

## ІНЖЕНЕРІЯ ДОВКІЛЛЯ

УДК 697.9:621;697:621

О. Возняк, А. Ковальчук, О. Гандера  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

### ПОВІТРОРозПОДІЛ ЗУСТРІЧНИМИ НЕСПІВВІСНИМИ КРУГЛИМИ СТРУМИНАМИ ПРИ СТАЦІОНАРНОМУ РЕЖИМІ

© Возняк О., Ковальчук А., Гандера О., 2003

**The results of experimental investigations of using the opposite non-coaxial air jets in ventilation technology for creation of uniform result air jet are presented in this article. 3-factor experiment has been carried out and adequate chart is composed, analytic equations are also obtained. By these results investigations of the real constructions creation of air distribution systems will be continued.**

#### Постановка проблеми

Близько 80 % свого життя людина перебуває в приміщеннях. Тому її здоров'я і працездатність залежать значною мірою від того, наскільки санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату приміщень відповідають її фізіологічним потребам. Фізичний стан повітряного середовища приміщення залежить від таких параметрів, як температура, вологовміст, швидкість руху повітря тощо. На умови комфорту має великий вплив саме швидкість руху повітря, величина якої створюється засобами вентиляційної техніки. З [1 – 8] відомо, що значний вплив на умови теплового комфорту людини має також ступінь турбулентності швидкості. Оскільки донедавна цей чинник не брався до уваги, то він не внесений до обов'язкових норм.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Важливість врахування впливу ступеня турбулентності швидкості повітряних потоків на умови теплового комфорту досліджено в [1 – 8].

Сьогодні існує велика кількість різноманітних конструкцій повітророзподільовачів та схем роздачі припливного повітря як у верхню, так і в робочу зону приміщень [1]. Найраціональнішим способом повітророзподілу є подача припливного повітря безпосередньо в робочу зону. Для цього використовуються повітророзподільовачі з високою інтенсивністю погасання параметрів (швидкості  $V$  і температури  $t$ ) припливного повітря. Характерною особливістю таких припливних струмин є підвищена турбулентність порівняно із прямотечійними 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 багато повітророзподілювачів, в яких використовується ефект взаємодії співвісних та неспіввісних струмин. Згідно з [1] існують повітророзподілювачі, що являють собою 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 подачі припливного повітря в приміщення струменем, створеним взаємодією неспіввісних зустрічних припливних струмин між собою. Розглядається ефект взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, які витікають з насадки при відстані між осями

