

$$\Phi(M_3 - X') = (0,9\lambda - 0,14)^2 + (0,7\lambda - 0,3)^2 + (0,026\lambda - 0,09)^2 + (0,39 - 0,16\lambda)^2 + \\ + (0,01\lambda - 0,02)^2 + (0,26\lambda - 0,23)^2 + (0,27\lambda - 0,2)^2 + (0,02\lambda - 0,08)^2 + \\ (0,01\lambda + 0,01)^2 + (0,2\lambda - 0,01)^2 + (3 - \lambda)^2 + (25 - 15\lambda)^2 + (2550 - 1050\lambda)^2$$

Минимизируя функцию близости, определяем ее производную по параметру  $\lambda$

$$\frac{\partial \Phi(\lambda)}{\partial \lambda} = 2205455,014\lambda - 5355757,036 = 0.$$

Решая полученное уравнение, находим параметр  $\lambda=2,43$ .

По формуле (1) получим значение выходной характеристики  $F_3' = 0,595$ .

Сравнивая значения  $F_3$  и  $F_3'$ , получим оценку относительной погрешности результата многомерной пространственной экстраполяции  $\delta$  по формуле

$$\delta = \frac{|F_3 - F_3'|}{F_3'} = \frac{|0,581 - 0,595|}{0,595} \approx 2,4\%.$$

Полученное значение погрешности  $\delta$  свидетельствует о достаточно высокой точности метода многомерной линейной пространственной экстраполяции.

### Выводы

Использование разработанного алгоритма, позволяет эффективно применять метод многомерной линейной пространственной экстраполяции при решении задачи прогнозирования показателей качества изделий-аналогов на стадии их проектирования.

**Список литературы:** 1. Растрин Л.А. Экстраполяционные методы проектирования и управления. / Л.А. Растрин, Ю.П. Пономарев. – М.: Машиностроение, 1986. – 120 с. 2. Назаров А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем / А.В. Назаров, А.И. Лоскутов – СПб.: Наука и техника, 2003. – 384 с. 3. Зубрецькая Н.А. Оценка качества электронных изделий по обобщенному показателю с использованием программного модуля / Н.А. Зубрецькая, С.В. Барилко, А.А. Поликарпов, С.С. Федин // Управління проектами, системний аналіз і логістика. – 2012. – № 9. – С. 62-67.

Поступила в редколлегию 11.06.2012

УДК 681.586.3:681.5.017

**Є.П. ПІСУН**, докт. техн. наук, проф., НУ «Львівська політехніка» Львів,  
**Р.Я. ГРУДЕЦЬКИЙ**, асис, Луцький національний технічний університет

### АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ГАЗОГІДРОДИНАМІЧНИХ ДРОСЕЛЬНИХ СХЕМ

У статті наведено характеристики і функціональні можливості побудови вимірювальних дросельних схем, наведено розробку програмного додатку для автоматизації побудови дроселів будь-якого порядку.

**Ключові слова:** дросель, вимірювальна схема, математична модель, система нелінійних рівнянь.

В статье приведены характеристики и функциональные возможности построения измерительных дросельных схем, приведена разработка программного приложения для автоматизации построения дроселей любого порядка.

**Ключевые слова:** дроссель, измерительная схема, математическая модель, система нелинейных уравнений.

The article presents the characteristics and functionality of the building measuring throttle schemes are developing software applications for automating build throttles any order.

**Keywords:** throttle, metering scheme, the mathematical model, the system of nonlinear equations.

## 1. Вступ

Характеристики і функціональні можливості газогідродинамічних дросельних пристроїв визначаються схемою їх побудови, типом застосованих в цій схемі дросельних елементів і режимів живлення, конструктивними характеристиками дроселів і параметрами середовища. Для вирішення задачі структурно-параметричної оптимізації при побудові таких пристроїв необхідно описати структуру дросельних схем газогідродинамічних пристроїв, сформулювати правила їх синтезу. Це дозволить створювати нові схеми, на основі яких будувати газогідродинамічні пристрої, зокрема пристрої контролю складу плинних речовин із розширеними функціональними можливостями.

