

4. Software enabled variable displacement pumps – experimental studies [Electronic source] / Department of Mechanical Engineering University of Minnesota. – Available at: <http://www.me.umn.edu/~lix099/papers/RannowIMECE2006.pdf> / – 16.11.2014. – Загл. с экрана.
5. Tonglin Shang. Improving Performance of an Energy Efficient Hydraulic Circuit [Text]: Thesis for the Degree of Master of Science / Tonglin Shang. – Saskatoon, 2004. – 158 p. - Available at: http://ecommons.usask.ca/bitstream/handle/10388/etd-04242004-151248/TonglinShang_Thesis.pdf
6. Гидравлический вибратор: пат. RU 2433001 С1 Рос. Федерация: МПК В06В 1/18, [Текст] / Попиков П. И., Юдин Р. В., Платонова М. А., Платонов А. А. – заявитель патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежская государственная лесотехническая академия". – № 2010114610/28 ; заявл. 12.04.2010 ; опубл. 10.11.2011. – Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/images/patents/27/2433001/patent-2433001.pdf>
7. Rotary hydraulic servo or throttle valve: patent US5242150 USA: MPK F16K3/34 [Text] / Shiffler M. E., Loy L. W. – The United States Of America As Represented By The Secretary Of The Navy. – №US 07/953?389; applied 30.09.1992; published 07.09.1993. – Available at: <http://www.google.com/patents/US5242150>
8. Чуйко, В. П. Розробка методу компенсації впливу пульсації тиску на рух багатоступеневого гідроциліндра [Текст] / В. П. Чуйко, С. П. Кулінич // Східно-Європейський журнал передових технологій. Прикладна механіка. – 2014. – Т. 5, № 7 (71). – С. 41–46. doi: 10.15587/1729-4061.2014.28000
9. On the Air in Servo Valve Hydraulic Control Systems [Electronic source] / ITA, São José dos Campos, Brazil. – Available at: <http://www.sbmac.org.br/dincon/trabalhos/PDF/aeronautical/68597.pdf> – 16.11.2014. – Title from the screen.
10. Akkaya, A. V. Effect of bulk modulus on performance of a hydrostatic transmission control system [Text] / A. V. Akkaya // Sadhana. – 2006. – Vol. 31, Issue 5. – P. 543–556. Available at : www.ias.ac.in/sadhana/Pdf2006Oct/543.pdf doi: 10.1007/bf02715913

Досліджена дросельна схема задавача суттєво різних тисків, що побудована на основі суматора потоків, подільників тисків і потоків і яка забезпечує лінійний приріст міждросельних тисків при зміні тиску живлення схеми. Розроблена схема знайде застосування також для відтворення суттєво різних перепадів тисків, зокрема для засобів приготування газових сумішей з мікроконцентраціями компонентів

Ключові слова: дросельна схема, лінійна зміна тиску, подільник тисків і потоків, капіляр

Исследована дросельная схема задатчика существенно разных давлений, построенная на основе сумматора потоков, делителя давлений и потоков и которая обеспечивает линейный прирост междросельных давлений при изменении давления питания схемы. Разработанная дросельная схема может найти применение для воспроизведения существенно разных перепадов давлений, в частности для средств получения газовых семей с микроконцентрациями компонентов

Ключевые слова: дросельная схема, линейное изменение давления, делитель давления и потоков, капилляр

УДК 681.2.53.082.3

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.31390

РОЗРОБЛЕННЯ ДРОСЕЛЬНОГО ЗАДАВАЧА СУТТЄВО РІЗНИХ ТИСКІВ ДЛЯ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ЗАСОБІВ

І. В. Ділай

Кандидат технічних наук*

E-mail: divlv@ukr.net

З. М. Теплюх

Доктор технічних наук*

E-mail: atxp2010@gmail.com

*Кафедра автоматизації теплових

і хімічних процесів

Національний університет

«Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, Україна, 79013

1. Вступ

У контрольно-вимірній техніці одним з найважливіших питань є підвищення точності вимірювань і задання значень параметрів, що є особливо актуальним для газоаналітичних засобів, похибка яких досить часто є на рівні 10 і більше відсотків [1, 2].

Останнім часом як у промисловості, так і в науково-дослідницькій практиці вимоги щодо точності газоаналітичних засобів суттєво зросли, що пов'язано, зокрема із зростанням забруднення довкілля димовими газами [3]. Особливо актуальним є підвищення точності в метрології, наприклад для засобів приготування перевірювальних газових сумішей [4], а також для

систем задання постійних витрат газових потоків [5]. Дотепер одним із способів вирішення цього завдання є зменшення впливу завад, зокрема завдяки стабілізації тисків та витрат газових потоків за допомогою засобів пневмоавтоматики, проте, як показує практика, таке розв'язання завдання не завжди дає потрібний результат [6, 7].