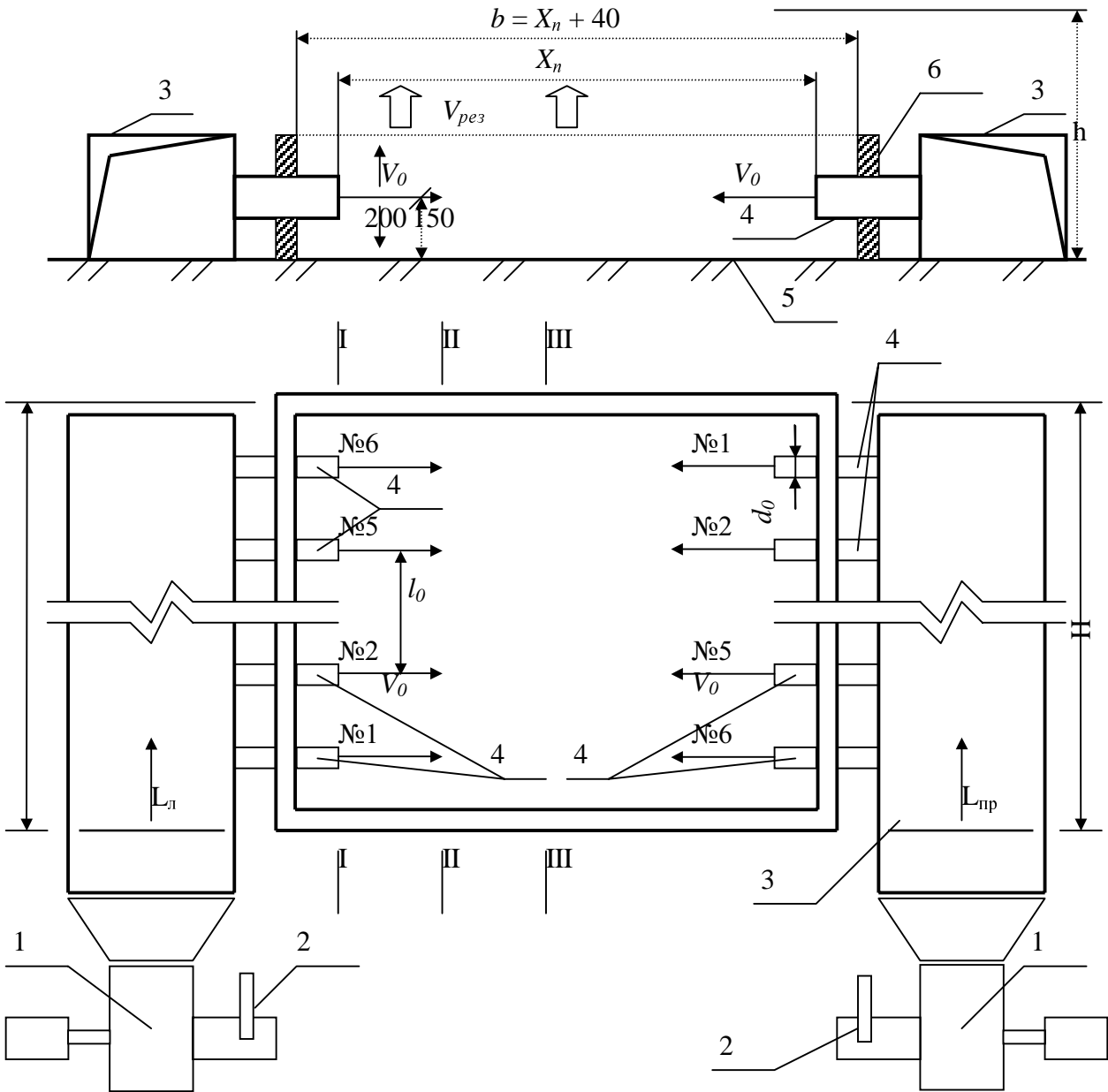


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

- 1 – вентиляційний агрегат; 2 – заслінка; 3 – повітропровід  $a \times b = 350 \times 350$  мм;  
 4 – припливні циліндричні насадки  $d_0 = 50$  мм та їх номери (1÷6); 5 – основа;  
 6 – конструктивна частина повітророзподілювача: 1-1; II-II; III-III – характерні перерізи припливних струмин;  $h$  – відстань до характерної площини полів швидкостей

зустрічних струмин більше  $0,5d_0$  і відстані між зустрічними насадками від  $12d_0$  до  $24d_0$ . В результаті взаємодії струмин утворюється результуючий повітряний потік, який безпосередньо надходить у робочу зону. Основна увага у цій роботі приділена саме дослідженню залежності характеристик результуючого потоку від умов взаємодії струмин.

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

**Мета цієї роботи** – вивчити характер розповсюдження результуючого повітряного потоку, визначити та оптимізувати коефіцієнт нерівномірності потоку  $\phi$  для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних струмин, а саме: при різних значеннях відстані між зустрічними насадками  $X_{п}$  та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють ( $L_{л}$  та  $L_{пр}$ ).

Експериментальні дослідження проводились на установці, схема якої показана на рис. 1.

Експериментальні дослідження були проведені за таких умов та спрощень:

- струмини ізотермічні;
- припливні насадки – циліндричні патрубки з коефіцієнтом погасання швидкості  $m = 6,8$ ;
- їх діаметр не змінювався і становив  $d_0 = 50$  мм;
- лінійний розмір повітропроводів не змінювався і становив  $H = 1,5$  м;
- відстань між осями насадок  $l_0$  була змінною і становила:  $l_{o1} = 100$  мм;  $l_{o2} = 100$  мм;  $l_{o3} = 100$  мм;

– довжини струмин  $X_{п}$ , що взаємодіють, були змінними і становили:  $X_{п1} = 0,6$  м =  $12 d_0$ ;  $X_{п2} = 0,8$  м =  $16 d_0$ ;  $X_{п3} = 1,0$  м =  $20 d_0$ ;  $X_{п4} = 1,2$  м =  $24 d_0$ ;

– співвідношення витрат повітряних потоків  $\bar{L} = L_{л} / L_{пр}$ , що взаємодіють, не змінювалось і становило  $\bar{L} = 1,0$ ;

– початкова швидкість повітря в припливних насадках знаходилась в межах  $V = 5 - 15$  м/с.

