

УДК 389.14:658.26

## СИНТЕЗАТОРИ ГАЗОВИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ АНАЛІЗАТОРІВ СКЛАДУ ДИМОВИХ ГАЗІВ

© Теплох З. М., 2002

Національний університет "Львівська політехніка"

*Описано розроблені основні принципи побудови газодинамічних синтезаторів перевірювальних сумішей для аналізаторів складу димових газів, запропонована схема такого синтезатора і методика його розрахунку.*

Одним із найефективніших способів економії палива (газ, мазут, вугілля) є забезпечення якісного горіння палива в котельних установках, випалювальних печах, сушарках та інших подібних технологічних об'єктах. Враховуючи, що таких об'єктів в Україні тисячі, а основна маса енергоносіїв витрачається саме ними, актуальність задачі є особливою. Контроль процесу спалювання найчастіше ведуть за вмістом кисню у димових газах, що дозволяє коректувати співвідношення паливо-повітря на вході об'єкту. Отже, ефективність горіння палива може бути забезпечена тільки наявністю і якісною роботою газоаналітичних приладів, зокрема, аналізаторів вмісту кисню. В свою чергу якість роботи газоаналітичних приладів можлива лише при належному їх метрологічному забезпеченні. Основними метрологічними засобами перевірки газоаналітичної апаратури є перевірювальні газові суміші [1, 2]. Проте дотепер застосування перевірювальних газових сумішей зв'язане з низкою труднощів. На сьогодні основну кількість газових сумішей як для метрологічних, так і для технологічних цілей готують в балонах високого тиску, причому лише в кількох центрах країни. Така організація виробництва сумішей має низку недоліків:

- 1) значні транспортні затрати і збільшені втрати сумішей,
- 2) обмежена номенклатура пропонованих газозмішувальними станціями сумішей,
- 3) недостатня в деяких випадках точність задання концентрацій компонентів газових сумішей,
- 4) обмежений термін зберігання газових сумішей в балонах.

Вказані та деякі інші недоліки призводять до того, що виробничники часто не дотримують вимог щодо термінів перевірки газоаналітичної апаратури і в результаті мають місце додаткові перевитрати палива.

Необхідність мати під рукою можливість отримання різних газових сумішей і в потрібних кількостях призвела до появи різних газозмішувальних пристроїв (синтезаторів), які проте поки що не знайшли широкого застосування. Синтезатор потре-

бує тільки джерел чистих компонентів (наприклад, балони із стиснутими газами). Дослідження показують, що такий спосіб отримання газових сумішей є економічно вигідний і ефективний.

Серед синтезаторів найбільш перспективними є газодинамічні синтезатори, побудовані на базі капілярних дросельних елементів (скляних або металевих). Принципова схема і конструкція таких синтезаторів можуть суттєво відрізнятися в залежності від необхідних концентрацій, потужності, кількості продукуваних сумішей, можливих змін параметрів зовнішнього середовища тощо. Основні принципи побудови таких синтезаторів наступні. Газова схема синтезатора має бути побудована за схемою суматора потоків компонентів. Висока точність приготування суміші повинна забезпечуватися за рахунок компенсації основних факторів впливу - тисків на виходах джерел чистих компонентів, барометричного тиску, навантаження синтезатора, температур компонентів і температури середовища. Така компенсація реалізується відповідним підбором геометричних розмірів капілярних елементів (КЕ). При цьому стабілізація деяких параметрів (тиски, температура) фактично лише створюють умови для забезпечення компенсації. Важливим принципом побудови синтезаторів також є застосування в каналах чистих компонентів подільників потоків, що дозволяє змінювати (з певною дискретністю) на виході склад газової суміші. Крім того, з метою досягнення особливо високої точності приготування газових сумішей доцільно використовувати дросельні елементи з рівними газодинамічними опорами. Особливою перевагою пропонованих синтезаторів є можливість приготування якісних багатоконпонентних сумішей. Розроблені нами синтезатори запатентовані в індустріально-розвинутих країн [3-6] і їх необхідно використовувати разом з газоаналітичною апаратурою, зокрема при контролі процесів згоряння різних палив.

Серед вказаних принципів побудови синтезаторів особливо важливим є підбір геометричних розмірів КЕ з метою забезпечення компенсації основних факторів впливу. Це зв'язано з тим, що ста-

білізація потоків компонентів та їх параметрів вимагає застосування відносно складного і дорогого обладнання, а компенсація дозволяє будувати якісні та дешеві синтезатори із застосуванням простих пристроїв стабілізації.

Для забезпечення компенсації зміни тисків на входах КЕ, навантаження синтезатора і барометричного тиску геометричні розміри КЕ повинні відповідати наступним залежностям (для бінарної суміші):

$$\left. \begin{aligned} \frac{m_2 d_2^4 L_1^2}{m_1 d_1^4 L_2^2} &= \frac{R_2 \mu_2^2}{R_1 \mu_1^2}, \\ r_1 &= 1/(1 + Q_2/Q_1), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де  $d$ ,  $L$  - діаметр і довжина прохідного каналу КЕ;  $m$  - коефіцієнт кінцевих ефектів;  $R$  - газові сталі компонентів суміші;  $\mu$  - коефіцієнт динамічної в'язкості;  $Q$  - масова витрата;  $r$  - масова концентрація компонента суміші. Індeksi 1 і 2 відносять вищевказані величини відповідно до першого і другого дроселя (компонента).