2. Аналіз публікацій та постановка проблеми

Для стабілізуванню тисків і витрат газових потоків застосовують стабілізатори абсолютних і надлишкових тисків [8]. У газоаналітичних системах часто використовують в одній схемі декілька стабілізаторів, наприклад для задання різних тисків. Проте використання кількох (часто різнотипних за діапазоном стабілізованих тисків) стабілізаторів, які в силу навіть незначних конструктивних відхилень при їх виготовленні мають різні витратні характеристики, не забезпечує однонапрямленої і пропорційної зміни тисків [9, 10]. Крім того значення підтримуваного тиску залежить від величини завдання тиску і значення витрати газу через стабілізатор, отже відоме застосування стабілізаторів не завжди забезпечує підвищені вимоги до точності завдання тиску і витрати.

Для задання та підтримання постійного співвідношення тисків перспективним є розділення газодинамічних кіл стабілізуванню тисків і дозування газів, а також використання капілярних подільників для задання різних тисків [11]. Завдяки цьому досягається однонапрямленість зміни міждросельних тисків при можливих відхиленнях тиску живлення подільника, а за певних співвідношень розмірів прохідних каналів капілярів подільника – пропорційність зміни всіх його міждросельних тисків. Проте окремий лінійний подільник тиску (ПТ) при дроселюванні повітря має коефіцієнт поділу тисків, який не перевищує 30. Для забезпечення більших значень коефіцієнтів поділу можна використовувати каскадне з'єднання ПТ. Однак така схема потребує для живлення усіх каскадів ПТ окремих повторювачів тиску, кожен з яких може вносити похибку відтворення тиску з попереднього каскаду. Тому ефективнішим для забезпечення постійного відношення тисків є відтворення тисків на основі дросельної схеми, утвореної поєднанням базових з'єднань подільників тисків і потоків та суматора потоків, що може забезпечити однонапрямлений та пропорційний приріст всіх міждросельних тисків від зміни тисків живлення.

3. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є підвищення точності газодинамічних засобів, які потребують задання суттєво різних за значенням тисків (абсолютних, надлишкових, перепадів) і однонапрямлених та лінійних їх приростів від зміни тисків живлення, для чого необхідним є:

- розроблення і дослідження математичної моделі дросельної схеми, утвореної поєднанням базових з'єднань – подільників тисків і потоків та суматора потоків;
- розроблення алгоритму проектування задавача тисків для вирішення конкретного завдання;
- розроблення, як приклад застосування задавача тисків, високоточного газодинамічного синтезатора багатокомпонентних газових сумішей з мікроконцентраціями компонентів.

Вирішення цих завдань дасть можливість будувати апаратний засіб як джерело стабілізованих тисків живлення газодинамічних дросельних систем з поліпшеними метрологічними і експлуатаційними характеристиками.

4. Розроблення та дослідження задавача

Результати досліджених базових дросельних схем [11] уможливили, зокрема, побудову схеми капілярного задавача, призначеного для встановлення та підтримання суттєво різних перепадів тисків.

4.1. Принципова схема задавача

На рис. 1 представлена розроблена нами дросельна схема, в якій на основі поєднання схем подільників тисків (I) і потоків (II), а також суматора (III) реалізована функція лінійної зміни міждросельних тисків від тиску $P_{1,2}$ живлення.

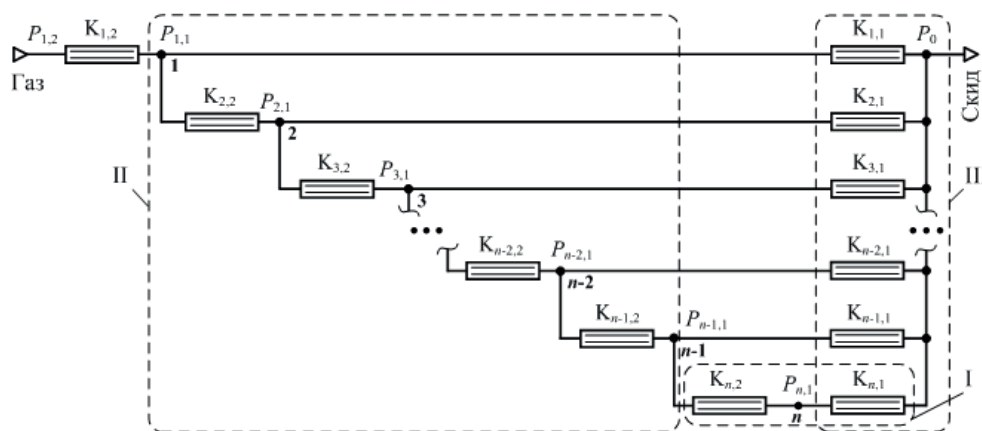


Рис. 1. Принципова дросельна схема для одержання суттєво різних перепадів тисків з лінійною функцією їх зміни від тиску на вході