Розглянувши моделювання структури газогідродинамічних дросельних схем, а саме структури складених дросельних елементів, постає задача створення програмного забезпечення (програмного комплексу) для автоматичної побудови всіх можливих газогідродинамічних схем дроселів  $n$ -го порядку, отриманих шляхом поєднання схем  $(n-1)$ -го порядку. Окрім того, цей програмний комплекс повинен не тільки проектувати можливі схеми, але й будувати їх математичну модель для подальшого дослідження.

## 2. Аналіз проблеми та методи вирішення

Для побудови дросельної схеми та її математичної моделі використаємо операції прямого і непрямого декартове множення вихідних елементів. Для такої побудови за вхідні параметри використовуємо множину дросельних елементів  $D_1 = \{L, T, Z\}$ , де  $L$  – ламінарний,  $T$  – турбулентний та  $Z$  – змішаний дросельний елемент [1].

Крім того одним з основних вхідних параметрів є порядок схеми, тобто скільки елементів використано в моделі. Вважаємо, що кількість дроселів кожного виду необмежена.

Прямий декартовий добуток відбувається за правилами множення матриць. Наведемо приклади: якщо множини вихідних елементів

$$A = \{a\} \text{ і } B = \{b\}, \text{ то } A \times B = \{ \langle a, b \rangle \},$$

$$\text{якщо ж } A = \{a, b\}, \text{ а } B = \{a, b, c\}, \text{ то}$$

$$A \times B = \{ \langle a, a \rangle, \langle a, b \rangle, \langle a, c \rangle, \langle b, a \rangle, \langle b, b \rangle, \langle b, c \rangle \}.$$

При використанні операції прямого добутку відіграє роль порядок включення дросельних елементів у схему, адже від їх послідовності змінюється суть побудованої схеми, а відповідно і моделі.

Прямий декартовий добуток елементів дає змогу знайти всі варіанти послідовного підключення кортежів або дросельних елементів.

При паралельному з'єднанні двох вихідних елементів порядок їх включення в пари вже ролі не відіграє.

Для знаходження всіх таких пар введемо поняття непрямого декартового добутку.

Непрямий добуток множин  $A$  і  $B$  позначимо  $A * B$ . Так, якщо

$$A = \{a, b\}, \text{ а } B = \{a, b, c\}, \text{ то}$$

$$A * B = \{ [a, a], [a, b], [a, c], [b, b], [b, c] \}.$$

Аналогічно шукають шеренги більшої довжини, а саме: якщо

$$A = \{a, b\}, B = \{a, b, c\}, C = \{a, c\} \text{ то}$$

$$A * B * C = \{ [a, a, a], [a, a, c], [a, b, a], [a, b, c], [a, c, a], [a, c, c], [b, b, a], [b, b, c], [b, c, c] \}$$

Для опису структури дросельних схем газогідродинамічних пристроїв контролю застосуємо наступні поняття: первинні дроселі називаємо дроселями першого порядку, а дроселі, утворені із  $S$  первинних дроселів – складеними дроселями  $S$ -го порядку. В зв'язку з цим дроселі другого порядку – це складені дроселі, утворені із будь-яких двох дроселів першого порядку ( $S = 1+1$ ), а дроселі третього порядку – дроселі, утворені або із будь-яких трьох дроселів першого порядку, або із будь-якого одного дроселя другого порядку і будь-якого одного дроселя першого порядку ( $S = 1+1+1$ ,  $S = 2+1$ ;  $S = 1+2$ ) і т.д.

Таким чином, складені дроселі  $S$ -го порядку завжди утворюють послідовним чи паралельним з'єднанням двох дроселів нижчих порядків, а сума порядків первинних дроселів, які утворюють складений дросель завжди дорівнює  $S$ .

