

ЗАСТОСУВАННЯ ПОВІТРОРОЗПОДІЛУ ВЗАЄМОДІЄЮ ЗУСТРІЧНИХ НЕСПІВВІСНИХ СТРУМИН

Орест Возняк, Христина Миронюк, Ірина Сухолова

Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. У цій статті представлені результати експериментальних досліджень використання у вентиляційній техніці зустрічних неспіввісних струмин для створення рівномірного результуючого повітряного потоку, за якими зроблені висновки щодо створення діючих конструкцій повітророзподільвачів та застосування повітророзподілу взаємодією зустрічних неспіввісних струмин.

Ключові слова: повітророзподіл, взаємодія струмин, зустрічні неспіввісні повітряні струмини, швидкість руху, надлишкова температура.

ВСТУП

Сучасний розвиток суспільства пов'язаний з потребами покращення санітарно-гігієнічних умов у виробничих та невиробничих приміщеннях, а також економії матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів. Сьогодні в Україні успішно розвиваються такі галузі промисловості як текстильне виробництво, мікроелектроніка, комп'ютерні технології, виробництво нових матеріалів, інструментів, ювелірне виробництво тощо у виробничих приміщеннях яких підтримання нормованих параметрів повітря в обслуговуваній зоні у значній мірі залежить від організації повітророзподілу. Умови праці, ефективність та надійність роботи устаткування значною мірою залежить від умов повітряного середовища виробничо-технологічних приміщень, які повинні забезпечуватися системами вентиляції [3,17,18].

Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка повітророзподільника, з якого витікає потік, утворений взаємодією зустрічними неспіввісними струминами для забезпечення інтенсивного затухання параметрів результуючого потоку повітря у виробничо-технологічних приміщеннях невеликого об'єму.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

У приміщеннях невеликого об'єму з розосередженими джерелами шкідливостей, незначними тепловими надлишками і фіксованими робочими місцями, де визначальний вплив на формування внутрішнього мікроклімату мають припливні струмини, вирішення цієї задачі ускладнюється через обмежені відстані до робочої зони при подачі повітря вертикальними струминами і можливого переносу шкідливостей горизонтальними припливними потоками. У зв'язку з цим виникає

необхідність розроблення нових конструктивних вирішень повітророзподілення, які забезпечили б одночасно створення необхідного мікроклімату та економію матеріальних і енергетичних ресурсів. Недостатньо вивченим і, як наслідок, мало застосовуваним є питання інтенсифікації затухання параметрів повітряного потоку завдяки взаємодії зустрічних струмин .

Для подачі припливного повітря безпосередньо в робочу зону можуть використовуватися повітророзподільники, що забезпечують при витіканні параметри повітря, що подається, близькі до нормованих, або такі, що створюють припливні струмини, у яких швидкості і температури досягають нормованих значень поблизу від місця випуску [1,8,9,10].

Залежно від вибраної схеми повітророзподілу підбираються відповідні конструкції повітророзподільних пристроїв. Певна конструкція повинна забезпечувати ті чи інші характеристики припливної струмини, що утворюються при витіканні з даного повітророзподільника. При вирішенні завдання організації повітророзподілу у великих приміщеннях з використанням схем роздачі припливного повітря доцільною є якнайбільша далекобійність припливних струмин. При випуску повітря безпосередньо в робочу зону потрібно забезпечити якнайшвидше погасання припливних струмин. Зменшення швидкості та різниці температур у припливних струминах можна оцінити за допомогою коефіцієнтів погасання m і n [7,16,19,20].

Далекобійність струмини, яка розвивається в обмеженому просторі, є в квадратичній залежності від коефіцієнту затухання швидкості m :

$$X_{\max} = 0,3m^2H_n \quad (1)$$

де: m — коефіцієнт затухання швидкості; H_n – висота приміщення, м.

Таким чином, в приміщеннях невеликої висоти необхідно використовувати повітророзподільники з низьким m [14,19].