Для забезпечення компенсації змін температури компонентів суміші геометричні розміри КЕ повинні відповідати наступним залежностям (для бінарної суміші):

$$\left\{ \begin{aligned} K_2 &= \frac{m_2 d_2^4}{L_2^2}, \\ K_2 &= \frac{S_2}{T \mu_2^2 A_i^2} - \frac{2}{A_i}, \\ A_i &= \frac{S_2}{T \mu_2^2} - \frac{(B^2 - B) \mu_1^3 S_2 (\mu_2 + 2\beta_2 T)}{C_i + \mu_2^3 S_1 m_1 d_1^4 / L_1^2 (\mu_1 + 2\beta_1 T)}, \\ B &= \sqrt{1 + m_1 d_1^4 S_1 / (T \mu_1^2 L_1^2)}, \\ C_i &= 2(\beta_2 - \beta_1 \mu_2 / \mu_1) \mu_1^3 \mu_2^2 T (B^2 - B), \\ S_i &= (P_1^2 - P_2^2) / 512 R_i, \\ \mu_i &= \alpha_i + \beta_i T, \\ i &= 1, 2, \end{aligned} \right. \quad (2)$$

де  $P_1, P_2$  - абсолютні значення тисків відповідно на входах і виходах КЕ;  $T$  - абсолютне значення температури газових компонентів в каналах КЕ синтезатора;  $\alpha_1, \beta_1, \alpha_2, \beta_2$  - коефіцієнти лінійної апроксимації в'язкості відповідно першого і другого газових компонентів суміші.

Конструкції КЕ, розраховані за рівняннями (1) і (2), не збігаються, хоча можуть бути доволі близькими між собою. Це означає, що неможливо побудувати синтезатор з повною компенсацією усіх факторів впливу і тому конструкції газодинамічних синтезаторів повинні враховувати конкретні умови експлуатації.

Синтезатор газової суміші  $O_2-N_2$  для перевірки газоаналітичної апаратури з діапазоном вимірювання 0...21 % об.  $O_2$  побудований за наступною схе-

мою (рис. 1).

Принципова пневматична схема синтезатора містить канали 1 і 2 відповідно чистих компонентів -  $O_2$  і  $N_2$ . В кожному каналі встановлено послідовно з'єднані стабілізатори 3 і 4 надлишкового тиску, регульовані дроселі 5 і 6, теплообмінники 7 і 8, а також капілярні елементи 9...12. В каналі  $O_2$  встановлено три КЕ 9...11, а в каналі  $N_2$  - КЕ 12. Виходи КЕ 9...12 з'єднані між собою і утворюють вихідний канал 13, по якому приготовлена газова суміш подається до споживача. На виходах КЕ 9...11 встановлені електромагнітні клапани 14...16. При відкритті одного із електромагнітних клапанів 14...16 відповідний КЕ задає певну витрату  $O_2$  і в результаті готується газова суміш заданого складу.

Для створення умов компенсації впливу змін тисків на виході джерел чистих газів використовується вирівнювання тисків на входах КЕ 9...12. Вирівнювання тисків забезпечують шляхом з'єднання каналів 1 і 2 вхідними каналами 17 і 18 вирівнювача тисків і відведення газів через регульований дросель 19 на скид. Основними елементами вирівнювача тисків є з'єднувач 20 потоків і регульований дросель 19. З допомогою регульованих дроселів 5, 6 і 19 можна регулювати витрату газу, що йде на скид із виходу вирівнювача тисків, а також значення тиску на входах КЕ 9...12. Необхідно відзначити, що для стабілізації надлишкових тисків достатньо використовувати найбільш прості стабілізатори 3 і 4.

Вирівнювання тисків газових компонентів на виходах КЕ 9...12 здійснюється шляхом з'єднання без газодинамічних втрат виходів КЕ, що утворюють канал 13 готової газової суміші.

Конструктивні розміри КЕ 9...12 синтезатора визначають концентрації компонентів синтезованих газових сумішей. Крім цього, співвідношення цих конструктивних розмірів повинно забезпечувати компенсацію зміни тисків на входах і виходах КЕ.