Заміри швидкості руху повітря  $V$  здійснювалися термоелектроанемометром ТА-9 із використанням координатника із сіткою точок  $5 \times 5$  см у перерізах: I-I; II-II; III-III.

Для проведення експериментальних досліджень було складено матрицю планування 3-факторного експерименту без врахування ефекту взаємодії чинників (таблиця), тобто було прийнято лінійну математичну модель. Як вхідні чинники були прийняті величини:

- $x_1 = x / X_{п}$  – відносна поздовжня координата ( $X_{п}$  – відстань між повітропроводами);
- $x_2 = h / H$  – відносна поперечна координата;
- $x_3 = l_0 / d_0$  – відносна відстань між осями патрубків.

Функцією відгуку (параметром оптимізації) є коефіцієнт нерівномірності виходу повітряного потоку  $\phi = V_c / V_{max}$ , де  $V_c$  та  $V_{max}$ , відповідно, середня та максимальна швидкості результуючого потоку повітря в розрахунковій площині повітророзподільника.

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

Отримане рівняння регресії має вигляд

$$\phi = 69,25 + 5,75 \cdot \frac{x}{X_{п}} + 13,25 \cdot \frac{h}{H} - 5,0 \cdot \frac{l_0}{d_0}. \quad (1).$$

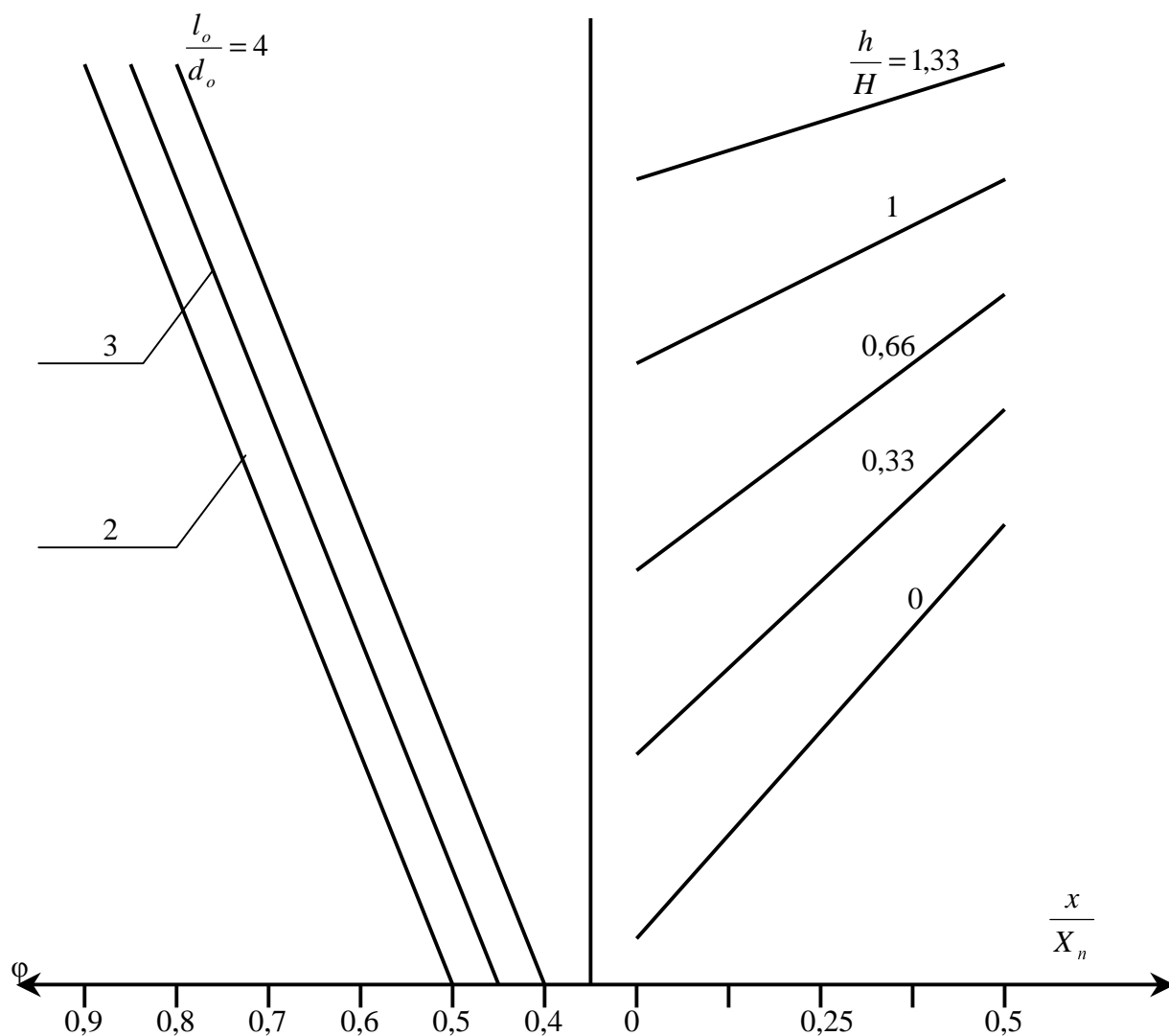


Рис. 2. Номограма для визначення коефіцієнта нерівномірності

### Матриця планування 3-факторного експерименту

N	$x_1 = x / X_n$	$x_2 = h / H$	$x_3 = l_o / d_o$	$\varphi$
1	-	-	-	0,52
2	+	-	-	0,70
3	-	+	-	0,85
4	+	+	-	0,90
5	-	-	+	0,42
6	+	-	+	0,60
7	-	+	+	0,75
