

# КОНСТРУЮВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА РАДІОАПАРАТУРИ

УДК 697.922.564

Л.К. Гліненко, В.М. Фаст

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра електронних засобів комп'ютерно-інформаційних технологій

## ВЕРИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИКА З ДИСКРЕТНИМИ ОТВОРАМИ ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБІВ

© Гліненко Л.К. Фаст В.М., 2005

Розглянута модель дає змогу здійснити синтез повітророзподільника із заданими витратами повітря через дискретні отвори в одній із граней. Встановлено область адекватності запропонованої моделі та визначено значення конструктивного параметра  $\tau$ , за якого похибка моделювання не перевищує 20 %.

A model of an air duct allowing to carry out its synthesis providing the determined air expenditures through discrete pinholes in one of sides is considered. The domain of adequacy of the offered model is established and the value of design ratio  $\tau$ , under which the error of simulation analysis does not exceed 20%, is determined.

### Постановка проблеми

Локальні системи подачі повітря (ЛСПП) широко використовуються в електронних засобах різного призначення для забезпечення необхідного температурного режиму апаратних шаф і стояків. Ефективність їх функціонування безпосередньо залежить від розподілу повітряного потоку між вузлами всередині конструкції об'єкта відповідно до їх тепловиділенням. Сьогодні, за достатньої розробки методів теплофізичного проектування таких об'єктів недостатньо уваги приділено аналізу та синтезу комунікацій примусової подачі повітря. Тому проблема створення і дослідження аналітичних моделей процесу роздавання повітря в ланках таких систем є актуальною.

### Аналіз останніх досліджень та виділення невирішених проблем

Аналітичне дослідження систем примусової роздачі повітря розглядають роботи Абрамовича Н.Г., Альтшуля А.Д., Талієва В.Н., Сконачного В.В., Кушелєвського А.А. та ін., результати яких стали теоретичною базою для моделювання окремих ланок систем. Вказані моделі знаходять застосування для здійснення розрахунків під час проектування не тільки систем централізованого повітрообміну, а й локальних систем подачі повітря. Проте створені аналітичні моделі [1–3] не забезпечують керування повітряним потоком відповідно до потреб споживача, оскільки охоплюють обмежену кількість конструкційних реалізацій ланок. Розроблені авторами цієї публікації моделі дають змогу здійснювати аналіз та синтез ланок ЛСПП різного конструкційного виконання. Зокрема, модель повітророзподільника з дискретними отворами [4] забезпечує синтез його геометричних параметрів, дотримуючись визначених проектувальником витрат повітря через них.

**Мета роботи** полягає у дослідженні похибки моделювання і встановленні області адекватності створеної моделі шляхом зіставлення результатів математичного моделювання та експериментальних досліджень, проведених на макетах повітроводів, за зміни входних параметрів моделі.

### Основні результати дослідження

Розроблена математична модель повітроводу (1) [4] є рекурентною і дає змогу по черзі розраховувати площу отворів для виходу повітря, влаштованих вздовж грані з певним кроком. Розрахунок рекурентної моделі проводився числовими методами.

Для комп'ютерної реалізації розробленої моделі створено програмний продукт, який являє собою результат інтелектуалізації електронних таблиць Excel засобами Visual Basic. Інтерфейс у вигляді стандартних вікон MS OFFICE дає змогу легко внести вхідні дані та контролювати отримані результати.

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

де  $c_k = L_k/L_n$  – коефіцієнт витрат повітря через  $k$ -ий отвір;  $\mu$  – коефіцієнт витрат повітря;  $\eta$  – коефіцієнт пом'якшення удару;  $n$  – загальна кількість отворів у грані повітроводу.

Апробація моделі здійснювалась на конструкції роздавальної ланки БНК-3 для електронних засобів. Вхідні параметри моделі наведені у таблиці. У результаті моделювання визначено площу п'яти дискретних отворів, які забезпечують встановлені витрати повітря через них, а також розраховано швидкість витoku повітря з кожного отвору.

Метою експериментальних досліджень було вимірювання швидкості витoku повітря з отворів, площа яких відповідає розрахованим значенням, отриманим в результаті симуляції моделі [4], і порівняння її із значеннями швидкостей, отриманих шляхом розрахунків. Геометричні параметри повітророзподільника відповідають таблиці. Початкові витрати повітря становили 0,286 м<sup>3</sup>/с. Контроль початкових витрат повітря проводився через контроль швидкості повітряного потоку на вході в короб на рівні 5,7 м/с. Під час експериментальних досліджень проводились заміри швидкості витoku повітря з щілини у п'яти перерізах, вибраних вздовж щілини з однаковим кроком. Сенсор для вимірювання швидкості вводився у повітряний потік у центр щілини по відношенню до її ширини. Всього зроблено по 15 замірів значення швидкості у кожному перерізі. На основі статистичної обробки результатів вимірювань отримані середні експериментальні значення величини швидкості витoku повітря з щілини повітроводу у відповідних перерізах.

