщенні при взаємодії зустрічних неспіввісних струмин. Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” № 432 “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація”, 2001 р., – с. 31–37.
6. *Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., Наука, 1976. – 279 с.