

нагрівального елемента, та є співрозмірною таким чином, що утворюється задана різниця температур між ними обома.

На практиці, для регулювання нагрівального елемента прийнято використовувати ПІД-регулятори. Перед початком цієї процедури задають параметрами регулювання, які визначають із фізичних властивостей процесу вимірювання (основною величиною фізичного процесу вимірювання виступає норма масової витрати вимірюваного середовища). Фізичні умови цього процесу прийнято виражати у вигляді коефіцієнту теплопередачі, який характеризує передачу через стінку трубопроводу теплової енергії від нагрівального елемента до вимірюваного середовища.

Розроблення методики регулювання теплового витратоміра ставило за мету створити певний алгоритм, який дозволить швидко та стабілізовано налаштувати його та мінімізувати, при цьому, залежність різних умов перебігу процесу вимірювання масових витрат. В основу алгоритму було покладено швидкість зміни температури, яка тісно пов'язана із оптимально-узгодженою температурою та відповідними умовами процесу.

Реалізація алгоритму регулювання термомасового витратоміра дозволила контролювати фактичне значення актуальної різниці температур, яка відхиляється від заданої, та встановити її істинне значення, що дозволило керувати швидкістю зміни потужності нагрівання.

Розроблений алгоритм регулювання дозволяє у найкоротші терміни вийти на режим актуального (коректного) вимірюваного значення. Встановлено, що для врівноваження системи витратоміра, за граничної швидкості зміни потужності нагрівання (мала або занадто велика), необхідно затрачати чимало часу.

Застосована в алгоритмі методика дозволила наблизити поведінку системи до ідеального стану, і тим самим, покращила точність вимірювань витрат в умовах перехідного процесу.

Ключові слова: алгоритм, регулювання, тепловий витратомір, вимірювання, витрати, точність.

УДК 006.91

КАЛІБРУВАННЯ ПРИЛАДІВ ГАЗОВОГО АНАЛІЗУ

Козубовський В. Р., Білак Ю. Ю., Роль М. І.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна

E-mail: kozubvr@gmail.com, yuriy.bilak@uzhnu.edu.ua, mariana.rol@uzhnu.edu.ua

Прилади газового аналізу, особливо токсичних і вибухонебезпечних приладів, є, як правило, засобами вимірювальної техніки. Тому дуже важливим є забезпечення їх метрологічних параметрів. Для цього періодично проводиться їх метрологічна атестація, яка є затратною процедурою і проводять її, зазвичай, метрологічні центри. Часто виникає необхідність самостійної перевірки

працездатності приладу та його налаштування, причому існує значна кількість методів їх калібрування, до прикладу, часткове затемнення робочого каналу, уведення в робочий канал запаяної кювети з певною концентрацією вимірюваного газу тощо [1-5]. Однак, всі вони мають певні недоліки, як з точки зору значної похибки, так і можливості їх реалізації в експлуатації.

Нами пропонується метод калібрування, який частково має більшу достовірність, ніж вказано в дослідженнях [1-5]. Суть методу полягає в тому, що при зміні температури джерела випромінювання змінюється і його спектр випромінювання – а саме зміщується в інфрачервону область (при зменшенні температури). Тому, для ІЧ двоканального однопроменевого газоаналізатора, в якому канали суттєво рознесені по довжині хвилі, співвідношення інтенсивності робочого та опорного каналів змінюється, що еквівалентно введенню в робочий канал аналізованого газу. Розглянемо цей метод більш детально.

Як відомо, спектральна щільність енергетичної світності тіла накаливання розподілена у відповідності із законом Планка:

$$M_e(\lambda, T) = \frac{C_1 \lambda^{-5} \pi}{\exp(C_2 / \lambda T) - 1}, \quad (1)$$

де C_1 , C_2 – сталі. Ці спектральні залежності при температурі тіла розжарювання, що дорівнює 1500°K і 2000°K , зображені на рис.1, а.

На рис.1, б наведені функції пропускання світлофільтрів опорного ($\lambda_0 = 3,37$ мкм) і робочих ($\lambda_{CO_2} = 4,26$ мкм; $\lambda_{CO} = 4,65$ мкм) каналів газоаналізатора CO_2 , CO відповідно. Як бачимо з рис.1 енергетична світність тіла розжарювання в спектральних інтервалах, що виділяються інтерференційними світлофільтрами, при збільшенні температури змінюється (не однаково). В опорному каналі, який знаходиться ближче до максимуму розподілу Планка, світловий потік збільшується на більшу величину, ніж у віддалених робочих каналах.

В таблиці 1 наведені значення енергетичної світності ΔM_e по каналах газоаналізатора при двох температурах тіла розжарювання; їх значення, віднесені до опорного каналу $\Delta M_{ep} / \Delta M_{eo}$, та процентна зміна Δ цих відношень при збільшенні температури. Причому ці дані наведені для двох значень λ_{CO_2} , $\lambda_{2\text{CO}_2}$ максимумів пропускання каналу CO_2 , для демонстрації величини впливу зміни спектральних параметрів газоаналізатора на калібрувальні числа.

Якщо врахувати, що для збереження лінійності градуовальної кривої відношення сигналів U_p / U_o відхилиться від 1 до 20 %, то, як бачимо з таблиці, градуовальні числа мають порядок 1/3 шкали газоаналізатора. Це говорить про значний перерозподіл світлового потоку по каналах, як результат підвищення температури тіла розжарювання. Крім того, спектральний зсув інтерференційного світлофільтру каналу CO_2 на 0,04 мкм призвів до зміни калібрувального числа на 10 % (від 5,7 до 6,6).

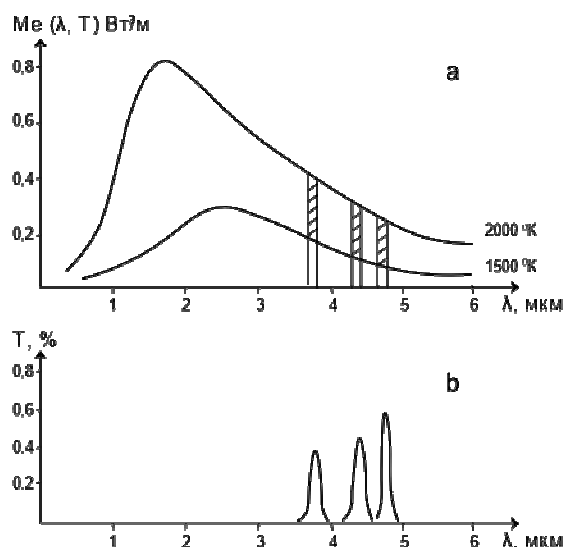


Рис. 1. Спектральна залежність енергетичної світності при температурі розжарювання 1500⁰К і 2000⁰К (а) та функція пропускання інтерференційних світлофільтрів газоаналізатора СО, СО₂ (б).

Таблиця 1. Розподіл світлового потоку по каналам газоаналізатора

Довжина хвилі, мкм	3,7	4,25	4,3	4,65
Параметр (Температура, °К)	1500; 2000	1500; 2000	1500; 2000	1500; 2000
$\Delta Me, \text{Вт/см}^2$	0,49; 1,0	0,43; 0,83	0,43; 0,81	0,37; 0,7
$\Delta Mep / \Delta Meo$ для відповідних Т	1; 1	0,88; 0,83	0,69; 0,81	0,76; 0,7
$\frac{\Delta Mep / \Delta Meo(2000^\circ)}{\Delta Mep / \Delta Meo(1500^\circ)}$	1	0,943	0,943	0,91
$\Delta, \%$	0	5,7	6,6	9

Таким чином, даний метод калібрування дозволяє фіксувати зміни параметрів як електронного, так і оптичного тракту, включаючи його спектральні характеристики.

На рис. 2 приведена структурна схема інфрачервоного газоаналізатора СО, СО₂, що реалізує пропонуванний спосіб.

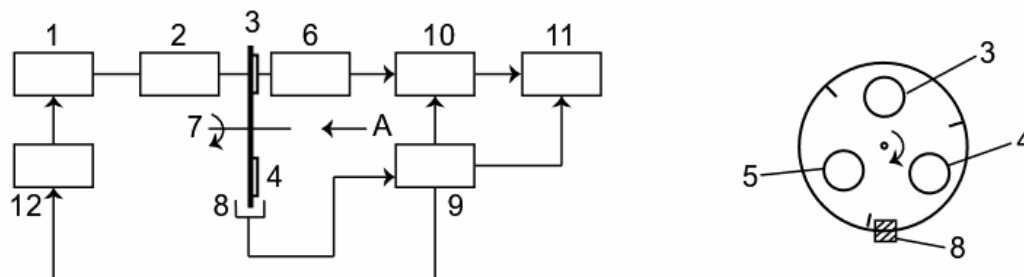


Рис. 2. Структурна схема газоаналізатора СО, СО₂ з селективним калібруванням.

Газоаналізатор складається з джерела світла 1, робочої кювети 2, через яку прокачується аналізована газова суміш, інтерференційних світлофільтрів 3

(опорного каналу $\lambda_0 = 3,7$ мкм), 4 (каналу CO_2 , $\lambda_{\text{CO}_2} = 4,26$ мкм), 5 (каналу CO , $\lambda_{\text{CO}} = 4,65$ мкм), які закріплені на диску модулятора 7, приймача випромінювання 6, датчика положення модулятора 8, блока управління 9, блока підсилювачів 10, схеми 11 обробки та виводу інформації, стабілізатора струму 12.

Газоаналізатор працює наступним чином. Випромінювання від джерела 1 проходить через кювету 2, відповідні світлофільтри 3 – 5 і фокусується на приймач 6. Диск модулятора 7 має кодову доріжку. Інформація про ввід того чи іншого світлофільтрів (3-5) в світловий потік знімається з кодової доріжки за допомогою датчика 8 і поступає в блок 9, що формує імпульси керування роботою схеми 11 обробки та виводу інформації. При включенні режиму калібрування блок 9 видає сигнали в стабілізатор 12, що змінює струм джерела 1 на певну величину, а також в блок підсилювачів для перемикання їх коефіцієнтів передачі. При зміні струму розжарювання температура джерела 1 збільшується від 1500 °К в режимі вимірювання до 2000 °К в режимі калібрування. Відповідно, величини всіх сигналів, що знімаються з приймача 6, різко збільшуються. Для того, щоб сигнали на виході блока 10 мали той же порядок величини, що й в режимі вимірювання, їх коефіцієнти передачі зменшуються на певну величину в режимі калібрування.

За наявності в кюветі 2 чистого повітря сигнали всіх каналів вирівнюються (за допомогою регулювання коефіцієнтів передачі блоку 10) і індикатори схеми обробки і видачі інформації 11 фіксують нульовий рівень сигналів в каналах CO , CO_2 . Поява аналізованих газів у кюветі 2 призводить до ослаблення сигналів робочих каналів і на індикаторах схеми 11 фіксується концентрація цих газів відповідно до алгоритму обробки сигналів:

$$W = \frac{K \ln U_p}{U_o}, \text{ де } K - \text{ коефіцієнт пропорційності.}$$

При калібруванні продувають кювету 2 чистим повітрям і встановлюють нульові покази індикаторів CO , CO_2 за допомогою органів керування газоаналізатора; включають калібратор і перевіряють відповідність калібрувальних чисел на індикаторах CO , CO_2 їх значенням, вказаним в паспорті приладу. Якщо вони виходять за межі допуску, то за допомогою органів керування газосигналізатора регулюють коефіцієнти передачі системи реєстрації (блок 10), встановлюючи покази на індикаторах CO , CO_2 рівними значенню калібрувальних чисел, вказаних в паспорті приладу.

Звичайно, не завжди можна вибрати в якості опорного каналу близький до максимуму розподілу Планка спектральний канал. Однак в якості опорного каналу можна вибрати і найбільш віддалений від максимуму розподілу спектральний канал. В цьому випадку для калібрування необхідно зменшувати температуру тіла розжарювання (до прикладу, для газоаналізатора вуглеводнів $\lambda_0 = 3,9$ мкм, $\lambda_{\text{CH}_4} = 3,4$ мкм). У найгіршому варіанті, коли опорний канал може займати тільки середнє спектральне положення між робочими каналами, в момент калібрування можна проводити перекомутацію каналів (крайній

робочий зробити опорним каналом) або вимірювати коефіцієнт передачі опорного каналу в системі реєстрації таким чином, щоб сигнал опорного каналу ставав більшим за сигнали робочих каналів на певну величину. В цьому випадку, як і в попередньому, зміна спектральних характеристик призведе до зміни калібрувальних чисел.

Таким чином, використання нашого способу калібрування дозволяє обійтись без використання повірочних газових сумішей (ПГС), селективних поглиначів. Це значно спрощує і робить дешевше процес калібрування. Крім того покращується метрологічна надійність калібрування. Дійсно, при порушенні технології приготування ПГС, вона може з часом змінити свою концентрацію (особливо у випадку агресивних газів і парів, а також схильних до адсорбції і конденсації). Селективно поглинаючі плівки, або гази в запаяних кюветах можуть змінити свої оптичні властивості, поглинання світлового потоку залежить також від їх встановлення в газоаналізатор. Параметри ж сучасних електронних компонентів більш стабільні в часі.

Ключові слова: газоаналізатор, калібрування, випромінювання, міжповірочний інтервал.

Література

- [1] Т. И. Повхан, В. Р. Козубовский, “Модулятор однолучевого многоканального анализатора”, *А.с. №1549314. СССР МКИ G 01 N 21/61*. Заявлено 14.12.87. ДПС – 4 с.
- [2] В. Р. Козубовський, Т. И. Повхан, “Способ калибровки газоанализатора”, *А. с №1559878. СССР МКИ G 01 N 21/61*. Заявлено 6.06.88; ДПС – 4 с.
- [3] В. Р. Козубовський, Т. И. Повхан, “Однолучевой многоканальный анализатор”, *А.с.1598652. СССР МКИ 01 N 21/61*. Заявлено 23.03.89. ДПС – 4 с.
- [4] В. Р. Козубовський. “Спосіб калібрування і повірки газоаналізатора”, *Метрологія та прилади*, №4, с. 41-43, 2011.
- [5] В. Р. Козубовський, “Спосіб калібрування і повірки газоаналізатора”, *Патент на корисну модель №461127*. Опубл.11.07.2011. Бюл. № 13.

УДК 006.91+536.2

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВИМІРЮВАНОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА ТОЧНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТУ ВИМІРЮВАННЯ ДРОСЕЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТ

Ципящук А. Л., Кайдик О. Л., Терлецький Т. В.

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

E-mail: andriy.tsypa@gmail.com, o.kaidyk@lntu.edu.ua, t.terletskyi@lntu.edu.ua

Природньо, що під час транспортування трубопроводом вимірюваного середовища його вихідні параметри можуть змінюватись. Це є наслідком впливу конструктивних параметрів трубопроводу або умов подачі речовини.

Як правило, температурний режим на ділянках з нестабільними параметрами потоку не враховується. Зокрема, не врахованими залишаються: