

ПОДАЧА ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННЯ НАСТИЛЬНИМИ ОХОЛОДЖЕНИМИ СТРУМИНАМИ

Як відомо, здоров'я і працездатність людини залежить, в значній мірі від того, наскільки санітарно-гігієнічні параметри мікроклімату виробничих (технологічних) приміщень відповідають її фізіологічним потребам. В робочій (обслуговуваній) зоні таких приміщень повинні забезпечуватись нормовані параметри внутрішнього повітря. Фізичний стан повітряного середовища технологічного приміщення характеризується такими параметрами, як температура, вологовміст, швидкість руху повітря, шум, запиленість, запахи та ін. Умови комфорту передовсім визначаються температурою повітря та його швидкістю руху. Ці величини підтримуються засобами вентиляційної техніки і залежать від прийнятої організації повітрообміну та схеми повітророзподілу. Слід додати, що на умови теплового комфорту людини значно впливає також ефект збурення повітряних потоків, у зв'язку з наявністю технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу, якщо висота приміщення є незначною. Це такі приміщення, в яких значна частина робочої зони знаходиться в прямому потоці припливної струмини. Сукупність вказаних факторів визначає характер повітряних потоків та розвитку вентиляційних струмин у такому приміщенні [1–9].

Важливість врахування впливу збурення повітряних потоків, у зв'язку з наявністю технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу в приміщенні на швидкісні поля повітряних потоків та їх особливості досліджено в [1–9]. У таких умовах необхідно забезпечувати достатньо велику далекобійність припливної струмини. Одним із засобів збільшення її далекобійності є застосування ефекту Коанда, тобто настилення струмини на внутрішні поверхні стін або стелі [2]. Крім збільшення далекобійності, явище настилення струмини на стелю впливає на поле течії, на розширення струмини, на процеси підмішування і погасання швидкості в струмині. Тому найбільш раціональною схемою повітророзподілу у випадку з наявністю технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу у виробничому приміщенні з малою висо-

тою є застосування способу подачі повітря в робочу зону настільними струминами. При цьому доцільно запропонувати застосування повітророзподільвачів з великою інтенсивністю погасання швидкості і температури припливного повітря, тобто пристроїв, які забезпечують інтенсивне перемішування припливного повітря з навколишнім [1].

Сьогодні існує значна кількість різноманітних конструкцій повітророзподільвачів та схем роздачі припливного повітря як у верхню, так і в робочу зону приміщень [5;7;8], де використовується ефект настилення струмин на внутрішні поверхні стін або стелі [2;5;7;8], що є достатньо поширеним явищем у вентиляційній техніці.

Отже, при кондиціюванні повітря у виробничих приміщеннях з малою висотою при наявності технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу заслуговує на увагу такий спосіб подачі повітря, як зосереджений приплив настільними на внутрішню поверхню стелі плоскими охолодженими струминами. Повітророзподільником може служити пристрій із прямокутним щілинним отвором із співвідношенням сторін не меншим за 1:15 [1;2].

Характерною особливістю такої схеми повітророзподілу є обмеження простору розвитку прямого та зворотного потоку струмини стінами, стелею та підлогою приміщення, а також технологічним обладнанням та обслуговуючим персоналом, що створює певне обмеження простору для розвитку повітряної струмини, тобто так зване “стиснення” припливної струмини. Повітряний потік, рухаючись в обмеженому просторі цього приміщення, тобто у “стиснених” умовах, формує плоску стиснену струмину і надходить в обслуговувану зону.

Вплив обмеження простору при розвитку стиснених струмин зручно враховувати введенням у розрахункові формули вільних струмин відповідних поправних безрозмірних коефіцієнтів стиснення, які являють собою співвідношення швидкості V , витрати L або кількості руху I в цій же точці простору, яка розглядається, при умовах відповідно стисненої та вільної струмини [2].

Розвиток стиснених струмин в обмеженому просторі може відбуватись за тупиковою або протічною схемою [2;7;8]. В цій роботі розглядається плоска настільна охолоджена струмина, яка спрямовується вздовж виробничого приміщення малої висоти при наявності технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу за тупиковою схемою, в якій витяжний отвір розміщений в тій же площині, що і припливний (рис. 1).

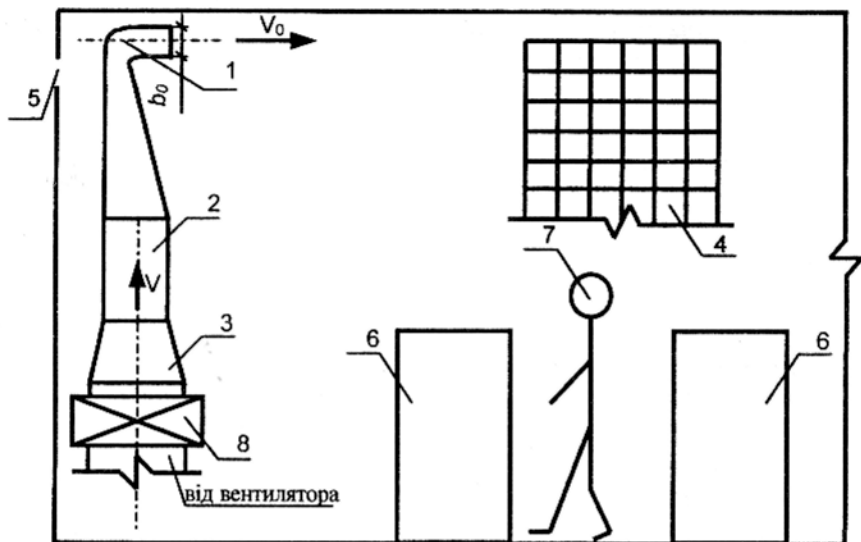


Рис. 1. Схема експериментального стенду

1 – насадок з плоскою повітровипускною щілиною; 2 – повітропровід; 3 – конфузор; 4 – координатник; 5 – витяжний отвір; 6 – технологічне обладнання; 7 – обслуговуючий персонал; 8 – охолоджувач повітря

Слід зауважити, що донедавна у вентиляційно-опалювальній техніці при розгляді стиснених припливних струмин враховувався вплив збурення повітряного потоку у зв'язку з наявністю технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу в приміщенні на розрахунок лише швидкісних характеристик припливної струмини. Можна припустити, що цей фактор вносить корективи також і в їхні температурні параметри.

У зв'язку з цим, у цій статті пропонується розглянути поправний безрозмірний коефіцієнт стиснення по температурі k_{ct} . Для вирішення поставленого завдання слід діяти аналогічно, як і у випадках, зазначених вище, і виразити коефіцієнт стиснення по температурі k_{ct} у вигляді співвідношення надлишкової температури в цій же розрахунковій точці простору, яка розглядається, за умови відповідно стисненої Δt_{xc} та вільної Δt_x струмини [2].

$$k_{ct} = \frac{\Delta t_{xc}}{\Delta t_x} . \quad (1)$$

Основна увага в цій роботі приділена саме дослідженню коефіцієнта стиснення струмини по температурі k_{ct} та характеру зміни осьової надлишкової температури Δt_{xc} .

Мета цієї роботи – дослідження характеру поширення плоских настільних неізотермічних струмин в обмеженому просторі виробничого приміщення малої висоти з наявністю в ньому технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу, визначення коефіцієнта стиснення струмини по температурі k_{ct} та характеру зміни осьової надлишкової температури Δt_{xc} .

Експериментальні дослідження проводились в натурних умовах на стенді, схему якого див. на рис. 1, за такими умовами та спрощеннями:

- плоска струмина є неізотермічною (охолодженою);
- коефіцієнт погасання швидкості припливних насадків з плоскими повітровипускними щілинами становив $m = 2,5$;
- ширина щілинного отвору змінювалась і становила: $l_o = 300$ мм; $l_o = 450$ мм; $l_o = 600$ мм;
- висота щілини була змінною, а саме: $b_o = 20$ мм; $b_o = 30$ мм; $b_o = 40$ мм;
- витрата повітряного потоку L , змінювалась і становила: $L_1 = 900$ м³/год; $L_2 = 700$ м³/год; $L_3 = 500$ м³/год; $L_4 = 300$ м³/год;
- початкова швидкість повітря при витіканні з припливного насадка знаходилася в межах: $V_o = 5\text{--}15$ м/с.

Швидкості і температури руху повітря вимірювались термоелектроанемометром ТА-9. Швидкості повітряного потоку, які перевищували 5 м/с, вимірювались мікроманометром з пневмометричною трубкою Піто-Прандтля.