#### Параметри повітророзподільника для експериментальних досліджень

Параметр	Значення
Ширина $a$ (м)	0,5
Висота $b$ (м)	0,1
Довжина $L$ (м)	2,2
Витрати повітря через отвір $L_1$ (м <sup>3</sup> /с)	0,05; 0,08; 0,09; 0,041; 0,025
Коефіцієнт пом'якшення удару $\eta$	0,4
Коефіцієнт витрат повітря $\mu$	0,65
Густина повітря $\rho$ (кг/м <sup>3</sup> )	1,2

На графіку рис. 1 показані дві криві зміни швидкості витoku повітря з отворів повітроводу, побудовані за результатами експериментальних досліджень та комп'ютерної симуляції моделі.

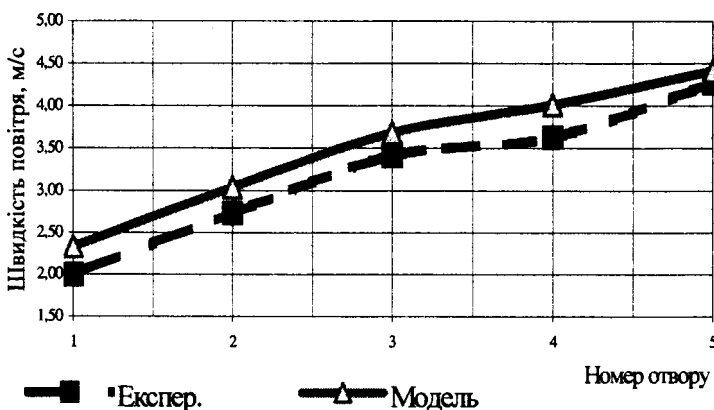


Рис. 1. Результати математичного моделювання та експериментальних досліджень повітророзподільника з дискретними отворами

Крива, побудована за результатами комп'ютерного моделювання, близька за характером зміни до кривої, отриманої за результатами вимірювань швидкості. Максимальна похибка становить 17 %. Розходження експериментальних та модельних результатів обумовлене явищем "проскакування", і, як наслідок, перерозподілом співвідношення між статичним та динамічним тиском вздовж повітроводу, що вплинуло на реальні значення швидкості повітря.

Для верифікації моделі за змінні входні параметри вибрано довжину та площу поперечного перерізу короба. За контрольований параметр взято швидкість витoku повітря з отворів. При цьому швидкість повітря на вході у короб підтримувалась постійною за зміни площі поперечного перерізу. Здійснювалось тестування повітроводів з поперечним перерізом 0,02 м<sup>2</sup>; 0,04 м<sup>2</sup>; 0,08 м<sup>2</sup> 0,1 м<sup>2</sup> та довжинами 0,5 м; 1,0 м; 2,0 м; 4,0 м. Витрати повітря через чотири отвори забезпечувались, як відсоток до загальних витрат повітря на початку короба: отвір 1–19 %, отвір 2– 31 % отвір 3–15 % отвір 4–35 %. Густина повітря та значення коефіцієнтів  $\eta$  та  $\mu$  відповідають таблиці. Під час дослідження макетів повітророзподільників проведені заміри швидкості витікання повітря з кожного роздавального отвору.

Для встановлення області адекватності розробленої моделі проведено аналіз результатів фізичного та математичного моделювання за допомогою спеціально розроблених електронних таблиць засобами Microsoft Excel. Результатом аналізу є діаграма, яка відображає області адекватності моделі для різної точності моделювання (рис. 2).

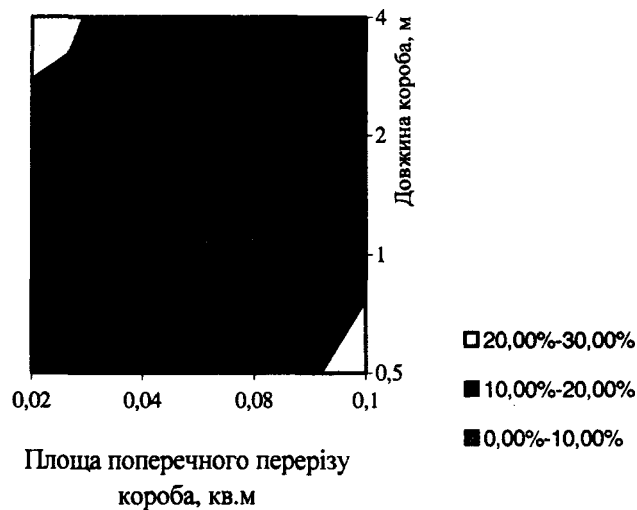


Рис. 2. Области адекватності моделі синтезу повітророзподільника з дискретними отворами та зони точності

На рис. 2 різними відтінками виділено області адекватності розробленої моделі, які відповідають різній точності з дискретністю 10 %. На рис. 3 показана область адекватності моделі повітророзподільника для дискретного роздавання повітря з похибкою, яка не перевищує 20 %.

