УДК 629.113.06:628.83

О.Т. Возняк, І.Є.Сухолова, Х.В.Миронюк
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ЕНЕРГООЩАДНІСТЬ ПРИ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЕННІ НАСТИЛЬНИМИ СТРУМИНАМИ

© Возняк О.Т, Сухолова І.Є., Миронюк Х.В., 2013

Розглянуто повітророзподілення настильними струминами. Визначено коефіцієнт тепловіддачі та кількість теплоти при настиланні струмин на поверхню огороджень.

Ключові слова: енергоощадність, повітророзподілення, повітряна струмина, швидкість руху повітря, витрата.

Air distribution by spread air jets has been regarded. Coefficient of convective heat and heat amount have been determined at air jets spreading on enclosure surface

Key words: energy saving, air distribution, air jet, air velocity, flow rate.

Вступ

Умови праці, ефективність та надійність роботи устаткування значною мірою залежать від умов повітряного середовища виробничо-технологічних приміщень, які повинні забезпечуватися системами вентиляції.

У приміщеннях невеликого об'єму з роззосередженими джерелами шкідливостей, незначними тепловими надлишками і фіксованими робочими місцями, де визначальний вплив на формування внутрішнього мікроклімату мають припливні струмини, розв'язання 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Раціональними способами повітророзподілу є подача припливного повітря як безпосередньо у робочу зону, так і у верхню зону. Характерною властивістю припливних струмин у приміщеннях невеликого об'єму є підвищена турбулентність у порівнянні із прямотечійними струминами у приміщеннях великих розмірів [3, 5, 6].

При цьому доцільно запропонувати застосування повітророзподілювачів з великою інтенсивністю погасання швидкості і температури припливного повітря, тобто пристроїв, які забезпечують інтенсивне перемішування припливного повітря з навколишнім [3]. Одним із способів підвищення турбулізації повітряних потоків є використання закручених припливних струмин [9].

Мета та задачі досліджень

Метою роботи є визначення кількості теплоти, що віддає настильна струмина при її настиланні на поверхню огороджувальної конструкції.

Розглянемо дві ефективні схеми повітророзподілення із застосуванням настильних струмин, а саме подачу повітря у приміщення потоком, утвореним взаємодією неспіввісних струмин (рис.1) та настильною струминою з повітророзподільного пристрою, який утворює закручену та настильну струмини (рис. 2).

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Зустрічні неспіввісні струмини, які взаємодіють між собою, можуть бути використані, зокрема:

1. Для подавання припливного повітря безпосередньо у робочу зону виробничо-технологічних приміщень. У цьому випадку ефект взаємодії зустрічних припливних струмин пропонується використати для отримання рівномірного результуючого потоку, спрямованого у робочу зону приміщення.

Характеристики такого повітророзподільника, зокрема висока рівномірність поля швидкості по його площі, свідчить про доцільність застосування повітророзподільників із взаємодією зустрічних неспіввісних круглих чи плоских струмин поряд з такими моделями повітророзподільників, як ВПП (панельний пристінний), що характеризуються коефіцієнтом рівномірності $V_{сер} / V_{max} = 0{,}6$ та інші панельні повітророздаючі пристрої. Перевагою повітророзподільників із взаємодією зустрічних неспіввісних струмин (рис. 1) є достатньо висока турбулізація потоку, про що свідчать чисельні величини коефіцієнтів загасання швидкості та різниці температур.

2. Для подавання припливного повітря у верхню зону виробничо-технологічних приміщень. Можливим є використання зустрічних неспіввісних струмин, що взаємодіють між собою для роздачі припливного повітря у верхній зоні обслуговуваного приміщення.

Функцію площини, на якій відбувається взаємодія струмин, повинна виконувати стеля приміщення, а функцію бокових огороджень – стіни або декоративні карнизи, рис. 1.