Заміри температур і швидкостей руху повітря в розрахункових точках здійснювались з використанням координатника із сіткою точок 5×5 см у п'яти поперечних перерізах.

В ході експериментальних досліджень були визначені границі припливної струмини в зоні її прямого та зворотного потоку.

Внаслідок слабконеізотермічного характеру припливної струмини в приміщенні (перепад температур Δt при кондиціонуванні повітря досягає не більше 10°C , а критерій $Ar \leq 5 \cdot 10^{-4}$) дією гравітаційних сил можна знехтувати [1]. Отже, швидкості руху повітря визначаються за такими ж аналітичними залежностями, як і для ізотермічних струмин.

У випадку плоскої вільної струмини надлишкова температура в основній ділянці розраховується за формулою [2]:

$$\Delta t_x = \Delta t_o \cdot n \cdot \sqrt{\frac{b_o}{x}}, \quad (2)$$

де Δt_o , Δt_x – початкова та біжуча надлишкові температури припливного і навколишнього повітря, °С; n – теплова характеристика струмни, $n = 2$; b_o – висота припливного щілинного отвору, м; x – біжуча координата, м.

Для стиснених плоских струмин поправний коефіцієнт на стиснення по температурі k_{ct} пропонується ввести у вигляді: $k_{ct} = f \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{x}{l_o}} \right)$.

З врахуванням (2) розрахунок стисненої плоскої неізотермічної струмни слід проводити за формулою (3):

$$\Delta t_{xc} = \Delta t_o \cdot n \cdot \sqrt{\frac{l_o}{x}} \cdot k_{ct}. \quad (3)$$

За результатами експериментальних досліджень побудовано графік у вигляді: $k_{ct} = f_1 \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{x}{l_o}} \right)$ (рис. 2).

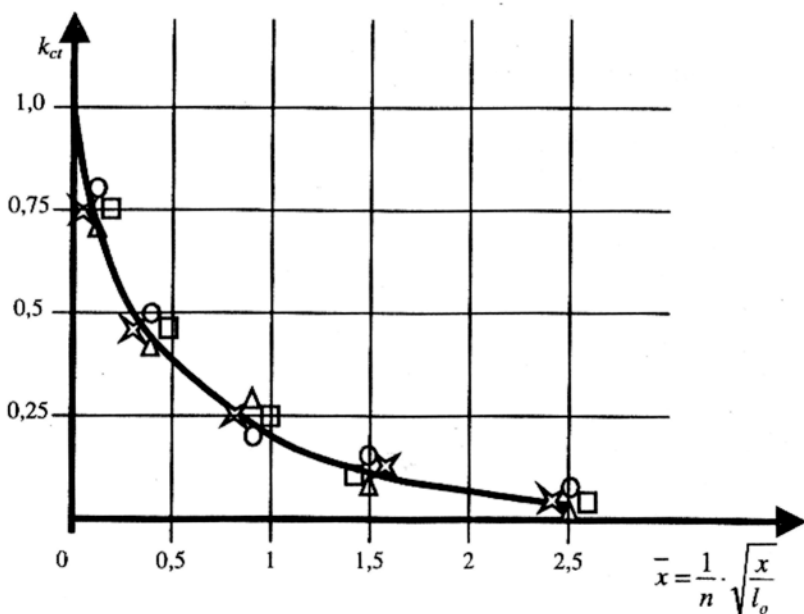


Рис. 2. Коефіцієнт стиснення по температурі k_{ct} ; $\circ, \square, \Delta, \times$ – значення параметрів плоскої струмни при продуктивності відповідно: 900; 700; 500; 300 м³/год

За цими ж експериментальними даними будуюмо наступну графічну залежність $\overline{\Delta t}_{xc} = f \cdot (\bar{x})$ (рис. 3),

де $\overline{\Delta t}_{xc} = \frac{\Delta t_{xc}}{\Delta t_o}$ – відносна надлишкова температура; $\bar{x} = \frac{x}{l_o}$ – відносна координата (l_o – напівширина щілини, м).

На рис. 3 представлена графічна залежність $\overline{\Delta t}_{xc} = f_2 \cdot \left(\frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{x}{l_o}} \right)$ за даними експериментальних натурних досліджень характеру зміни відносної осьової надлишкової температури $\overline{\Delta t}_{xc}$ при розвитку плоскої стисненої охолодженої струмнини в технологічному приміщенні.

