

УДК 697.685.8

Доц. Л.К. Гліненко, канд. техн. наук;
асист. В.М. Фаст; студ. М.М. Янбашев – НУ "Львівська політехніка"**МОДЕЛЮВАННЯ ПОВІТРОВОДУ З ОТВОРАМИ РІЗНОЇ ПЛОЩІ
ДЛЯ СИСТЕМ ПРИМУСОВОЇ ПОДАЧІ ПОВІТРЯ**

На основі математичного моделювання проаналізована специфіка розрахунку конструкції повітроводу з дискретними отворами для роздачі повітря.

*Doc. L.K. Glinenko; assist. V.M. Fast;
stud. M.M. Yanbashev – NU "Lviv's ka Politekhnik"*

**Modeling of the air duct with apertures of different area for systems of
forced air supply**

Mathematic modeling is applied to identify the specificity of air distribution aimed discrete hollowed airdrive design.

Примусове повітряне охолодження як ефективний і дешевий спосіб забезпечення теплового режиму РЕЗ, функціонування теплообмінників. У технологічних процесах виробництва ЕЗ примусову подачу повітря використовують в обладнанні для сушіння модулів, термопрогону засобів електроніки та ін.

Для спрямування повітряного потоку та забезпечення необхідних пропорцій в роздачі повітря використовують повітроводи різної конструкції. Аналіз та конструктивний розрахунок повітряних комунікацій найчастіше здійснюється на основі фізичного моделювання відповідних систем, що призводить до значних затрат матеріальних та людських ресурсів, значно уповільнюючи процес конструювання.

Тому актуальною є розробка моделей оптимального синтезу конструкції систем примусової подачі повітря у конструктиви ЕЗ та спеціальне технологічне обладнання, і розв'язок на їх основі задач визначення характеристик повітряного потоку та вибору геометричних параметрів.

Розглядається повітровід постійного перетину $F = a \times b$ довжиною l з n отворами різної площі, розташованими вздовж його бокової поверхні (рис. 1).

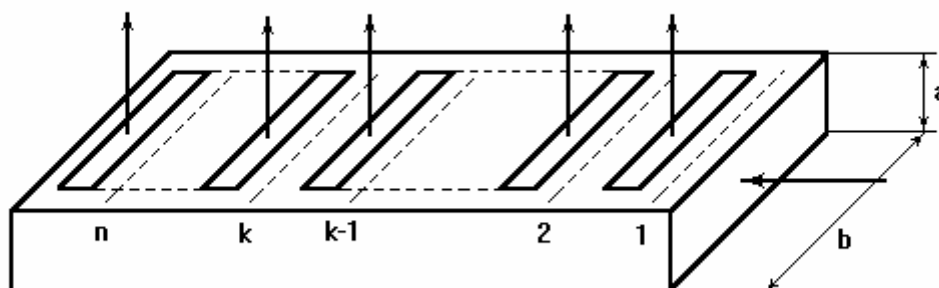


Рис. 1. Повітровід постійного перетину

Розрахунок конструкції даного повітропроводу полягатиме у визначенні площі кожного (k -го) отвору, $k=1, \dots, n$, яка б забезпечувала розподіл

повітровідведення відповідно до розрахованої за тепловим режимом частки потоку повітря, що відводиться через даний k -й отвір:

$$c_k = L_k / L_0,$$

де: L_k – об'ємний розхід повітря через k -ий отвір; L_0 – розхід повітря на початку повітропроводу. Нехтуючи втратами повітря (що допустимо для коротких повітропроводів) можна стверджувати, що $L_0 = \sum_{k=1}^n L_k$. Тоді площа k -го отвору становитиме:

$$f_k = \frac{L_k}{V_k}, \quad (1)$$

де V_k – середня швидкість повітря через k -й отвір.

Швидкість повітря в k -му отворі знаходимо із співвідношення:

$$V_k = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta p_k}, \quad (2)$$

де Δp_k – надлишковий статичний тиск у k -му отворі можна отримати з рівняння Бернуллі:

$$\frac{\rho \omega_k^2}{2} + \Delta p_k + \Delta p_{MO(k-1)} = \frac{\rho \omega_{k-1}^2}{2} + \Delta p_{k-1}, \quad (3)$$

де $\Delta p_{MO(k-1)}$ – втрати тиску на місцеві опори для відстані від $(k-1)$ -го до k -го перетинів.