### 3. Вирішення поставлених завдань

Застосовуючи розглянуту вище теорію впорядкованих множин, розроблено правила синтезу структури дросельних схем газогідродинамічних пристроїв контролю складу речовин, а саме: при відомій  $n$ -елементній множині  $D_1$  типів первинних дроселів множину всіх структур дроселів  $S$ -го порядку знаходимо шляхом об'єднання множин дроселів нижчих порядків, утворених послідовним та паралельним з'єднанням вихідних дроселів, при цьому множини (кортежів) дроселів, утворених послідовним з'єднанням, знаходимо застосовуючи операцію прямого декартового добутку множин, а множини (шеренг) дроселів, утворених паралельним з'єднанням, знаходимо застосовуючи операцію непрямого добутку.

Для реалізації вище викладених правил створено програмний комплекс, який виконує наступну послідовність дій (функцій):

1. Задати множину первинних елементів.
2. Задати порядок синтезованого дроселя.
3. Знайти всі можливі пари дроселів нижчих порядків, які б в результаті складення давали дросель вищого порядку.
4. Попарно виконати прямий декартовий добуток рядків матриці, знайдених попередньо (див. пункт 3).
5. Аналогічно виконати непрямий добуток.
6. Записати результати, отримані прямим та непрямим декартовим множенням у відповідний рядок матриці результатів. Номер рядка цієї матриці буде визначати порядок складеного дроселя.
7. З отриманих варіантів виключити схеми, які повторюються.

8. Записати результат в новий рядок матриці (номер рядка матриці визначається порядком знайденого дроселя).

9. Якщо номер новоутвореного рядка співпадає з порядком заданої схеми (вхідний параметр), дії завершити.

10. Побудувати математичні моделі кожної зі знайдених дросельних схем.

Відповідно дії 3-10 повторюються поки порядок синтезованих схем буде нижчий заданого. При досягненні заданого порядку, синтез дросельних схем зупиняється.

Для виконання цих дій в автоматичному режимі створено програмний комплекс, який використовуючи описані вище правила дозволяє синтезувати дроселі  $n$ -го порядку та будувати їх математичні моделі.

Цей комплекс було розроблено за допомогою програмного забезпечення Borland Delphi – CodeGear RAD Studio 2009 з використанням бази даних FireBird 1.5.

Додаток включає такі компоненти (рис. 1.):

- Edit – для введення вхідних даних, а саме кількість первинних елементів та порядок синтезованого дроселя;
- Button – для запуску програми на виконання;
- IBDatabase, IBTransaction – для підключення бази даних;
- ListBox – для відображення всіх можливих кортежів з'єднань дроселів;
- PaintBox – для графічного зображення схеми з'єднань;
- Image – для відображення математичної моделі.

В даній програмній реалізації вибір методу обрахунку залежить від кількості первинних елементів системи, а саме при кількості елементів від 1 до 3 моделювання простих дросельних схем, при більшій кількості моделювання складних дросельних схем.

Після вибору кількості первинних елементів та порядку дроселя є

виконання процедур прямого та непрямого декартового добуток. Результати записуються у рядок матриці відповідно до порядку синтезованого дроселя.

Всі знайдені можливі варіанти побудови дроселів заносяться до основного масиву програми. Цей масив перевіряється на наявність повторень схем.

При наявності повторення дублікат буде видалено.

Важливо, що при послідовному з'єднанні елементів відіграє роль порядок їх включення, а при паралельному – ні. Тобто,  $\langle a,b \rangle$  та  $\langle b,a \rangle$  - це різні схеми послідовного з'єднання елементів  $a$  та  $b$ , а з'єднання  $[a,b]$  та  $[b, a]$  – однакові.

#### 4. Результати роботи програмного додатку

Після отримання всіх можливих дроселів заданого порядку, здійснюється перенесення цих схем до компонента ListBox (рис. 2 та 3).

