

МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ЕЖЕКЦІЙНОМУ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ

І. А. Пономарчук, Л. Д. Луценко

Проаналізовано існуючі конструкції ежекційних повітророзподільних пристроїв у системах припливної вентиляції. Досліджено процеси зміни швидкостей і тисків повітряних потоків в ежекційному повітророзподільному пристрої. Наведено результати математичного моделювання процесів в ежекційному повітророзподільному пристрої.

Проанализированы существующие конструкции эжекционных воздухораспределительных устройств в системах приточной вентиляции. Исследованы процессы изменения скоростей и давлений воздушных потоков в эжекционных воздухораспределительном устройстве. Приведены результаты математического моделирования процессов в эжекционном воздухо-распределительном устройстве.

Conducted analysis of existing designs ejectores devices for apportionment of air in ventilation systems. Study conducted processes changes in velocity and pressure gas flows in ejector for air apportionment. The results of mathematical modeling processes in ejector.

Вступ

Розвиток ресурсозберігаючих конструкцій та технологій є актуальною проблемою як для будівництва в цілому, так і для систем забезпечення мікроклімату зокрема. Застосування ежекційних повітророзподільних пристроїв дозволяє значно спростити конструкцію систем кондиціювання повітря та зменшити їх енергоспоживання. Для ефективного їх застосування потрібно провести дослідження аеродинамічних процесів зміни швидкостей, температури та тисків у пристроях подібного типу.

Найбільш загальним випадком розрахунку струминних апаратів, в яких не відбувається зміни агрегатного стану, є розрахунок однофазних струминних апаратів з великим ступенем розширення та помірним ступенем стиснення.

Відомі повітророзподільники, які містять дифузор, направляючу решітку і перфоровану діафрагму [1]. Головним недоліком подібного повітророзподільника є обмеження в різниці температур між припливним і внутрішнім повітрям, що призводить до збільшення необхідної продуктивності припливного вентилятора і перерізів повітропроводів.

Найбільш близьким за технічною суттю до об'єкта, який заявляється, є ежекційний повітророзподільник, котрий містить металічний короб, на передній панелі якого встановлено пристрої для закручування потоку припливного повітря. Такий повітророзподільник має можливість ежектування внутрішнього повітря закрученою струминою припливного повітря, що дозволяє підвищити допустиму різницю температур між припливним і внутрішнім повітрям [1].

Недоліком подібної конструкції є неефективне закручування і недостатня ежекція внутрішнього повітря при регулюванні витрати припливного повітря. Це призводить до того, що перепад температур між припливною струминою на вході в робочу зону і внутрішнім повітрям буде вище допустимого значення.

Мета роботи: розробка конструкції та моделювання аеродинамічних процесів ежекційного повітророзподільника, в якому завдяки змінам в його конструкції, а саме: встановленні камери змішування з соплом забезпечується ефективна ежекція внутрішнього повітря та змішування припливного і внутрішнього повітря.

Запропоновано конструкцію ежекційного повітророзподільника, який містить дифузор та камеру змішування з соплом, яке встановлено таким чином, що струмина припливного повітря ежектує в камеру змішування внутрішнє повітря, після чого відбувається змішування припливного і внутрішнього повітря, а утворена суміш через дифузор спрямовується в обслуговуване приміщення. Завдяки цьому, забезпечуються ефективна ежекція внутрішнього повітря і змішування припливного і внутрішнього повітря.

Конструктивні особливості ежекційного повітророзподільника

На рис. 1 подана принципова схема ежекційного повітророзподільника з циліндричною камерою змішування.

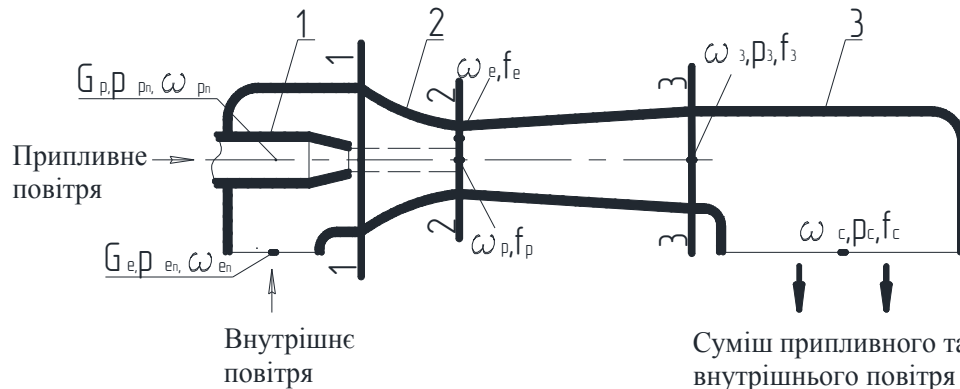


Рис. 1. Схема ежекційного повітророзподільника: 1 – сопло; 2 – камера змішування; 3 – дифузор

Тут і надалі ω_p , ω_e , ω_3 , ω_c – швидкості робочого і ежектованого потоків у вхідному перерізі, змішаного потоку у вихідному перерізі циліндричної камери змішування і суміші повітря на виході з дифузора, м/с; p_p , p_e , p_3 , p_c – статичні тиску робочого і ежектованого потоків у вхідному перерізі, змішаного потоку у вихідному перерізі циліндричної камери змішування та потоку на виході з дифузора, Па; f_p , f_e , f_3 , f_c – площі робочого і ежектованого потоків у вхідному перерізі циліндричної камери змішування, змішаного потоку на виході з камери змішування та вихідного потоку на виході з дифузора, м²; G_p – робоча витрата повітря, кг/с; G_e – витрата ежектованого повітря, кг/с.

