

В.М. Фаст, К.І. Янгурський, І.В. Атаманова
Національний університет “Львівська політехніка”

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ СИНТЕЗУ ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИКА З ПОЗДОВЖНЬОЮ ЩІЛИНОЮ ДЛЯ РОЗДАВАННЯ ПОВІТРЯ ЗА ЗАДАНИМ ЗАКОНОМ

© Фаст В.М., Янгурський К.І., Атаманова І.В., 2008

Подано результати експериментального дослідження моделі синтезу повітророзподільника з поздовжньою щілиною для роздавання повітря за заданим законом.

The results of experimental research of model of synthesis of systems of division of air are given with a longitudinal crack for distribution of air after the set law.

Постановка проблеми і її зв'язок з важливими науковими завданнями

При проектуванні електронних засобів вищих функціональних та конструктивних ієрархічних рівнів у вигляді шаф та стояків виникає проблема стабілізації температурного режиму конструкції на прийнятному рівні. Це викликано високою щільністю компонування вузлів, застосуванням потужніших електронних компонентів, нових матеріалів. Одним із способів вирішення вказаної проблеми є використання систем локального примусового повітряного охолодження, які забезпечують подавання холодоносія – повітря до окремих вузлів конструкції, пропорційно до їхнього тепловиділення. Подібні задачі розв'язують під час розроблення спеціального технологічного обладнання термопрогону чи сушіння електронних модулів. У цьому разі системи подавання повітря повинні забезпечувати створення заданих температурних зон всередині об'єкта, зокрема тих, що описуються певним законом. Дослідження здійснювались для математичної моделі [1], яка дає змогу розраховувати геометричні параметри повітроводів (коробів прямокутного поперечного перерізу з поздовжньою щілиною), що забезпечують витрати повітря вздовж грані відповідно до вибраного закону.

Результати досліджень

У цій роботі встановлені області адекватності математичної моделі повітророзподільника [1], якщо функція витрат повітря вздовж його грані лінійна.

Для дослідження вибрано повітророзподільник, витрати повітря вздовж грані якого описуються лінійною функцією $f(x) = 0,03 \frac{x}{l} + 0,05$. Вхідні параметри комп'ютерної моделі наведені у табл.1.

Початкові витрати повітря у коробі визначаються з виразу $L_t = \int_0^l f(x)dx$ і для вибраних початкових даних становлять $L_n = 0,065 \text{ м}^3/\text{с}$.

Використовуючи узагальнений вираз для розрахунку ширини щілини [1], виведена рекурентна залежність, що дає змогу встановлювати ширину щілини на відстані x від торця повітроводу для забезпечення лінійної функції розподілу витрат вздовж грані:

$$\delta = \frac{0,03x + 0,05l}{l \sqrt{V_0^2 + \frac{\mu^2}{F^2} \left(\frac{0,015}{l} (l^2 - x^2) + 0,05(l-x) \right)}} \quad (1)$$

Вхідні параметри моделі синтезу повітророзподільника із щілиною

Параметр	Значення
Ширина a , м	0,5
Висота b , м	0,1
Довжина l , м	1,0
Коефіцієнт пом'якшення удару η	0,4
Коефіцієнт витрат повітря μ	0,65
Густина повітря ρ , кг/м ³	1,2
Швидкість повітря на початку щілини V_0 , м/с	1,3

Ширина щілини δ_x визначена для десяти перерізів, вибраних з кроком 0,1 м. Графічні залежності витрат повітря та швидкості його витікання вздовж щілини повітророзподільника показано на рис. 1.

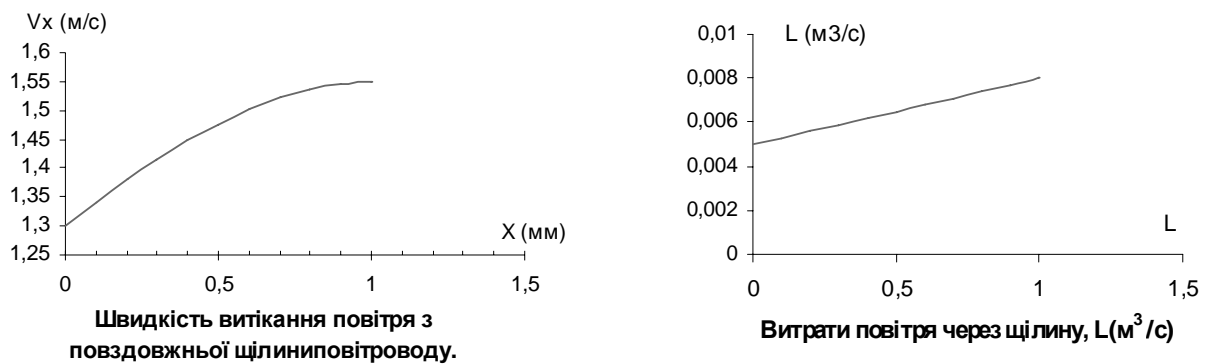


Рис. 1. Результати моделювання повітророзподільника для роздавання повітря згідно з лінійним законом

Як відзначено в [2], від вибору початкової швидкості витікання повітря V_0 залежить величина сумарної площі щілини. Для встановлення цієї залежності здійснено дослідження рекурентної моделі (1) для різних значень швидкості V_0 з щілини. Графік залежності показаний на рис. 2.