При взаємодії зустрічних потоків в утвореній струмині спостерігається швидке зниження швидкості і далекобійності. У результуючій струмині є три ділянки: початкова, формування і основна. Довжина початкової ділянки залежить від відстані між насадками і кутом зустрічної струмини. Ділянка формування починається з місця з'єднання зустрічних струмин, інтенсивність турбулентності тут вища в 6...10 разів, ніж в початковій. Цим пояснюється підвищення кута розширення і зменшення далекобійності результуючої струмини в порівнянні з одиночною.

Розроблено конструкцію повітророзподільника з використанням взаємодії зустрічних плоских струмин, який складається з вертикального підвідного повітропровода, двох розподільних повітропроводів та горизонтального з'єднувального повітропровода, встановленого між двома вертикальними розподільними повітропроводами, а на протилежній стороні - з'єднувальну стінку між розподільними повітропроводами, ущільнювач, який встановлений з тильної сторони повітророзподільника по його периметру, елементи кріплення навісного повітророзподільника, причому вертикальний підвідний повітропровід приєднаний в центральній частині з'єднувального горизонтального повітропроводу, а розподільні повітропроводи виконані у вигляді повітропроводів рівномірної витрати із неспіввіднесеними опозитними плоскими щілинами при співвідношенні відстані між осями опозитних щілин до їх ширини $\geq 1,5$ (рис. 1) [12,13].

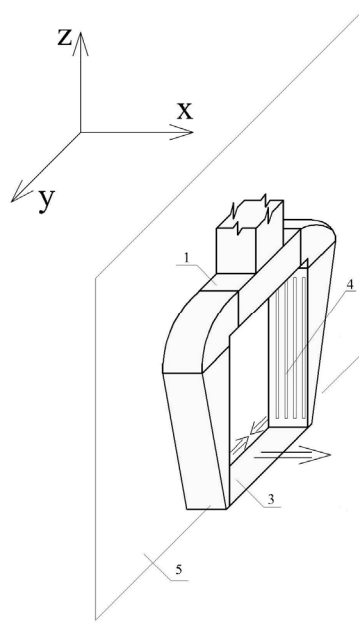


Рис. 1. Повіторозподільник із взаємодією зустрічних

1 – повітропровід; 2 – конструктивна частина повіторозподільника; 3 – конструктивна частина повіторозподільника; 4 – припливні щілини $b_0=20$ мм; 5 – основа неспіввісних плоских струмін

Fig.1. Basic air distribution device with interaction of opposed non-coaxial flat air jets

1 - duct, 2 - a constructive part of the Air, and 3-constructive part of the air
4 - tidal cracks $b_0 = 20$ mm, 5 - basis

Встановлення припливних зустрічних неспіввісних насадків у вигляді плоских щілин забезпечує інтенсивне затухання параметрів повітряного потоку, що витікає з цих насадків у робочий об'єм повіторозподільника. Це відбувається за рахунок розповсюдження обмежених паралельних зустрічних струмін, їх взаємного підживлення, часткового співударяння, в тому числі і до протилежних стінок розподільних повітропроводів і вимушеного одностороннього напрямку руху результуючого потоку повітря із повіторозподільника.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

Експериментальні дослідження проводились на установці, схема якої представлена на рис.2 при таких умовах та спрощеннях:

- приплив і насадки – щілини з коефіцієнтом погасання швидкості $m = 2,5$;
- їхня ширина не змінювалася і становила $b_0 = 20$ мм;
- лінійний розмір повітропроводів не змінювався і становив $H = 1,5$ м;

- повітропроводи виконані у вигляді повітропроводів рівномірної витрати;
- відстань між осями насадків l_0 була змінною і становила: $l_{01} = 40\text{мм} = 2 b_0$; $l_{02} = 60\text{мм} = 3 b_0$; $l_{03} = 80\text{мм} = 4 b_0$;
- довжини струмин $X_{п}$, що взаємодіють, були змінними і становили: $X_{п1} = 0,6\text{м} = 30 b_0$; $X_{п2} = 0,8\text{м} = 40 b_0$; $X_{п3} = 1,0\text{м} = 50 b_0$; $X_{п4} = 1,2\text{м} = 60 b_0$;
- співвідношення витрат повітряних потоків $\bar{L} = L_{г}/L_{г0}$, що взаємодіють, змінювалось і становило: $\bar{L}_1 = 1,0$; $\bar{L}_2 = 2,0$; $\bar{L}_3 = 3,0$.
- струмини слабоізотермічні;
- початкова швидкість повітря в припливних насадках знаходилася в межах: $v_0 = 5 - 15 \text{ м/с}$.