Ежекційний повітророзподільник функціонує таким чином. При виході струменя припливного повітря із сопла 1 в камеру змішування 2 ежектується внутрішнє повітря. В камері змішування 2 відбувається змішування припливного та внутрішнього повітря і утворена суміш подається через дифузор 3 в обслуговуване приміщення [2].

Робоче повітря з тиском p_p і швидкістю ω_p підводиться до робочого сопла. При віддаленні від сопла масова витрата рухомого потоку безперервно збільшується за рахунок приєднання маси ежектованого середовища, а поперечний переріз рухомого потоку безперервно зростає. Масова витрата рухомого потоку досягає в цьому перерізі значення $G_p + G_e$. У вхідному перерізі камери змішування профіль швидкостей вельми нерівномірний. Можна умовно подати, що потік у вхідному перерізі складається з двох співвісних потоків: центрального з масовою витратою G_p і великою середньою швидкістю ω_p і периферійного з масовою витратою G_e і значно меншою швидкістю ω_e . У вихідному перерізі камери змішування потік має досить рівномірний профіль швидкостей. В циліндричній камері змішування процес вирівнювання швидкостей потоків супроводжується також вирівнюванням їх тиску і підвищенням його до p_3 . Далі потік поступає в дифузор, де тиск його зростає від p_3 до p_c , а швидкість знижується від ω_3 до ω_c . При тиску p_c зі швидкістю ω_c змішаний потік виходить із струминного апарата.

Розробка математичної моделі аеродинамічних процесів ежекційного повітророзподільного пристрою

У більшості випадків при розрахунку ежекторів проводять визначення досяжного коефіцієнта ежекції при заданих параметрах робочого (p_p, T_p або p_p, h_p) і ежектованого (p_e, T_e або p_e, h_e) потоків перед апаратом і заданому тиску стиснення p_c .

Складемо рівняння імпульсів для циліндричної ділянки камери змішування між перерізами 2-2 і 3-3 (див. рис. 1). Зміна кількості руху дорівнює імпульсу сили. Прийнемо умовно з метою

спрощення висновків, що до надходження в камеру змішування на ділянці між площиною 1-1 збігається з вихідним перерізом робочого сопла і вхідним перерізом 2-2 циліндричної камери змішування робочий й ежектований потоки не змішуються (див. рис. 1). Тоді рівняння імпульсів можна записати так:

$$\varphi_2 (G_p \cdot \omega_p + G_e \cdot \omega_e) - (G_p + G_e) \omega_3 = (p_3 - p_p) f_p + (p_3 - p_e) f_e, \quad (1)$$

де φ – коефіцієнт швидкості камери змішування.

Введенням в перший член лівої частини рівняння (1) множника $\varphi < 1$ враховується втрата кількості руху в камері змішування через тертя.

Виразимо витрати робочого і ежектованого потоків газів таким рівнянням:

$$G_p = V_p \cdot \rho_p, \quad (2)$$

$$G_e = V_e \cdot \rho_e. \quad (3)$$

У рівняннях (2) і (3) V_p, V_e – об’ємні витрати робочого і ежектованого потоків газу, m^3/c ; ρ_p, ρ_e – густини робочого і ежектованого потоків газу, kg/m^3 .

Шляхом підстановки рівнянь (2) і (3) у рівняння імпульсів (1) отримуємо:

$$\varphi_2 (V_p \cdot \rho_p \cdot \omega_p + V_e \cdot \rho_e \cdot \omega_e) - (V_p \cdot \rho_p + V_e \cdot \rho_e) \omega_3 = (p_3 - p_p) f_p + (p_3 - p_e) f_e \quad (4)$$

Нехтуючи швидкістю ω_c стисненого потоку на виході з дифузора, можна написати вираз для швидкості змішаного потоку у вихідному перетині камери змішування:

$$\omega_3 = \frac{V_c}{f_3}, \quad (5)$$

де V_c – об’ємна витрата змішаного потоку газу, m^3/c ; f_3 – площа змішаного потоку, m^2 .

На основі закону збереження маси:

$$V_c \cdot \rho_c = V_p \cdot \rho_p + V_e \cdot \rho_e = V_p \cdot \rho_p (1 + u), \quad (6)$$

де u – коефіцієнт ежекції.

Після підстановки в (4) виразів для швидкості (5), виразів для витрат (6) і відповідних перетворень виводиться таке рівняння для розрахунку коефіцієнта ежекції ежекційного повітророзподільника:

$$u = \frac{(\varphi_2 (V_p \cdot \rho_p \cdot \omega_p + V_e \cdot \rho_e \cdot \omega_e) - (p_3 - p_p) f_p + (p_3 - p_e) f_e) f_3}{V_p \cdot \rho_p \cdot V_c} - 1. \quad (7)$$

Таким чином розроблено математичну модель, яка дозволяє дослідити характеристики ежекційного повітророзподільного пристрою при застосуванні його у центральних системах кондиціонування повітря.

Висновки

- Розроблено математичну модель процесів зміни швидкостей і тисків повітряних потоків у ежекційному повітророзподільному пристрої.
- Отримано рівняння для розрахунку коефіцієнта ежекції ежекційного повітророзподільного пристрою.

Список літератури

1. Харланов С. А. Монтаж систем вентиляции и кондиционирования воздуха / С. А. Харланов, В. А. Степанов. – М. : Высшая школа, 1991. – 74 с.
2. Патент України 63551. Ежекційний повітророзподільник / І. А. Пономарчук, Р. О. Пономарчук. Опубл. 2011, Бюл. № 19. – 3 с.

Пономарчук Ігор Анатолійович – к.т.н., доцент кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

Луценко Людмила Дмитрівна – студентка Вінницького національного технічного університету.