У зображеній на рис. 1 схемі показані лише двокапілярні (I) ПТ, проте для задання кількох значень проміжних тисків можуть бути використані і багатоеlementні. Так, наприклад, якщо у синтезованій суміші має бути кілька компонентів з макроконцентраціями (1...100 % об.), то у першому каскаді доцільно використати багатокapілярний ПТ.

Дросельна схема побудована так, що до входу першого капіляра $K_{i,1}$ i -го каскаду ($i=1, \dots, n-1$) під'єднаний вхід наступного $i+1$ -го каскаду, а точка з'єднання цих входів утворює i -й вузол схеми. У разі застосування в схемі n каскадів лінійних ПТ, максимальне співвідношення перепадів тисків $\chi_{i+1, \max} = (P_{i,1} - P_0) / (P_{i+1,1} - P_0)$ кожного з яких є на рівні 30, загальний коефіцієнт поділу складатиме 30^n .

Основною перевагою цієї схеми є те, що зміна тиску $P_{1,2}$ на вході схеми спричиняє відповідний однонаправлений приріст всіх її міждросельних тисків $P_{i,1}$ ($i=1, \dots, n$), а у разі забезпечення лінійності цих приростів, також постійне співвідношення перепадів тисків на капілярах. Необхідною умовою забезпечення функції лінійності міждросельних тисків схеми є стабілізація на виході суматора потоків (Ш) тиску P_0 газу і його температури T . Для цього на виході встановлюють стабілізатор абсолютного тиску САД-307 [7], а всі елементи дросельної схеми поміщають в термостат.

4. 2. Алгоритм побудови схеми і розрахунок її елементів

Мінімальну кількість n каскадів схеми можна визначити за залежністю

$$n = \left[\ln \left(\frac{\Delta P_{\max} \Delta P_{\min}^{-1}}{\ln \chi_{\max}} \right) \right] + 1, \tag{1}$$

де $\Delta P_{\max}, \Delta P_{\min}$ – відповідно задані максимальний і мінімальний перепади тисків; χ_{\max} – максимальний коефіцієнт співвідношення перепадів на капілярах лінійного двоелементного ПТ. Квадратні дужки в залежності (1) означають цілу частину значення виразу.

Якщо коефіцієнт поділу, визначений для двох послідовних значень заданих тисків $P_i > P_{i+1}$ більший за χ_{\max} , тоді за допомогою (1) уточнюють необхідну кількість каскадів у схемі.

Після розроблення схеми визначають параметри прохідних каналів капілярів, для чого починаючи з n -го каскаду усі послідовні та паралельні з'єднання капілярів заміняють відповідними еквівалентними капілярами.

Визначення параметрів ($d_{i,j}$ і $l_{i,j}$, де $i=1, n$ – індекс каскаду (подільника), $j=1, 2$ – індекс капілярів у двоелементних подільниках) капілярів починають з останнього n -го каскаду, який будують як лінійний ПТ за залежностями, наведеними в [12]. Після цього послідовне з'єднання капілярів $K_{n,1}$ і $K_{n,2}$ (рис. 1), які утворюють лінійний ПТ, заміняють одним еквівалентним капіляром $K_{n,1}^s$ ($d_{n,1}^s, l_{n,1}^s$) згідно із залежностями

$$d_{i,1}^s = \left[\sum_{j=1}^{m_i} d_{i,j}^4 \right]^{-1/4}; l_{i,1}^s = [d_{i,1}^s]^2 \sqrt{\xi X P_0}, \tag{2}$$

де $d_{i,1}^s, l_{i,1}^s$ – діаметр і довжина каналу еквівалентного капіляра i -го лінійного ПТ; ξ – коефіцієнт кінцевих ефектів; X – параметричний ком-

плекс газу, $X = (512 R_r T \mu^2)^{-1}$; R_r – газова стала, $R_r = R/M$; R – універсальна газова стала; M – молекулярна маса; μ – в'язкість газу при температурі T .

Далі виконують заміну двох паралельно з'єднаних капілярів $K_{n-1,1}$ і $K_{n-1,2}$ одним еквівалентним згідно із залежністю

$$d_{i-1,1}^p = [d_{i-1,1}^2 + [d_{i-1,2}^s]^2]^{0.5}; l_{i-1,1}^p = [d_{i-1,1}^p]^2 \sqrt{\xi X P_0}, \tag{3}$$

де $d_{i-1,1}^p, l_{i-1,1}^p$ – розміри еквівалентного капіляра пакета двох капілярів $K_{i-1,1}$ і $K_{i-1,2}^s$ i -го лінійного ПТ.

Після цього визначають параметри лінійного ПТ $n-1$ каскаду і аналогічно до (2) заміняють еквівалентним капіляром $K_{n-1,1}^s$.

Описану процедуру визначення розмірів капілярів всіх каскадів дросельної системи повторюють поки не отримують розмірів капіляра $K_{1,1}^p$ першого ПТ і завершують визначенням розмірів прохідних каналів решти капілярів лінійного ПТ 1-го каскаду.

Приклад. Розробити лінійну дросельну схему задавача тисків та визначити розміри прохідних каналів капілярів для задання тисків $P_{i,1} \in \{110,00; 100,40; 100,05\}$ кПа, де $i=1, \dots, 3$. Тиск повітря на вході схеми $P_{1,2}=180$ кПа, а на виході $P_0=100$ кПа при температурі $T=300$ К.

Загальне значення коефіцієнта поділу $\chi = (P_{\max} - P_0) / (P_{\min} - P_0) = 1600$, а мінімальна кількість n каскадів згідно з (1) – $n = \lceil \ln \chi / \ln 1 \chi_{\max} \rceil + 1 = 3$, де $P_{\max}=180$ кПа, $P_{\min}=100,050$ кПа, $1 \chi_{\max}=30$.

Значення коефіцієнта χ_i кожного каскаду: 1) $\chi_1 = 80 \cdot 10^3 / 10 \cdot 10^3 = 8$; 2) $\chi_2 = 10 \cdot 10^3 / 400 = 25$; 3) $\chi_3 = 400 / 50 = 8$ є меншими, ніж $\chi_{1, \max}$, отже дросельна схема задавача повинна бути побудована на основі трьох каскадів (рис. 2, а).

Для заданих тисків $P_{3,1}=100,05$ кПа і $P_{2,1}=100,40$ кПа визначені розміри капілярів $K_{3,1}$ і $K_{3,2}$ лінійного ПТ за залежностями, наведеними в [12].

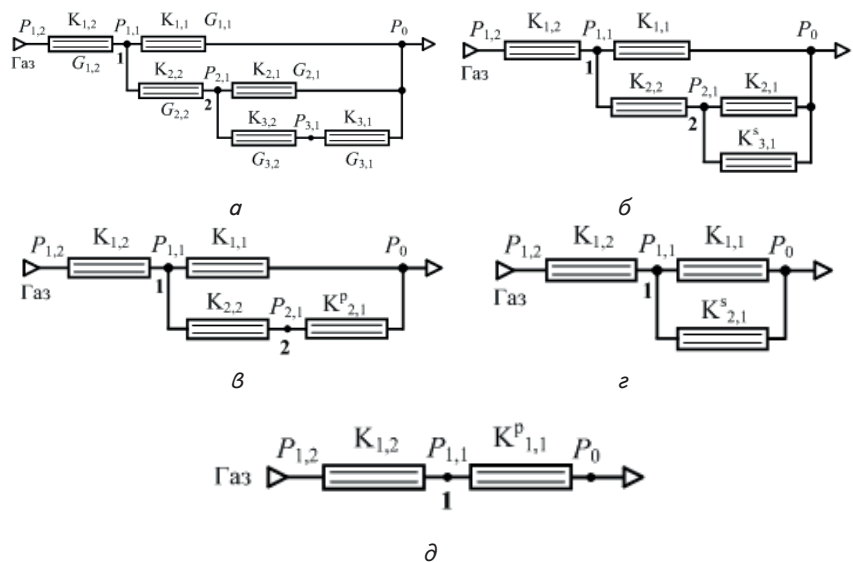


Рис. 2. Трикаскадна дросельна схема та її поетапні еквівалентні перетворення. а – спроектована схема. Схеми із заміщенням: б – послідовного з'єднання капілярів $K_{3,1}$ і $K_{3,2}$ капіляром $K^s_{3,1}$; в – паралельного з'єднання капілярів $K_{2,1}$ і $K^s_{3,1}$ капіляром $K^p_{2,1}$; г – послідовного з'єднання $K_{2,2}$ і $K^p_{2,1}$ капіляром $K^s_{2,1}$; д – паралельного з'єднання капілярів $K_{1,1}$ і $K^s_{2,1}$ капіляром $K^p_{1,1}$

На рис. 2, б показана схема, в якій за допомогою формул (2) лінійний ПТ, утворений $K_{3,1}$ і $K_{3,2}$, замінений еквівалентним капіляром $K_{3,1}^s$.