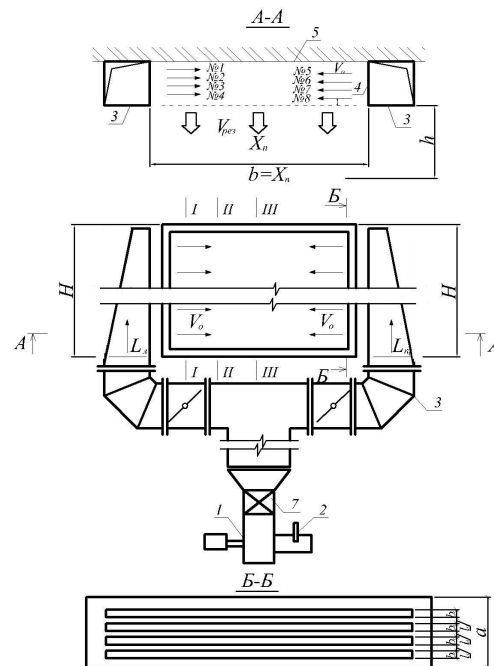


Рис. 2. Схема експериментальної установки
 1 - вентиляційний агрегат; 2 - заслінка; 3 - повітропровід розміром $a \times b = 350 \times 350 \text{ мм}$;
 4 - припливні насадки шириною $b_0 = 20 \text{ мм}$; 5 - основа; 6 - конструктивна частина повітророзподільника; h - відстань до характерної площини полів швидкостей;
 7 - повітрянагрівач

Fig.2. Scheme of experimental setup

1 - ventilation system, 2 - valve, 3 - duct size $a \times b = 350 \times 350 \text{ mm}$;
 4 - tidal nozzle width $b_0 = 20 \text{ mm}$, 5 - base, 6 - constructive part of the air;
 h - the distance to the characteristic plane velocity fields; 7 - stove

Заміри швидкості руху повітря V здійснювалися термоелектроанемометром TESTO 405-V1 із використанням координатника із сіткою точок 5 x 5 см у перерізах: I-I; II-II; III-III; IV-IV; V-V [2,15].

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 повітророзподільника 6 [11,15].

На підставі результатів експериментальних досліджень [4,5,6,7,11] розроблено методику розрахунку та вибору повітророзподільників і ряд допоміжних графіків. На рис.3 зображено графік падіння осьової швидкості плоскої та круглої струмин залежно від координати. Для відчутності ефекту взаємодії струмин приймаємо припущення, що величина відносної граничної швидкості складає $\bar{v} = 0,15 - 0,2$. Відтак визначимо граничну відносну відстань – так звану граничну далекобійність 0,4 – 0,6 (відстань до області взаємодії струмин). Перехідна область є граничною відносною відстанню і являє собою поріг відчутності ефекту взаємодії неспіввісних струмин. Графік описує параметри однієї з струмин, що взаємодіють. Оскільки параметри другої струмини описуються аналогічно, то відстань між розподільними повітропроводами X_f (гранична ширина приміщення) визначається як подвоєна величина відстані до перехідної області: $X_f = 2\bar{X} \cdot X_{\max}$.

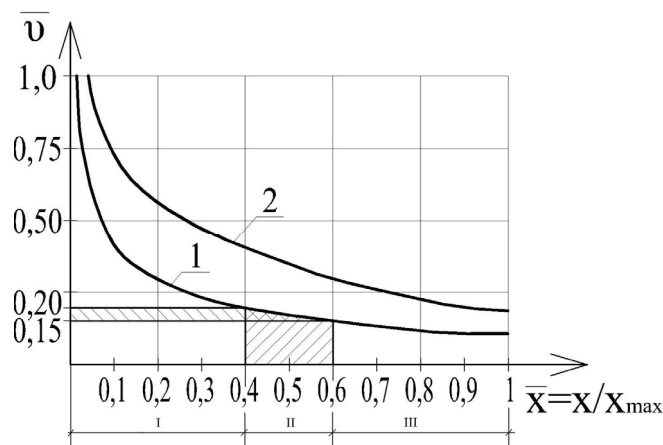


Рис. 3. Визначення далекобійності струмин

1 – для плоских струмин; 2 – для круглих струмин, де \bar{X} – відносна координата, X_{\max} – далекобійність струмини, м, X – біжуча координата, м; \bar{v} – відносна швидкість струмини.

Fig.3. Determination of airflow reach

1 - for flat strumyn 2 - for round strumyn

where - relative coordinate, - carry strumyny, m, X - a running coordinate, m - relative velocity strumyny

I - $\bar{X} = 0 - 0,4$ - область доцільності використання ефекту взаємодії

II - $\bar{X} = 0,4 - 0,6$ - перехідна область

III - $\bar{X} = 0,6 - 1,0$ - область недоцільності використання ефекту взаємодії

Рис. 4 відображає номограму для визначення конструктивних особливостей повітророзподільного пристрою при заданій витраті повітря L і необхідній початковій швидкості U_0 у повітропроводах.

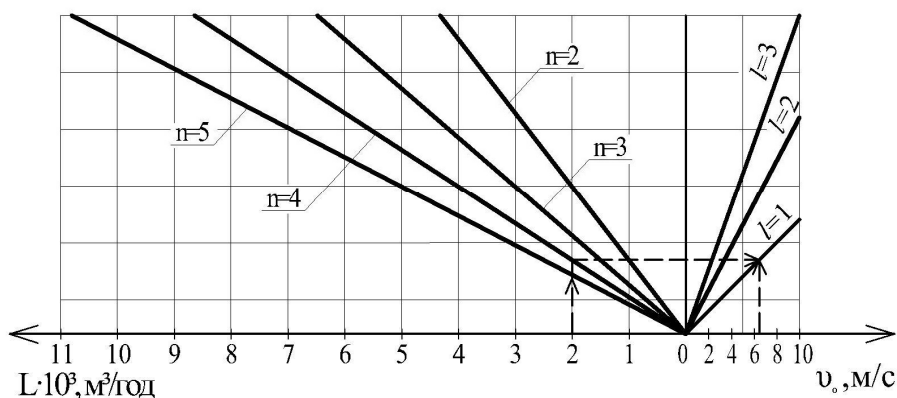


Рис. 4. Номограма для визначення конструктивних особливостей повітророзподільного пристрою при заданій витраті повітря L і необхідній початковій швидкості U_0 у повітропроводах

Fig.4. Nomogram for determining of the structural features of the air distribution device at a given air flow L the necessary initial velocity U_0 in the air ducts

Таблиця 1. Типоряд повітророзподільників ПВЗНКС та ПВЗНПС

Table 1. A series of the air distributors ADDINCRAJ and ADDINCFJAJ

№ з/п	Тип	Ширина повітровипускної площини, м	Повітро-продуктивність, м ³ /год
1	ПВЗНКС-1*	1; 1.2; 1.5; 2	254 – 678
2	ПВЗНКС-1,2	1; 1.2; 1.5; 2	254 – 848
3	ПВЗНКС-1,5	1; 1.2; 1.5; 2	339 – 1017
4	ПВЗНКС-2	1; 1.2; 1.5; 2	424 – 1187
5	ПВЗНПС-1	1; 1.2; 1.5; 2	828 – 3318
6	ПВЗНПС-1,2	1; 1.2; 1.5; 2	1002 – 4009
7	ПВЗНПС-1,5	1; 1.2; 1.5; 2	1261 – 5046
8	ПВЗНПС-2	1; 1.2; 1.5; 2	1693 – 6774

* Примітка: цифрою позначена довжина повітровипускної площини, м.

Використання повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами у верхній зоні приміщення дозволяє просто здійснювати значні повітрообміни у приміщенні при дотриманні заданих швидкостей руху повітря.

Розроблений на підставі виконаних досліджень типоряд повітророзподільників із взаємодією зустрічних неспіввісних круглих (ПВЗНКС) та плоских (ПВЗНПС) струмин, створено інженерну методику їх підбору і розрахунку.

ВИСНОВКИ

Отже, на підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблена методика розрахунку та підбору повітророзподільників ПВЗНКС та ПВЗНПС, яка дозволяє проектувати ефективні системи повітророзподілення, що забезпечують нормативні швидкості та температури в робочій зоні виробничо-технологічних приміщень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамович Г.Н. : Турбулентное смешение газовых струй. - М.: Наука, 1974. – 272 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. : Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М., Наука, 1976. – 279 с.
3. Банхиди Л. : Тепловой микроклимат помещений. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
4. Возняк О.: Динамічний клімат і енергоощадність. // Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” № 460 “Теплоенергетика. Інженерія докiлля. Автоматизація”, 2002 р., - с.157 – 161.
5. Возняк О.Т., Желих В.М. : Основи наукових досліджень у будівництві: Навч. посiбник для студ. вищих навч. закл. // Національний ун-т „Львівська політехніка”. – Л.: видавництво Національного ун-ту „Львівська політехніка”, 2003. – 176 с.
6. Возняк О.Т., Ковальчук А.О.: Повітророзподіл зустрічними неспіввісними струминами // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. – Вип.6. – К.: КНУБА, 2003. – 104 с. - С.5-10.
7. Возняк О., Сухолова І., Миронюк Х. : Підвищення ефективності повітророзподілу у приміщенні при використанні закручених струмин. // MOTROL , 2010, Volume 12С. – С.210-214.
8. Гримитлин М.И. : Распределение воздуха в помещениях. – М., Стройиздат 1982, – 163 с.
9. Кокорин О.Я. : Современные системы кондиционирования воздуха. – М.: Издательство физико-математической литературы, 2003. – 272 с.
10. Ловцов В.В., Хомуцкий Ю.Н. Системы кондиционирования динамического мькроклимата помещений. -Л.,1991-с.150.
11. Миронюк Х.В. : Спрощена модель повітророзподілу неспіввісними опозитними плоскими щiлинами. Др. Вісник Національного Університету „Львівська Політехніка” - 2007, № 600, „Теорія і практика будівництва”.- с.236-241.
12. Патент № 16828 UA 7 F24F 13/06. Повітророзподільник Возняк О.Т., Ковальчук А.О., Миронюк Х.В. // Промислова власність. – 2006. - №8. Кн. 1 – С. 779.

13. Патент № 40842 UA 7 F24F 13/06. Повітророзподільник / Возняк О.Т., Миронюк Х.В. // Промислова власність. – 2009. - №8.
14. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. В 2-х ч. Ч.2. Вентиляция и кондиционирование воздуха. /В.Н. Богословский, И.А.Шепелев, В.М.Эльтерман и др. Под. ред. И.Г.Старовойта. 3-е изд., перераб.и доп. М., Стройиздат, 1978.-502с.
15. Статистические методы обработки эмпирических данных. Рекомендации. М.: Издательство стандартов, 1978. – 232 с.
16. Талиев В. Н. : Аэродинамика вентиляции. – М., Стройиздат 1978, – 274 с.
17. Фангер О. : качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей // АВОК. – 2003. - №4. – с.12-18.
18. Хомуцецкий Ю.Н. : Повышение эффективности эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха и управление охраной труда. // Повышение энергетической эффективности систем вентиляции и кондиционирования воздуха. – Л., 1983С. 89-93.
19. Шепелев И.А. : Аэродинамика воздушных потоков в помещении. – М.: Стройиздат, 1978. – 145 с.
20. Шлихтинг Г. : Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 711 с.

THE USE OF AIR DISTRIBUTION WITH COORDINATION OF OPPOSING NON-AXIAL AIRFLOWS

Annotation. In this article are presented the results of experimental research on the use of the venting method of opposing non-axial airflow for creation of evenly balanced resulting airflows. According to the above research the conclusions were made in relation to creation of operating designs of air distributors and the use of air distribution with coordination of opposing non-axial airflows.

Key words: air distribution, interaction of air jets, opposed non-coaxial air jets, air velocity, exceed temperature.