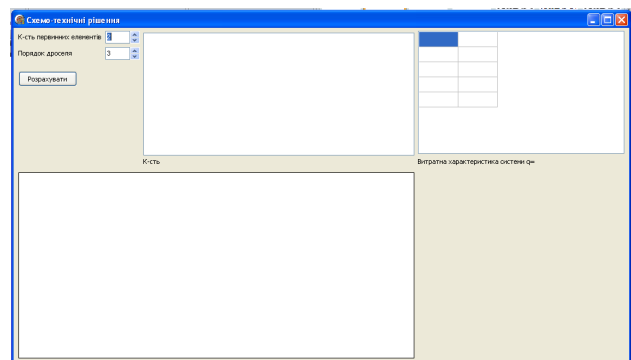


Рис. 1. Стартове вікно додатку

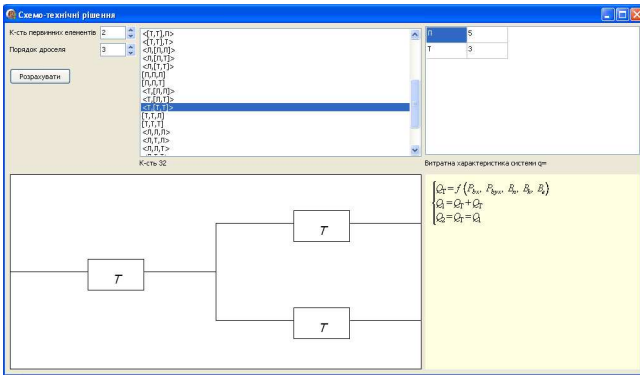


Рис. 2. Результати пошуку всіх дросельних схем даного порядку та графічне зображення вибраної схеми (третій порядок схеми)

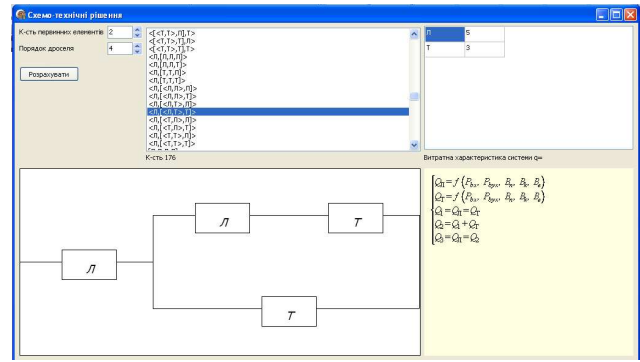


Рис. 3. Результати пошуку всіх дросельних схем даного порядку та графічне зображення вибраної схеми (четвертий порядок схеми)

Проаналізувавши кожну отриману дросельну схему побудуємо математичну модель цієї схеми.

Як приклад, розглянемо правила моделювання дроселів другого порядку.

Математична модель складеного дроселя другого порядку відповідає, як і для дроселя першого порядку, його витратній характеристиці. Витратні характеристики дроселів другого порядку, утворених послідовним з'єднанням первинних дросельних елементів, знаходять із системи рівнянь:

$$\begin{cases} Q_{II} = Q_1 = Q_2; \\ Q_1 = f_1(P_{вх}, P_A, B_{\kappa 1}, B_n, B_{e1}); \\ Q_2 = f_2(P_A, P_{вих}, B_{\kappa 2}, B_n, B_{e2}); \end{cases} \quad (1.1)$$

де  $Q_{II}$  – масова витрата рідини через дросель другого порядку;  $Q$  – масова витрата рідини через дросель;  $P_{вх}$  і  $P_{вих}$  – абсолютні тиски рідини відповідно на вході і на виході дроселя другого порядку;  $P_A$  – міждросельний тиск, а індекси 1 і 2 відносять змінні в рівняннях відповідно до першого і другого по ходу руху середовища первинних дросельних елементів.

Для дроселів другого порядку, утворених паралельним з'єднанням дросельних елементів, витратну характеристику визначають із системи рівнянь:

$$\begin{cases} Q_{II} = Q_1 + Q_2; \\ Q_1 = f_1(P_{вх}, P_{вих}, B_{\kappa 1}, B_n, B_{e1}); \\ Q_2 = f_2(P_{вх}, P_{вих}, B_{\kappa 2}, B_n, B_{e2}). \end{cases} \quad (1.2)$$

В (1.2) індекси 1 і 2 відносять змінні відповідно до верхнього і нижнього первинного дросельного елемента.

Використовуючи (1.1) та (1.2) будемо розглядати послідовне з'єднання дроселів будь-якого порядку як рівність їх витратних характеристик, а паралельне з'єднання як їх суму.

Таким чином, розроблено процедуру, за допомогою якої відбувається аналіз синтезованої схеми та побудова математичної моделі.

Результати роботи цієї процедури зображено на рис. 4

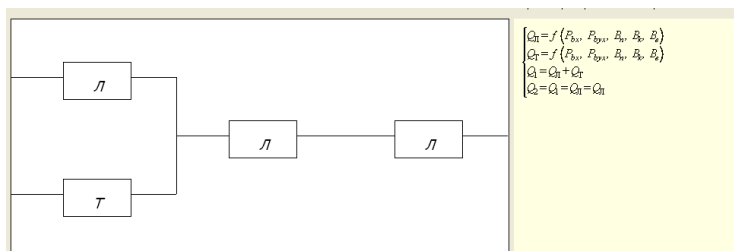


Рис. 4. Візуальне представлення дросельної схеми 4-го порядку та математична модель

## 5. Висновки

Отже, в результаті отримано програмний комплекс, який дозволяє будувати дросельні схеми n-ного порядку, а також створювати їх структурні схеми та математичні моделі.

Отриманий програмний комплекс використано для дослідження дросельних схем, побудови їх математичних моделей.

**Список літератури:** 1. Пістун Є.П., Леськів Г.Ф. Побудова та моделювання газогідродинамічних вимірювальних схем на двох дросельних елементах // Методи та прилади контролю якості. – 2002. - № 9. - С.35-38. 2. Пістун Є.П., Леськів Г.Ф. Застосування теорії чисел для моделювання та проектування газодинамічних дросельних пристроїв // Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. – Одесса. – 2001. – Вып.3(15). – С.109-114.

*Поступила в редколлегию 11.06.2012*

**УДК 656.13+612.821**

**Н.У. ГЮЛЕВ**, канд. техн. наук, доц., ХНАГХ, Харьков,  
**В.К. ДОЛЯ**, докт. техн. наук, проф., зав.каф., ХНАГХ, Харьков,  
**М.И. КРАМАРОВА**, студ., ХНАГХ, Харьков

## ОБ ИЗМЕНЕНИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ-МЕЛАНХОЛИКА В ТРАНСПОРТНОМ ЗАТОРЕ

Наведено фактори, що впливають на функціональний стан водія. Представлена регресійна модель впливу транспортного затору на функціональний стан водія-меланхоліка.

**Ключові слова:** функціональний стан, регресійна модель, транспортний затор, показник активності регуляторних систем.

Приведены факторы, влияющие на функциональное состояние водителя. Представлена регрессионная модель влияния транспортного затора на функциональное состояние водителя-меланхолика.

**Ключевые слова:** функциональное состояние, регрессионная модель, транспортный затор, показатель активности регуляторных систем.

Shows the factors that influence the functional state of the driver. Represented by the regression model the influence of congestion on the functional state of the driver-melancholic.

**Keywords:** functional status, the regression model, the transport route, the index of activity of regulatory systems.

## 1. Введение

Водитель является главным звеном системы «водитель-автомобиль-дорожная среда». От его функционального состояния зависит выбираемая им