За формулами (3) виконана заміна пакета капілярів $K_{2,1}$ і $K_{3,1}^s$ еквівалентним $K_{2,1}^s$ (рис. 2, в), а утворений $K_{2,2}$ і $K_{2,1}^s$ лінійний ПТ забезпечує тиски $P_{1,1}=110,00$ кПа і $P_{2,1}$. Еквівалентна заміна цього лінійного ПТ капіляром $K_{2,1}^s$ представлена на рис. 2, з.

Паралельне з'єднання $K_{1,1}$ і $K_{2,1}^s$ замінено еквівалентним капіляром $K_{1,1}^s$, а одержана схема лінійного ПТ 1-го каскаду показана на рис. 2, д.

У результаті еквівалентних заміщень паралельних і послідовних з'єднань капілярів трикаскадного ($n=3$) лінійного задавача тисків (рис. 2) і розрахунків за формулами (2)–(3) одержані такі розміри капілярів, подані в мм: $d_{1,1}=d_{2,1}=d_{3,1}=0,3$; $l_{1,1}=l_{2,1}=l_{3,1}=120,7$; $d_{1,2}=0,109$, $d_{2,2}=0,064$, $d_{3,2}=0,106$; $l_{1,1}=14,0$, $l_{2,1}=5,2$, $l_{3,1}=13,4$.

4. 3. Моделювання задавача тисків

Для дослідження впливу тисків на вході $P_{1,2}$ і на виході P_0 схеми на міждросельні тиски схеми задавача (рис. 1) на основі закону Кірхгофа одержана математична модель, яка представляє собою систему нелінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} G_{i-1,2} &= G_{i-1,1} + G_{i,2}; \\ G_{n,2} &= G_{n,1}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де, крім відомих,

$$G_{k,j} = A_{k,j} \left[\sqrt{1 + Y_{k,j} B_{k,j}} - 1 \right]; \quad A_{k,j} = a l_{k,j}; \quad a = 4\pi\mu / \xi;$$

$$Y_{k,j} = \xi X d_{k,j}^4 / l_{k,j}^2; \quad B_{k,1} = P_{k,1}^2 - P_0^2;$$

$$B_{m-1,2} = P_{m-2,1}^2 - P_{m-1,1}^2; \quad P_{0,1} = P_{1,2};$$

$$i = \overline{2, n}; \quad j = \overline{1, 2}; \quad k = \overline{1, n}; \quad m = \overline{2, n+1}.$$

Математична модель дросельної схеми, представлена на рис. 2, а, одержана на основі (4), має вигляд

$$\left. \begin{aligned} l_{1,2} \left[\sqrt{1 + Y_{1,2} B_{1,2}} - 1 \right] &= l_{1,1} \left[\sqrt{1 + Y_{1,1} B_{1,1}} - 1 \right] + l_{2,2} \left[\sqrt{1 + Y_{2,2} B_{2,2}} - 1 \right]; \\ l_{2,2} \left[\sqrt{1 + Y_{2,2} B_{2,2}} - 1 \right] &= l_{2,1} \left[\sqrt{1 + Y_{2,1} B_{2,1}} - 1 \right] + l_{3,2} \left[\sqrt{1 + Y_{3,2} B_{3,2}} - 1 \right]; \\ l_{3,2} \left[\sqrt{1 + Y_{3,2} B_{3,2}} - 1 \right] &= l_{3,1} \left[\sqrt{1 + Y_{3,1} B_{3,1}} - 1 \right]; \\ Y_{1,1} &= \xi X d_{1,1}^4 / l_{1,1}^2; \quad Y_{2,1} = \xi X d_{2,1}^4 / l_{2,1}^2; \quad Y_{3,1} = \xi X d_{3,1}^4 / l_{3,1}^2; \\ Y_{1,2} &= \xi X d_{1,2}^4 / l_{1,2}^2; \quad Y_{2,2} = \xi X d_{2,2}^4 / l_{2,2}^2; \quad Y_{3,2} = \xi X d_{3,2}^4 / l_{3,2}^2; \\ B_{1,1} &= P_{1,1}^2 - P_0^2; \quad B_{2,1} = P_{2,1}^2 - P_0^2; \quad B_{3,1} = P_{3,1}^2 - P_0^2; \\ B_{1,2} &= P_{1,2}^2 - P_{1,1}^2; \quad B_{2,2} = P_{2,2}^2 - P_{2,1}^2; \quad B_{3,2} = P_{3,2}^2 - P_{3,1}^2. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Ця модель представляє собою систему трьох нелінійних рівнянь і може бути розв'язана відомими числовими методами.