Втратами на тертя, як і у повітропроводів із щільною, можна знехтувати.

Приймаємо за [1, с.195] втрати тиску на прохід мимо $(k-1)$ -го отвору рівними динамічному тиску втраченої швидкості:

$$\Delta p_{MO(k-1)} = \eta \frac{\rho}{2} (\omega_{k-1} - \omega_k)^2, \quad (4)$$

де: $\eta = 0,4$ – коефіцієнт пом'якшення удару; ω_k – швидкість повітря у повітро-розподільнику у перетині перед k -м отвором.

Виразимо ω_k через початкову швидкість у повітропроводі $\omega_n = L_0 / F$:

$$\omega_k = \omega_n \sum_{j=k}^n c_j; \quad \omega_{k-1} = \omega_n \sum_{j=k-1}^n c_j. \quad (5)$$

Підставимо знайдені ω_k та ω_{k-1} у вирази (3), (4) та знайдемо Δp_k :

$$\Delta p_k = \Delta p_{k-1} + \frac{\rho \omega_k^2}{2} \left[\left(\sum_{j=k-1}^n c_j \right)^2 - \left(\sum_{j=k}^n c_j \right)^2 - \eta c_{k-1}^2 \right]. \quad (6)$$

Провівши підстановку Δp_k у (2) визначимо площу k -го отвору, згідно з (1):

$$f_k = L_k / \mu \sqrt{\frac{2\Delta p_{k-1}}{\rho} + \omega_n^2 \left[\left(\sum_{i=k}^n c_i \right)^2 - \left(\sum_{i=k}^n c_i \right)^2 - \eta c_k^2 \right]} =$$

$$= \omega_n c_k / \omega_n \sqrt{\frac{2\Delta p_{k-1} \mu^2}{\rho F^2 \omega_n^2} + \frac{\mu^2}{F^2} \left[\left(\sum_{i=k-1}^n c_i \right)^2 - \left(\sum_{i=k}^n c_i \right)^2 - \eta c_k^2 \right]}. \quad (7)$$

Після спрощення, остаточний вираз для f_k набуде вигляду:

$$f_k = c_k / \sqrt{\frac{c_{k-1}^2}{f_{k-1}^2} + \frac{\mu^2}{F^2} \left[\left(\sum_{i=k-1}^n c_i \right)^2 - \left(\sum_{i=k}^n c_i \right)^2 - \eta c_k^2 \right]}. \quad (8)$$

Отриманий за (8) вираз для f_k є рекурентною математичною моделлю повітропроводу. Як відомо, розрахунок рекурентної моделі може бути проведений виключно чисельними методами, що вимагає задавання стартового значення для ініціалізації розрахунку.

Виходячи з умови, що повітровід має містити хоча б одну щілину, за стартове значення приймаємо f_k при $k=1$. Задавши f_1 , можна обчислити значення f_k для довільних n, F, L_0 .

Отже, для визначення площі кожного з n отворів, необхідно задати площу першого отвору, та, використовуючи (8), обчислити значення площі другого отвору. Далі, взявши за основу знайдене f_2 , знову згідно з (8), знаходимо площу 3-го отвору і т. д. Таким чином, обрахована величина площі попереднього $(k-1)$ -го отвору, стає базовою для визначення площі k -го отвору.

Опір повітророзподільника дорівнює повному надлишковому тиску на його початку:

$$\Delta P = \frac{\rho V_1^2}{2\mu^2} + \frac{\rho \omega_n^2}{2} = \left(\frac{V_1^2}{\mu^2 \omega_n^2} + 1 \right) \frac{\rho \omega_n^2}{2} = \xi \frac{\rho \omega_n^2}{2}, \quad (10)$$

де $\xi = \frac{V_1^2}{\mu^2 \omega_n^2} + 1$ – коефіцієнт опору повітропроводу.

Доцільність такого розрахунку визначається не тільки практичними потребами, але і тим, що в ряді випадків практично неможливо отримати аналітичні залежності цільової функції (f_k) від стартового значення f_1 . Було проведено дослідження рекурентної моделі для $n=5$, $c_1=0,14$, $c_2=0,1$, $c_3=0,25$, $c_4=0,4$, $c_5=0,3$, $F=0,005 \text{ м}^2$, $\mu=0,65$ при зміні f_1 від $0,0001$ до $0,008 \text{ м}^2$.

Аналіз отриманих кривих дозволяє стверджувати, що існує нелінійна залежність між площею першого отвору f_1 та площею наступних $(n-1)$ отворів. Представляє інтерес встановлення цієї залежності. Це пов'язано з тим, що від співвідношення між сумарною площею отворів для роздачі повітря та площею перетину F вхідного каналу залежить величина статичного тиску всередині повітророзподільника. А величина статичного тиску, у свою чергу, визначає швидкість повітря в отворах V_i , яка при певних значеннях дозволяє забезпечити роздачу повітря з мінімальним відхилення від заданого.

Отримані залежності були апроксимовані різними функціями. Найкращу збіжність дала апроксимація поліномом другого степеня, де середньоквадратичне відхилення перебуває в межах 0,9987...1 (рис. 2).

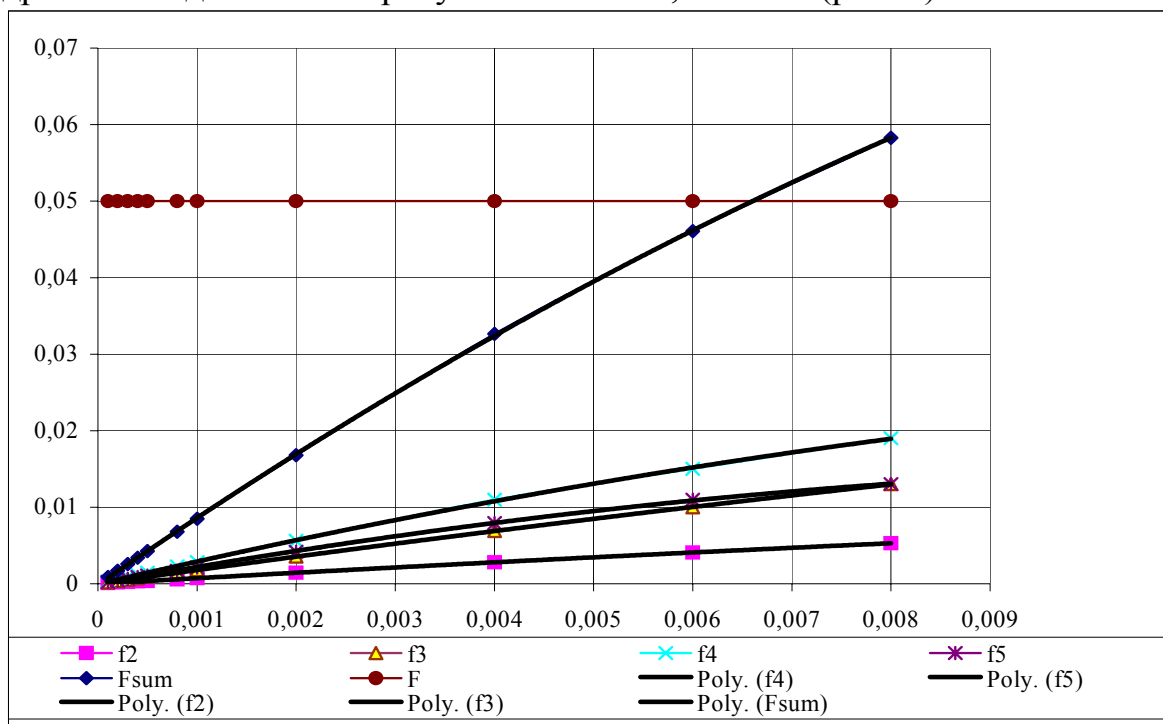


Рис. 2.

Отже, на основі встановлених конкретних функціональних залежностей, стає можливим вибрати таке значення площі першого отвору f_1 , яке б забезпечило необхідне співвідношення між $F/\Sigma f_k$.

Таким чином, запропонована модель повітроводу для дискретної роздачі повітря дозволяє проводити конструкційний розрахунок повітророзподільників, виходячи із заданих пропорцій витрат повітря через отвори, та вибирати оптимальне співвідношення між площею вхідного та роздавальних отворів.

Література

1. Талиев В.А. Аэродинамика вентиляции: Учеб. пособие для вузов. – М.: Стройиздат, 1979. – 295 с.