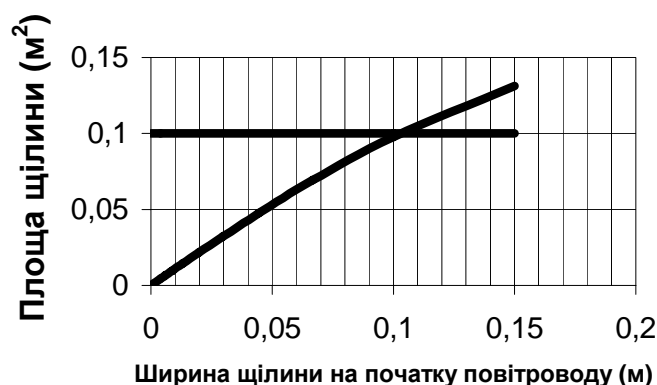


Рис. 2. Залежність сумарної площі щілини від швидкості витікання повітря на її початку

Як видно з графіка, для створення найсприятливішого режиму повітророзподілу необхідно, щоб початкова швидкість витікання повітря не перевищувала 1,3 м/с.

Експериментальна перевірка моделі здійснювалася на макеті повітророзподільника з геометричними параметрами, які відповідають даним табл. 1. Початкові витрати повітря $L_n = 0,065 \text{ м}^3/\text{с}$ забезпечувались підтримкою швидкості на вході у повітровід на рівні 1,3 м/с. Швидкість витікання повітря з щілини вимірювалась в п'яти перерізах, рівномірно розташованих вздовж щілини з кроком 0,2 м.

На графіку (рис. 3) показані дві криві зміни швидкості витікання повітря з щілини повітроводу, побудовані за результатами експериментальних досліджень та комп'ютерної симуляції моделі. Обидві лінії подібні за характером зміни швидкості, проте експериментально отримані швидкості є меншими за величиною, що можна пояснити втратами тиску в коробі повітророзподільника за рахунок тертя.

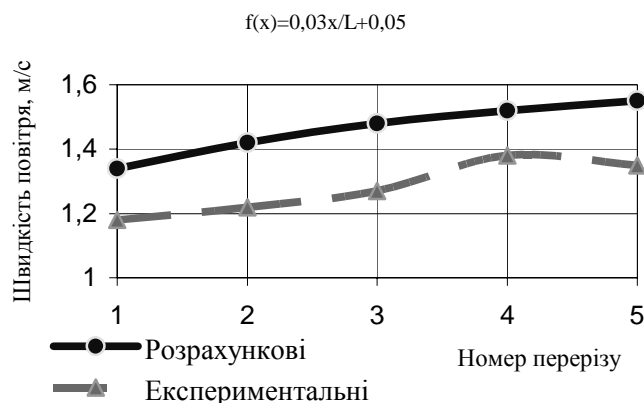


Рис. 3. Порівняння результатів експериментальних досліджень та комп'ютерного моделювання повітроводу з щілиною

Перевіряли адекватність моделі повітророзподільника з неперервною щілиною, порівнюючи результати фізичного та математичного моделювання при зміні вхідних параметрів моделі. Як змінні вхідні параметри моделі вибрано довжину та площу поперечного перерізу короба. Експерименти здійснювались на макетах повітророзподільників. Протестовано повітроводи з поперечним перерізом F : $0,02 \text{ м}^2$; $0,04 \text{ м}^2$; $0,08 \text{ м}^2$; $0,1 \text{ м}^2$ та довжинами L : $0,5 \text{ м}$; $1,0 \text{ м}$; $2,0 \text{ м}$; $4,0 \text{ м}$. Початкові витрати повітря, розраховані за (1), підтримувались: для довжини $0,5 \text{ м}$ – $L_n = 0,0325 \text{ м}^3/\text{с}$, для довжини $1,0 \text{ м}$ – $L_n = 0,065 \text{ м}^3/\text{с}$, для довжини $2,0 \text{ м}$ – $L_n = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}$, для довжини $4,0 \text{ м}$ – $L_n = 0,26 \text{ м}^3/\text{с}$. Густина повітря та значення коефіцієнтів η та μ відповідають табл. 1.

При дослідженні макета повітророзподільника здійснено заміри швидкості витікання повітря з щілини у чотирьох перерізах. Результати експериментальних досліджень подано у табл. 2.

Таблиця 2

Експериментальні значення швидкості витікання повітря з поздовжньої щілини повітроводу, м/с

Довжина повітроводу.	Переріз 1				Переріз 2			
	Площа перерізу повітроводу, м^2				Площа перерізу повітроводу, м^2			
	0,02	0,04	0,08	0,1	0,02	0,04	0,08	0,1
0,5	0,70	0,65	0,75	0,85	0,85	0,68	0,60	0,85
1,0	1,40	1,20	1,20	1,10	1,70	1,40	1,25	1,10
2,0	2,70	2,50	2,45	2,45	3,55	2,75	2,50	2,45
4,0	5,00	4,90	4,60	4,70	7,00	5,3	4,75	5,00
	Переріз 3				Переріз 4			
	Площа перерізу повітроводу, м^2				Площа перерізу повітроводу, м^2			
	0,02	0,04	0,08	0,1	0,02	0,04	0,08	0,1
0,5	1,05	0,75	0,65	0,85	1,10	0,75	0,65	0,90
1,0	2,00	1,50	1,25	1,15	2,20	1,55	1,30	1,20
2,0	4,40	3,10	2,55	2,50	4,60	3,20	2,55	2,50
4,0	8,10	5,50	5,00	5,10	8,15	5,70	5,15	5,15

Для встановлення області адекватності розробленої моделі здійснено аналіз результатів фізичного та математичного моделювання за допомогою спеціально розроблених електронних таблиць засобами Microsoft Excel. Результатом аналізу є діаграма, яка відображає області адекватності моделі (рис. 4) для різної точності моделювання.

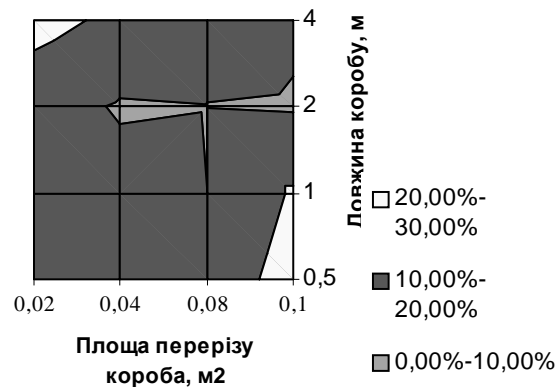


Рис. 4. Область адекватності моделі синтезу повітророзподільника з поздовжньою щільною та зони точності

На діаграмі різними відтінками виділено області адекватності розробленої моделі, які відповідають різній точності з дискретністю – 10 %. На рис. 5 показана зона адекватності моделі з похибкою до 20 %.

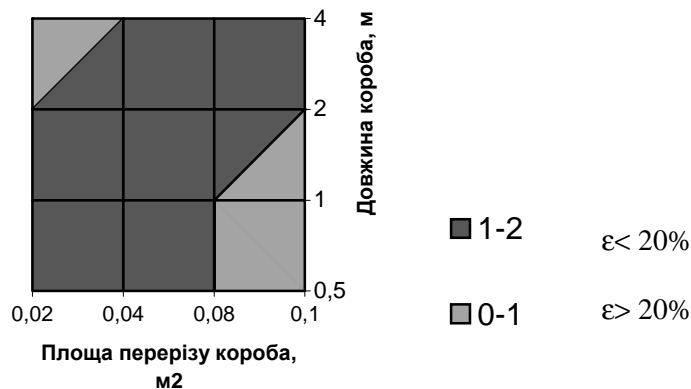


Рис. 5. Область адекватності моделі синтезу повітророзподільника з поздовжньою щільною для похибки до 20 %

Результати досліджень

Виконані дослідження дали змогу оцінити максимальну похибку моделювання в діапазоні зміни довжини повітроводу l від 0,5 до 4 м та площі його поперечного перерізу F від 0,02 до 0,1 м², а також встановити області адекватності для різних граничних похибок. Встановлено, що модель адекватна з похибкою до 20 %, якщо параметр повітроводу $0,05 < \tau < 0,3$, ($\tau = \sqrt{F/l}$).

1. Фаст В.М. Моделювання геометрії повітроводів систем примусової вентиляції для роздачі повітря за заданим законом // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. Технічні науки. Спеціальний випуск (ІКТ 2002). – Житомир ЖІТІ. – 2002. – С. 103–105. 2. Фаст В.М. Дослідження моделей повітроводу з суцільною перфорацією грані для технологічного обладнання електронного виробництва // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів (серія), вип. 7: Неруйнівний контроль конструкційних та функціональних матеріалів: Зб. наук. пр. – Львів: Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка. – 2002. – С.199–202.