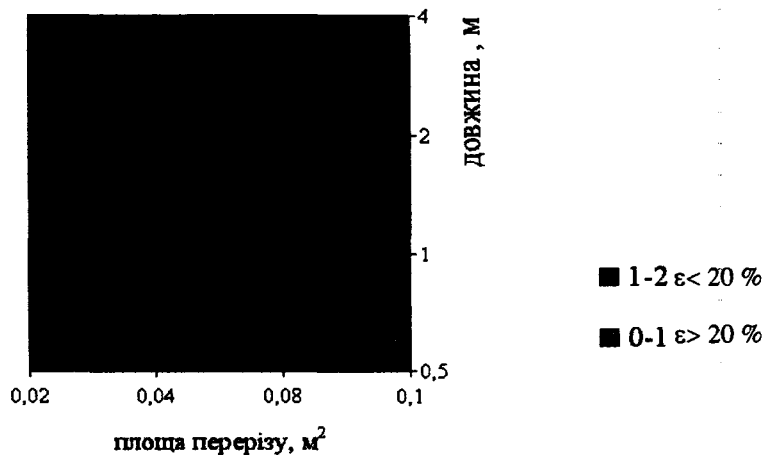


Рис. 3. Зона адекватності моделі синтезу повітроводу з дискретним роздаванням повітря з похибкою до 20 %

Для оцінки конструкційних розмірів повітророзподільника введемо узагальнений параметр повітроводу  $\tau$ :  $\tau = \sqrt{ab}/L$ . Аналіз діаграми рис. 2 дає змогу стверджувати, що для ланок повітророзподільних пристроїв з  $0,1 < \tau < 0,14$  похибка комп'ютерного моделювання по відношенню до результатів експериментальних досліджень не перевищує 10 %. За діаграмою рис. 3 встановлено значення параметра повітроводу  $0,05 < \tau < 0,3$  для якого похибка моделювання не більша, ніж 20 %.

### Висновки

Повітророзподільні ланки ЛСПП базових несучих конструкцій для електронних засобів мають параметр  $\tau$ , що змінюється у межах, встановлених під час досліджень. Отже, створена модель повітророзподільника може застосовуватись для синтезу відповідних ланок систем примусового повітрообміну, забезпечуючи достатню для проектних розрахунків точність.

На основі створеної математичної моделі запропонований метод аеродинамічного синтезу конструкції роздавальної ланки систем локальної подачі повітря, використання якого у процесі проектування уможливило забезпечити задані температурні поля у електронних засобах вищих рівнів ієрархії та за рахунок цього дає змогу підвищити надійність конструкції і скоротити процес проектування

1. Бакума С.Н., Бондарев А.Д., Горохов С.М. Моделирование воздушораспределения в каналах РЭА в задачах анализа тепловых режимов // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ТРТО. – 1991. – № 3. – С. 48–56. 2. Кушелевский А.А., Абдрахманов Т.А., Бабич А.А. Опыт решения прикладных задач аэродинамики при проектировании систем воздушного охлаждения передвижной РЭА // Вопросы радиоэлектроники. Серия ТРТО. – 1984. – № 3. – С. 102–108. 3. Спокойный Ю.Е., Трофимов В.Е., Сконечный В.В., Гайдаров Б.М. Исследование воздушораспределителей с продольной щелью для систем струйного воздушного охлаждения электронных модулей в БНК РЭС // Вопросы радиоэлектроники. Серия ТРТО. – 1991. – № 1. – С. 9–14. 4. Гліненко Л.К., Фаст В.М., Янбашев М.М. Моделювання повітроводу з отворами різної площі для систем примусової подачі повітря: Зб. науково-технічних праць. – Львів: УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 13.1. – С. 160–164.

УДК 621.31

М.К. Курок

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних засобів комп'ютерно-інформаційних технологій

### ВИСОКОЧУТЛИВІ МІНІАТЮРНІ ПЕРВИННІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ ТИСКУ ДЛЯ МЕДИЧНИХ АПАРАТІВ

© Курок М.К., 2005

**Проведено аналіз характеристик існуючих первинних перетворювачів тиску для медичних апаратів; показано доцільність використання перетворювачів, принцип дії яких ґрунтується на деформаційних ефектах в напівпровідникових структурах.**

**An article contains analysis of characteristics of existing primary pressure transducers for medical apparatuses; demonstration of application expediency of transducers, whose principle of work is based on deformation effects in semi-conductor structures.**

### Вступ

Як відомо, науково-технічний прогрес сприяє всебічному розвитку людської спільноти. Він покращує життя, робить його змістовнішим. Але, на жаль, він також призвів і до певних негативних наслідків, основними з яких є забруднення довкілля і зростання захворюваності на діабет, гіперто-