Графічна залежність (рис. 3) апроксимується виразом (4):

$$\overline{\Delta t}_{xc} = \left(\frac{6,5}{x + 6,5} \right)^2. \quad (4)$$

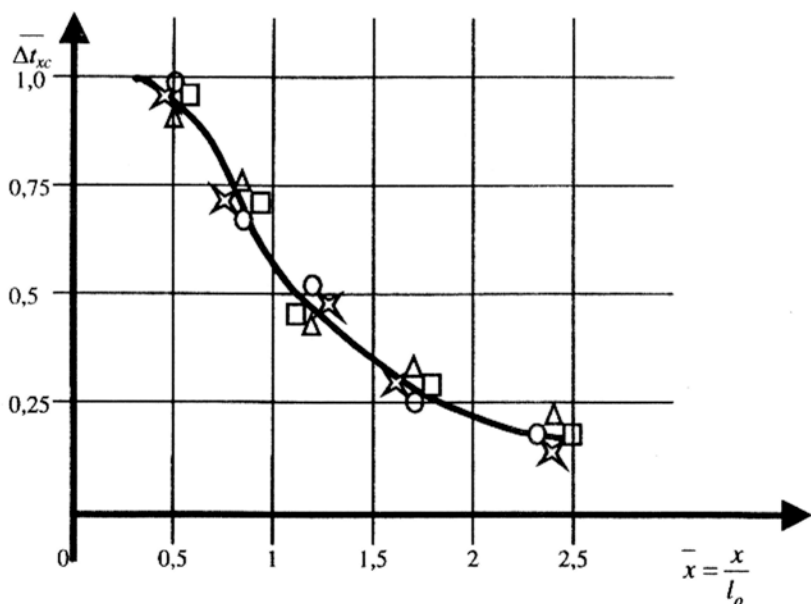


Рис. 3. Осьова відносна надлишкова температура $\overline{\Delta t}_{xc}$ (позначення ті ж, що і на рис. 2)

На основі отриманих результатів констатуємо:

- для плоских настільних стиснених неізотермічних струмин отримано розрахункові залежності для визначення поправного коефіцієнта стиснення по температурі k_{ct} ;
- кількісно встановлено вплив ефекту настилання на закономірності розвитку плоских настільних стиснених неізотермічних струмин у технологічному приміщенні;
- встановлено в кількісній формі зменшення початкової ділянки плоскої стисненої струмини та інтенсивність падіння осьової надлишкової температури на основній ділянці;
- обґрунтовано, що ефективність застосування плоских настільних неізотермічних струмин для подачі повітря в робочу зону технологічного приміщення є високою.

Отримані результати дають змогу розраховувати перепад температур у виробничому приміщенні незначної висоти з наявністю технологічного обладнання та обслуговуючого персоналу і визначати початкові теплові параметри струмини як доповнення до розрахунку динамічних характеристик.

Застосування повітророзподілювачів із використанням ефекту настилання плоских охолоджених струмин дає змогу значно підвищити критерій ADPI при подачі в технологічне приміщення значної кількості повітря і зменшити внаслідок цього матеріалоемність припливної системи.

Використана література

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. *Банхиди Л.* Тепловой микроклимат помещений. – М.: Стройиздат, 1981. – 248 с.
5. *Возняк О., Ковальчук А.* Ефективність повітророзподілу зустрічними неспіввісними струминами // Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” № 460 “Теплоенергетика. Інженерія довкілля. 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. – С. 173–178.

7. *Возняк О., Ковальчук А., Іванусь Є., Кіц А.* Повітророзподіл у приміщенні при взаємодії зустрічних неспіввісних струмин // Вісник Національного Університету “Львівська політехніка” № 432 “Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація”, 2001. – С. 31–37.

8. *Возняк О., Ковальчук А., Іванусь Є.* Взаємодія зустрічних неспіввісних струмин // Зб.: “Efektywnosc dystrybucji i wykorzystania ciepła”, Polytechnika Rzeszowska, Solina, 2001. – С. 397–403.

9. *Возняк О., Ковальчук А.* Повітророзподіл зустрічними неспіввісними круглими струминами // Наук.-техн. зб. КНУБА “Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”, вип. 6, 2003. – С. 5–10.