8	+	+	+	0,80

На підставі аналізу коефіцієнтів регресії констатуємо:

- найбільший вплив на поведінку функції відгуку виявляє чинник  $x_2$  (відносна поперечна координата  $h/H$ ), решта чинників впливають не так істотно;
- чисельне збільшення поздовжньої та поперечної координат веде до зростання функції відгуку, а збільшення відстані між осями патрубків – до її спадання.

Отже, для досягнення підвищення коефіцієнта нерівномірності результуючого потоку  $\phi$  необхідно збільшити відстані від повітровипускних насадок до площини робочої зони, а відстань між осями патрубків зменшити.

За результатами експериментальних досліджень складено номограму – (рис. 2).

Ця номограма апроксимована залежністю (2)

$$\phi = 0,6 - 0,05 \cdot \frac{l_o}{d_o} + 0,05 \cdot \left( 0,4 + 5 \frac{h}{H} + \left( 7,2 - 4 \cdot \frac{h}{H} \right) \cdot \frac{x}{X_{\Pi}} \right). \quad (2).$$

Згідно з отриманими експериментальними даними, оптимальними лінійними співвідношеннями для отримання достатньо рівномірної швидкості виходу результуючого повітряного потоку  $\epsilon$ :  $x / X_{\Pi} = 0,5$ ;  $h / H = 0,15$ ;  $l_o / d_o = \min$ . При цьому ефективність застосування зустрічних неспіввісних круглих струмин буде максимальною. Якщо  $l_o / d_o = 0$ , то це означає заміну циліндричних патрубків у повітропроводах на плоскі поздовжні щілини і перехід до застосування зустрічних неспіввісних плоских струмин.

### Висновки

На основі отриманих результатів констатуємо:

– визначено та оптимізовано коефіцієнт нерівномірності потоку  $\phi$  для різних випадків взаємодії зустрічних неспіввісних круглих струмин, а саме: при різних значеннях співвідношення відстаней між їх осями ( $l_o$ ), відстані між зустрічними насадками  $X_{\Pi}$  та співвідношення витрат повітряних потоків, що взаємодіють ( $L_{\Pi}$  та  $L_{\Pi\Pi}$ );

– побудовано номограму;

– отримано розрахункові залежності;

– для досягнення підвищення коефіцієнта нерівномірності результуючого потоку  $\phi$  необхідно збільшити відстані від повітровипускних насадок до площини робочої зони, а відстань між осями патрубків зменшити;

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

– показано можливість підвищення ефективності повітророзподілу в приміщенні шляхом заміни в повітропроводах циліндричних патрубків на плоскі поздовжні щілини і переходу до застосування зустрічних неспіввісних плоских струмин.

Застосування повітророзподільвачів із використанням ефекту взаємодії зустрічних неспіввісних струмин дасть змогу значно підвищити критерій ADPI при подачі в приміщення значної кількості повітря та зменшити матеріаломісткість припливної системи.

**1.** *Справочник проектировщика ЧП. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Под ред. И.Г. Староверова. – М., 1977.* **2.** *Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции. – М., 1978.* **3.** *Гримитлин В. Н. Распределение воздуха в помещениях. – М., 1982.* **4.** *Возняк О.Т. Влияние взаимодействия струмин на повітророзподіл у приміщенні // Вісн. НУ “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва”. – 2001. С. 27– 31.* **4.** *Возняк О., Савчин Р., Гринчишин О. Повітророзподіл у приміщеннях малої висоти струминами з підвищеним ступенем турбулізації // Вісн. НУ “Львівська політехніка” “Теорія і практика будівництва” – 2002. – № 462 – С. 134 – 138.* **5.** *Возняк О., Ковальчук А. Ефективність повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами // Вісн. НУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація”. – 2002. № 460 – 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. НУ “Львівська політехніка” “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація” – 2001. № 432 – С. 31 – 37. 8. Возняк О., Ковальчук А., Іванусь Є. Взаємодія зустрічних неспіввісних струмин. У зб.: “Efektywnosc dystrybucji i wykorzystania ciepła” / Polytechnika Rzeszowska. – Solina. – 2001. – S. 397 – 403. 9. Vozniak O., Dovbush O. 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.

УДК 629.113.06:628.83

**О. Возняк, Ю. Юркевич, В. Желих**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

## **ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ОПТИМІЗАЦІЇ СУКУПНИХ ТЕРМОРЕНОВАЦІЙ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ БУДИНКУ**

© Возняк О., Юркевич Ю., Желих В., 2003

**In this article scientifically proved results of civil buildings energetic audit carrying out method optimization are presented. Ways of thermorenewal process quantity needed for consideration reducing at energy audit carrying out are proposed. Quantity estimation of this reducing energy audit method is presented, taking into account modern economic calculating methods and modern economic efficiency estimation method. Quantity estimation of microclimate providing system save energy and efficiency of heat during heating season in comparison with a traditional heating regime is done.**

### **Постановка проблеми**

За роки незалежності України стала актуальною така проблема, як енергетична залежність від Росії. Наша держава недостатньо забезпечена енергетичними ресурсами, тому виникла життєва необхідність у впровадженні енергоощадних заходів. Нераціонально використовуються енергоресурси як в промисловості, так і в житлово-комунальному комплексі. Наша країна щорічно витрачає на придбання, видобуток і переробку основних видів енергоносіїв (нафти, природного газу та вугілля) величезні матеріальні і фінансові засоби. У таких умовах нераціональне використання ресурсів неприпустиме. Підвищення ефективності використання й економії енергоресурсів є найважливішим завданням кожної розвинутої держави

Сьогодні питання енергоощадності, обліку енергоресурсів і управління їх витратою стоять, як ніколи, гостро. В умовах гострої економічної кризи дбайливе використання енергоносіїв є важливим пріоритетним завданням економічної політики України. Сьогодні як першочергове завдання в нашій країні проводиться широкомасштабна політика в галузі енергоощадності. Завдання енергоощадності в Україні є комплексними і охоплюють аспекти як зовнішнього теплопостачання, так і внутрібудинкового (опалення), а також законодавчої бази і технічної інновації.