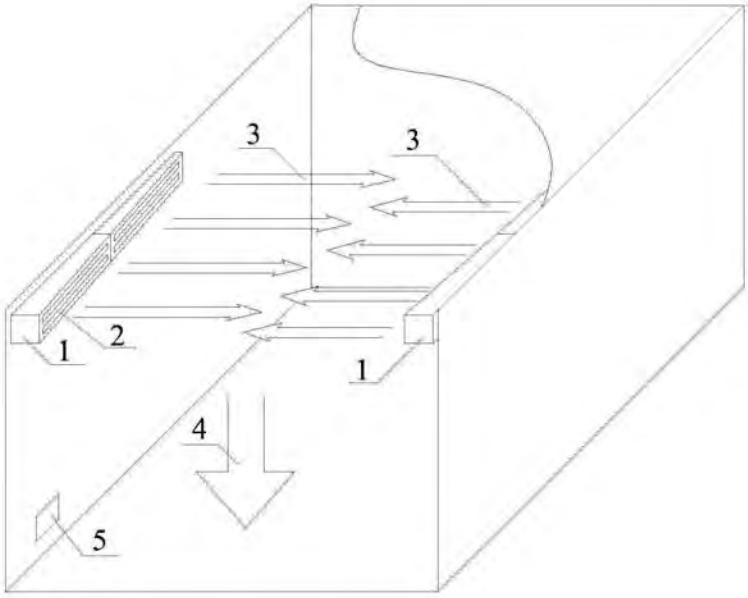

Рис. 1. Подавання повітря у верхній зоні приміщень зустрічними неспіввісними струминами: 1 – подаючі повітропроводи; 2 – повітророздаючі щілини; 3 – зустрічні неспіввісні струмини, що взаємодіють між собою; 4 – результуючий повітряний потік; 5 – витяжний отвір

Доцільним є влаштовування роздачі припливного повітря не з усієї поверхні стелі, а лише з її частини, з метою влаштування витяжних отворів і забезпечення найкращої циркуляції повітря у об'ємі приміщення. При забиранні витяжного повітря з нижньої частини приміщення, де потрібно організувати вертикальний рух повітря можливим є влаштування розподілу припливного повітря з усієї площі стелі.

Використання ефекту взаємодії зустрічних неспіввісних струмин дає змогу отримати невеликі значення швидкості руху повітря в робочій зоні приміщень невеликого об'єму при великій кратності повітрообміну. Це пов'язано з тим, що рівномірний повітряний потік спрямовується зі значної частини площі стелі або з усієї площі в тому випадку, коли забір витяжного повітря здійснюється з нижньої частини приміщення.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

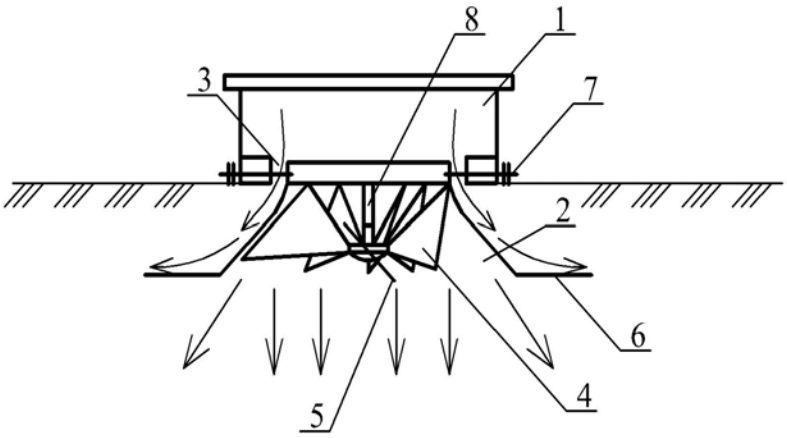

Рис. 2. Подавання повітря у верхню зону приміщення настильною струминою і у робочу зону закрученою струминою: 1 – припливний патрубок; 2 – дифузор; 3 – кільцева регульована щілина (для подавання настильної струмини); 4 – пластини; 5 – ручка керування; 6 – відбійний акручую; 7 – гвинт регулювання щілини; 8 – стержень

Для забезпечення великих кратностей повітрообміну у приміщеннях малого об'єму використовується повітророзподільник, що подає повітря закрученою і настильною струминою, рис. 2. Запропонований повітророзподільник можна застосовувати у приміщеннях малого об'єму в таких випадках: у системах кондиціонування для подачі повітря у верхню зону приміщення. У цьому випадку повітря подається через кільцеву щілину, нагріте повітря з приміщення піднімається у верхню зону, а охолоджене припливне опускається в робочу зону; у системах вентиляції, повітряного опалення та кондиціонування для подавання повітря як у верхню, так і у робочу зону. У такому випадку частина повітря подається через закручуючі пластини, утворюючи турбулізований потік, а частина через кільцеву щілину у верхню зону приміщення.

Розглянемо тепловіддачу при вимушеному поздовжньому обтіканні плоскої поверхні. Нехай плоска поверхня (стеля, рис. 1, рис. 2) розмірами $2l$ (довжина) та a (щирина) обтікається поздовжнім потоком повітря. Швидкість і температура набігаючого потоку повітря становлять відповідно w_0 (м/с) та t_0 (^{0}C), а температура огороджувальної поверхні $t_п$..