Згідно з [7] перевірка основної похибки газоаналітичних промислових приладів неперервної дії повинна проводитися з допомогою перевірювальних газових сумішей загально в п'яти точках. Значення концентрації компонента в суміші повинні складати: 0+3, 35±3, 50±3, 70±3, 100-15 % від діапазону вимірювання пристрою за концентрацією. Отже для діапазону 0...21 % об.  $O_2$  синтезатор повинен готувати п'ять газових сумішей таких концентрацій 0, 7, 9.5, 15.3, 19 % об.  $O_2$  в  $N_2$ . Виходячи із сказаного, схема розробленого синтезатора містить три КЕ для приготування сумішей концентрацій 7, 9.5 і 19 % об.  $O_2$  в  $N_2$ . Для приготування 15,3 % об. газової суміші  $O_2$  в  $N_2$  використовується включення двох КЕ 9 і 10, а для перевірки початкової точки шкали діапазону газоаналізатора з виходу синтезатора подається чистий  $N_2$ .

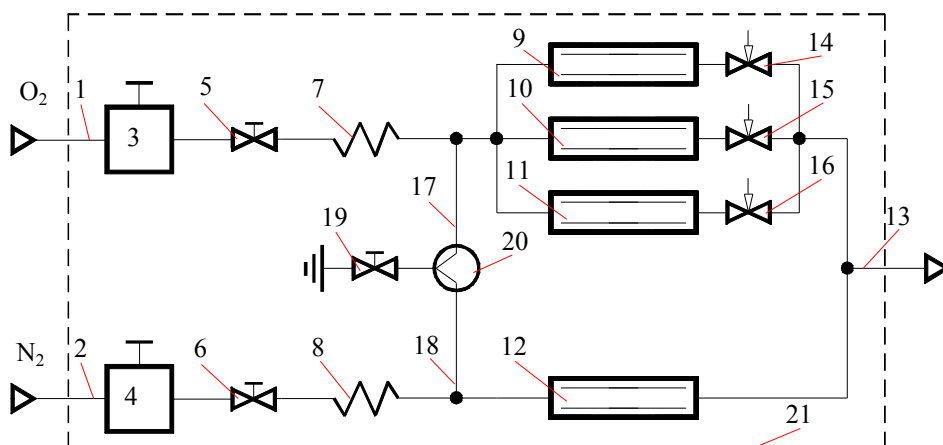


Рис. 1. Принципова схема газодинамічного синтезатора перевірювальних сумішей

З допомогою нижче наведеної системи рівнянь (3) можна розрахувати геометричні розміри КЕ 9 і 12 при заданих загальній витраті  $Q$  приготуваної газової суміші і концентраціях  $r_{N_2}$ ,  $r_{O_2}$  її компонентів:

$$\begin{cases} L_{12} = \frac{\pi^2 d_{12}^4 (P_1^2 - P_2^2) - 32 R_{N_2} T m_{N_2} Q^2 r_{N_2}^2 \rho_{N_2}^2}{256 \pi R_{N_2} T \mu_{N_2} Q r_{N_2} \rho_{N_2}}, \\ r_{O_2} + r_{N_2} = 1, \\ d_9 = d_{12}^4 \sqrt{\frac{m_{O_2} R_{O_2}}{m_{N_2} R_{N_2}}} \sqrt{\frac{r_{O_2} \rho_{O_2}}{r_{N_2} \rho_{N_2}}}, \\ L_9 = L_{12} \frac{m_{O_2} \mu_{N_2} r_{O_2} \rho_{O_2}}{m_{N_2} \mu_{O_2} r_{N_2} \rho_{N_2}}, \end{cases} \quad (3)$$

де  $\rho_{O_2}$ ,  $\rho_{N_2}$  - густина відповідно кисню і азоту.

Аналогічно можна розрахувати геометричні розміри КЕ 10 і 11.

Результати виконаних випробувань синтезатора показали, що розроблений пристрій має точність задавання концентрації кисню 0,56 % відн., а відтворюваність складу суміші (середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки концентрації компонентів) - 0,055 % відн.

1. Коллеров Д. К. Метрологические основы газоаналитических измерений. (Теория и практика получения градуировочных и поверочных газов и газовых смесей). - М.: Изд-во стандартов, 1967. - 396 с.
2. Коллеров Д. К. Газоанализаторы. Проблемы практической метрологии. - М.: Изд-во стандартов, 1980. - 176 с.
3. Пат. № 8805694 Франция. Dispositif pour la preparation des melanges gazeux a concentration predeterminee des composants / G. A. Morgovsky, E. P. Pistun, Z. N. Tepljukh, Ya. L. Sankin.
4. Патент № 4915123 США, Apparatus for preparing gas mixtures from constituents taken in a given proportion / G. A. Morgovsky, E. P. Pistun, Z. N. Tepljukh, Ya. L. Sankin.
5. Пат. № 8801331-3 Швеція, Anordning for beredning av gasblandningar med forutbestamd komponentkoncentration / G. A. Morgovsky, E. P. Pistun, Z. N. Tepljukh, Ya. L. Sankin.
6. Патент № 63-88342 Японія, Apparatus for preparing gas mixtures from constituents taken in a given proportion. / G. A. Morgovsky, E. P. Pistun, Z. N. Tepljukh, Ya. L. Sankin.
7. ГОСТ 20220-74. Приборы газоаналитические промышленные автоматические непрерывного действия. - М.: Изд-во стандартов, 1976.