Моделювання роботи дросельного задавача тисків із розмірами прохідних каналів капілярів, одержаними в підрозділі 4.2, показало, що зміна вхідного тис-

ку $P_{1,2}$ на значення ± 10 кПа не спричиняє зміни коефіцієнтів 1χ і поділу усіх каскадів.

Для довільно вибраних розмірів капілярів, наведених в мм: $d_{1,1}=0,25$, $d_{2,1}=0,33$, $d_{3,1}=0,15$; $d_{1,2}=0,1$, $d_{2,2}=0,08$, $d_{3,2}=0,065$; $l_{1,1}=17,0$, $l_{2,1}=10,0$, $l_{3,1}=25,0$ із системи (5) визначені довжини $l_{1,1}=89,9$, $l_{2,1}=119,4$, $l_{3,1}=101,1$ прохідних каналів капілярів $K_{1,1}$, $K_{2,1}$ і $K_{3,1}$ дросельної схеми (рис. 2 а) при забезпеченні тих самих значень міждросельних тисків $P_{i,1}$ як і в вищезгаданому прикладі. Моделювання впливу зміни тиску $P_{1,2}$ на вході схеми на ± 10 кПа показало, що значення коефіцієнтів 1χ поділу міждросельних тисків не є постійними, а відносна похибка є на рівні 1,1 %.

5. Приклад газодинамічного синтезатора із заданням тисків від лінійної дросельної схеми

На рис. 3 представлена принципова схема газодинамічного синтезатора для приготування суміші з мікроконцентраціями компонентів – 0,005 % CO , 0,01 % CH_4 , 19 % CO_2 і 80,985 % N_2 . Синтезатор побудований на основі оптимального підбору капілярів змішувача (Зм) газових потоків і дросельного задавача тисків, що забезпечило приготування суміші з мікроконцентрацією чадного газу.

У розробленому задавачі завдяки оптимальному поєднанню базових дросельних схем – подільника потоків, тисків і суматора потоків, вдалося забезпечити високоточне відтворення співвідношення суттєво різних перепадів тисків на дозуючих капілярах при зміні тиску $P_{1,2}$ на вході схеми завдяки лінійності зміни міждросельних тисків. Забезпечення пропорційної зміни міждросельних тисків у схемі стало можливим внаслідок застосування лінійних капілярних подільників тисків, подільників потоків і використанні при визначенні розмірів дроселів схеми еквівалентних перетворень базових з'єднань лінійних капілярів. Це забезпечило функціонування схеми задавача без повторювачів тисків, які потенційно є джерелом похибок відтворення міждросельних тисків на входах наступних каскадів схеми (див. багатокаскадні з'єднання подільників тисків [12]).

За допомогою математичної моделі (5) і моделі змішувача [11] проаналізований вплив зміни вхідного $P_{1,2}$ і вихідного P_0 тисків дросельного задавача на концентрацію компонентів суміші, які дозують за допомогою лінійних капілярів змішувача.

Моделюванням встановлено, що для газодинамічного синтезатора, побудованого на основі лінійного дросельного задавача і лінійних дозуючих капілярів змішувача, найбільша відносна похибка концентрації компонента з найменшим вмістом ($r_{CO}=0,005$ %) в суміші при зміні вихідного тиску в межах $P_0 \pm 5$ кПа – 1,7 % відн. Також підтверджено, що зміна вхідного тиску $P_{1,2}$ не впливає на концентрації компонентів суміші.

У разі застосування в синтезаторі задавача капілярів із нелінійною залежністю зміни міждросель-

них тисків відносна похибка концентрації γ_{CO} є на рівні 1 % відн. при зміні тиску живлення $P_{1,2} \pm 10$ кПа, а при зміні вихідного тиску P_0 в межах $P_0 \pm 5$ кПа – 2,3 % відн. Таким чином можна стверджувати, що застосування розробленого дросельного задавача тисків забезпечує вищі метрологічні характеристики газодинамічного синтезатора газових сумішей.

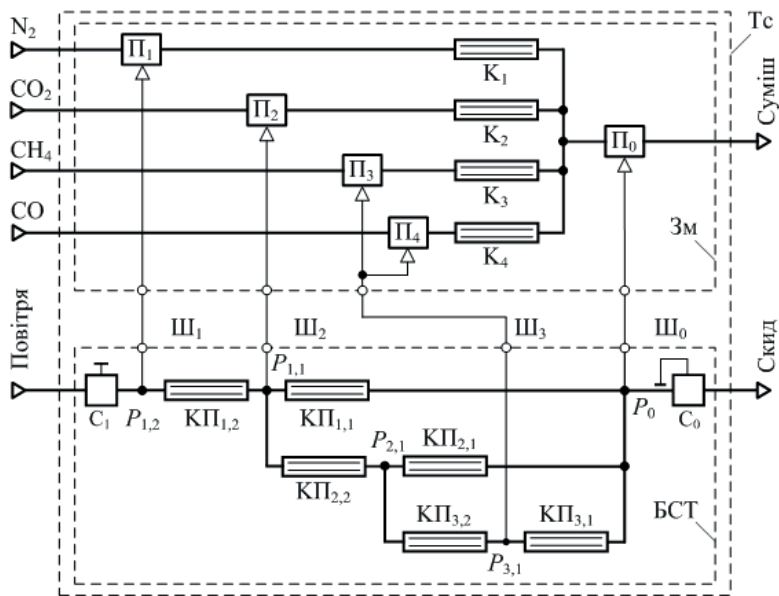


Рис. 3. Принципова схема газодинамічного синтезатора для приготування чотириконтентної суміші з мікроконцентраціями компонентів:
 Зм – змішувач газових потоків; K_1-K_4 – дозуючі капіляри;
 P_0-P_4 – повторювачі тиску; БСТ – блок стабілізованих тисків (задавач тисків); KP_i, j – j -й капіляр ($j=1, 2$) i -го каскаду ($i=1, \dots, 3$) БСТ;
 $\Pi_0-\Pi_3$ – штуцери; C_0 – стабілізатор абсолютного тиску;
 C_1 – стабілізатор надлишкового тиску; T_c – термостат

6. Висновок

Розроблена і досліджена дросельна схема задавача тиску, яка поєднує схеми подільника і суматора потоків з подільниками тисків і призначена для підтримання постійного співвідношення суттєво різних перепадів тисків на дозуючих капілярах, зокрема в газодинамічних синтезаторах сумішей заданого складу, задавачах витрати, а також в блоках стабілізованих тисків живлення.

Розроблений алгоритм проектування задавача тисків з лінійним однонапрямленим приростом міждросельних тисків, який полягає у визначенні:

- структури схеми – кількості каскадів за залежністю (1);
- параметрів прохідних каналів всіх його капілярів – в поетапному еквівалентному заміщенні послідовного і паралельного з'єднань лінійних капілярів відповідно за залежностями (2) і (3), починаючи з останнього каскаду схеми.

Одержана математична модель (4) високоточного задавача тисків представляє собою систему n нелінійних рівнянь, одержаних на основі закону Кірхгофа, забезпечує розрахунок схеми і дослідження дії факторів впливу на її роботу.

Застосування розроблених дросельних схем як базових для блоків стабілізованих тисків у синтезаторах газових сумішей забезпечує одержання мікроконцентрацій компонентів, а також підвищення точності підтримання концентрації компонентів складних газових сумішей.

Література

1. Прохоров, В. А. Основы автоматизации аналитического контроля химических производств [Текст] / В. А. Прохоров. – М.: Химия, 1984. – 320 с.
2. Измерения в промышленности. Справ. изд. в 3-х книгах. Кн. 3. Способы измерения и аппаратура [Текст] / под ред. П. Профоса; Пер. с нем.; 2-е издание. – М: Металлургия, 1990. – 344 с.
3. Трёмбовля, В. И. Теплотехнические испытания котельных установок [Текст] / В. И. Трёмбовля, Е. Д. Фингер, А. А. Авдеева; 2-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 416 с.
4. Nelson, G. O. Gas mixtures: preparation and control [Text] / G. O. Nelson. – Lewis Publishers, 1992. – 294 p.
5. Рейман, Л. В. Техника микродозирования газов. (Методы и средства для получения газовых смесей): справочное пособие [Текст] / Л. В. Рейман. – Л.: Химия, 1985. – 224 с.
6. Мордасов, М. М. Технические средства автоматизации. Ч. 1. Пневматическая ветвь [Текст]: уч. пос. / М. М. Мордасов, Д. М. Мордасов, А. В. Трофимов, А. А. Чуриков. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 168 с.
7. Стабилизатор абсолютного давления САД-307 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.elsy.kz/files/automatic/4/4-7.pdf>. – 19.11.2014. – Назв. с экрана.
8. Вашкурак, Ю.З. Пристрій для визначення витрати моногідрату [Текст] / Ю. З. Вашкурак, М. П. Кулик // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація». – 2006. – № 561. – С.64–66.
9. Helwig, N. Gas mixing apparatus for automated gas sensor characterization [Text] / N. Helwig, M. Schuler, C. Bur, A. Schutze // Measurement Science and Technology. – 2014. – Vol. 25, Issue 5. – P. 055903. doi: 10.1088/0957-0233/25/5/055903
10. Demichelis, A. Metrological performances of mass flow controllers for dynamic gas dilution [Text] / A. Demichelis, G. Sassi, M. P. Sassi // 20th IMEKO World Congress 2012. Busan, Republic of Korea. – 2012. – Vol. 1. – P. 1014–1017.
11. Ділай, І. В. Оптимальні дросельні схеми динамічних систем приготування складних газових сумішей [Текст] / І. В. Ділай, З. М. Теплох, Ю. З. Вашкурак // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 4, № 8(70). – С. 39–45. doi: 10.15587/1729-4061.2014.26257

12. Ділай, І. Основи побудови дросельних синтезаторів газових сумішей з мікроконцентраціями компонентів [Текст] / І. Ділай // Вісник Тернопільського НТУ. – 2013. – № 2. – С. 164–172. – Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/2783>.

Обґрунтовано параметри периферійно розташованих комірок та встановлено вплив їх кроку на рівномірність розміщення насіння в рядку. Використання комірок, утворених отвором і лопаткою, дозволить забезпечити більшу рівномірність дозування на початковому етапі. За результатами виконаних досліджень розроблена секція сівалки для висіву насіння просапних культур, в конструкції якої використано запропонований пневмомеханічний апарат з обґрунтованими конструктивними параметрами

Ключові слова: комірка, якість дозування, рівномірність розподілу, висівний диск, пневмомеханічний висівний апарат

Обосновано параметры периферийно расположенных ячеек и установлено влияние их шага на равномерность размещения семян в рядке. Использование ячеек, образованных отверстием и лопаткой, позволит обеспечить большую равномерность дозирования на начальном этапе. В результате выполненных исследований разработана секция сеялки для посева семян просапных культур, в конструкции которой использован предложенный пневмомеханический высевной аппарат с обоснованными конструктивными параметрами

Ключевые слова: ячейка, качество дозирования, равномерность распределения, высевной диск, пневмомеханический высевной аппарат

УДК 631.33.02

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.29272

ВПЛИВ ФОРМИ І ТИПУ КОМІРОК ВИСІВНОГО ДИСКА НА ЯКІСТЬ ДОЗУВАННЯ НАСІННЯ

К. В. Васильковська

Кандидат технічних наук, асистент*

E-mail: VasilkovskaKV@ukr.net

О. М. Васильковський

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: olexa74@ukr.net

*Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Кіровоградський національний

технічний університет

пр. Університетський, 8,

м. Кіровоград, Україна, 25006

1. Вступ

Сучасні пневмомеханічні висівні апарати точного висіву, попри довгу історію їх створення і вдосконалення, мають ряд недоліків, основними з яких є: недостатня дозуюча здатність, викликана обмеженістю коллової швидкості висівного диска ($V_k \leq 0,5$ м/с) і наявність випадкового неконтрольованого перерозподілу інтервалів між насінинами в борозні, внаслідок великої відносної швидкості насіння при контакті з останньою під час руху сівалки на номінальних швидкостях ($V_c = 1,5 \dots 2,5$ м/с). Усунення зазначених недоліків досягається шляхом збільшення коллової швидкості висівного диска і узгодження її з поступальною швидкістю сівалки. Однак, в конструкціях сучасних пневмомеханічних висівних апаратів вирішити дану задачу технологічно неможливо, оскільки це погіршує утворення однонасінневого потоку насіння ще на початковому етапі його формування.

Якість дозування насіння до борозни залежить, в першу чергу, від рівномірності розташування насіння на висівному диску. Тому підхід до обрання форми отворів диска є визначальною початковою умовою рівномірного дозування.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

З початку ХХ сторіччя почався пошук конструкцій висівних апаратів для пунктирної сівби насіння.

Одним із перших пневмомеханічних висівних апаратів є висівний апарат з дозатором барабанно-пальцевого типу, заявлений у 1904 році у США [1].

За конструктивним виконанням пневмомеханічні апарати можуть бути дисковими або барабанными, а за способом використання повітря їх розрізняють на вакуумні та апарати надлишкового тиску [2].

Перераховані висівні апарати мають недостатню дозуючу здатність, викликану обмеженістю коллової швидкості висівного диска і випадковим неконтрольованим перерозподілом інтервалів між насінинами в борозні, внаслідок великої відносної швидкості насіння.

Якість дозування насіння до борозни залежить, в першу чергу, від рівномірності розташування насіння на висівному диску.

На сьогоднішній день, створено велику кількість різновидів присмоктувальних отворів, серед яких можна виділити кілька основних типів:

- отвори круглої форми [3–5];
- отвори конічної або тороїдальної форми [6, 7];
- комірки, утворені отвором і лопаткою [8, 9].