Необхідно визначити середні по довжині поверхні стелі коефіцієнт тепловіддачі α, Вт/м^2 та кількість теплоти Q, Вт, яка віддається від повітря до огороджувальної поверхні.

Для повітря при заданій температурі t_o знаходимо показники його теплофізичних властивостей, а саме коефіцієнт кінематичної в'язкості ν, коефіцієнт теплопровідності λ та критерій Прандтля Pr .

Визначаємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{w_o l_o}{\nu} \tag{1}$$

і робимо висновок про гідравлічний режим обтікання, враховуючи умову, що $Re_{кр} = 5 \cdot 10^5$. Якщо $Re < 5 \cdot 10^5$, то режим течії в пограничному шарі $Re_{кр}$ ламінарний. У цих умовах середня по довжині тепловіддача може бути визначена за формулою

$$Nu = 0{,}67\, Re^{1/2}\, Pr^{1/3} \tag{2}$$

Якщо $Re > 5 \cdot 10^5$, то режим течії в пограничному шарі $Re_{кр}$ турбулентний. У цих умовах середня по довжині тепловіддача може бути визначена за такою формулою:

$$Nu = 0{,}032\, Re^{0{,}8} \tag{3}$$

де Nu – це критерій Нуссельта, який визначається за формулою

$$Nu = \frac{\alpha l_o}{\lambda} \tag{4}$$

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Відтак коефіцієнт тепловіддачі α, Вт/(м^2·^{o}С):

$$\alpha = Nu\frac{\lambda}{l_o} \tag{5}$$

Кількість теплоти ΔQ, Вт, що передається, з обох сторін пластини

$$\Delta Q = \alpha\,(t_c - t_0)\,l\,a \tag{6}$$

Це означає, що фактична початкова температура повітря $t_{0ф}$ може бути дещо вища від розрахункової температури $t_{0р}$ на величину $\Delta t = t_{0ф} - t_{0р}$. Враховуючи, що розрахункова величина холодопродуктивності системи кондиціювання повітря $Q_{хр}$, Вт:

$$Q_{хр} = \rho\,L\,c\,(t_в - t_{0р}) \tag{7}$$

Враховуючи економію енергозатрат ΔQ із виразу (6), отримуємо фактичну холодопродуктивність $Q_{хф}$, Вт:

$$Q_{хф} = Q_{хр} - \Delta Q = \rho\,L\,c\,(t_в - t_{0ф}) \tag{8}$$

Приймемо, що частка економії енергозатрат становить $\beta = \Delta Q / Q$.Відтак фактична холодопродуктивність становитиме

$$Q_{хф} = (1 - \beta)Q_{хр} \tag{9}$$

Враховуючи вирази (7), (8) та (9), отримуємо

$$t_в - t_{0ф} = (1 - \beta)\,(t_в - t_{0р}) \tag{10}$$

Остаточно одержуємо такий вираз для визначення фактичної початкової температури припливної струмини:

$$t_{0ф} = (1 - \beta)\,t_{0р} + \beta\,t_в \tag{11}$$

Проведені розрахунки засвідчили, що величина частки економії β становить близько 5% енергозатрат у приміщенні.

Висновки

Схеми повітророзподілу із застосуванням настильних струмин є ефективними, оскільки дають змогу забезпечувати економію енергозатрат для СКП на величину β близько 5%, а відтак фактична початкова температура припливного повітря може бути вищою і становити $t_{0ф} = 0{,}95\,t_{0р} + 0{,}05\,t_в$

1. Губернский Ю.Д., Исмаилова Д.И. Экономия энергии и топлива при управлении микроклиматом. – Водоснабжение и санитарная техника, 1985, № 3. – С.11–12. 2. Возняк О.Т. та ін. Устройство для пульсирующей подачи воздуха в салон транспортного средства. АС № 1382674, БИ № 11, 1988 г. 3. М.И.Гримитлин. Распределение воздуха в помещениях. – М.: Стройиздат, 1982. – 164 с. 4. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. – М.: Стройиздат, 1981. – 248. 5. Возняк О. Динамічний мікроклімат та енергоощадність. – Вісник Нац. ун-ту "Львівська політехніка" №460 "Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація", 2010. – с. 150 –153. 6. Ловцов В.В., Хомутецкий Ю.Н. Системы кондиционирования динамического микроклимата помещений. – Л.: Стройиздат, 1991. – 152 с.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua