



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **74213** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
G01N 21/61 (2006.01)
G01N 35/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

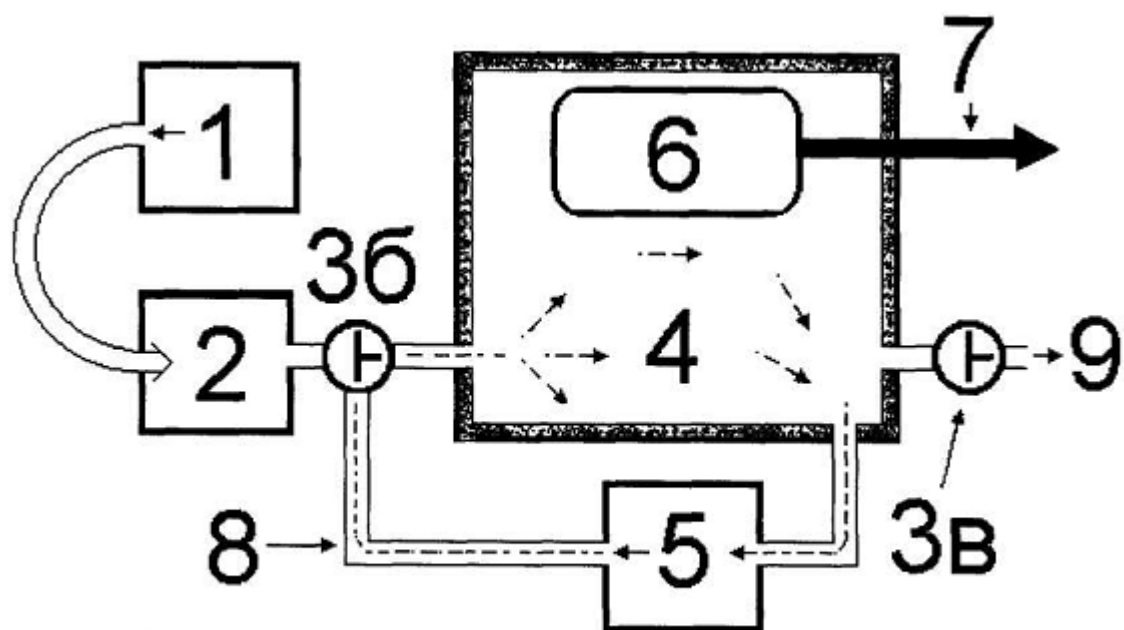
(21) Номер заявки: u 2012 02875	(72) Винахідник(и): Лукаш Сергій Іванович (UA), Воля Олександр Павлович (UA), Будник Микола Миколайович (UA)
(22) Дата подання заявки: 12.03.2012	(73) Власник(и): ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М.ГЛУШКОВА НАН УКРАЇНИ, пр. Академіка Глушкова, 40, м. Київ-187, 03187 (UA), Лукаш Сергій Іванович, пр. Глушкова, 30, кв. 85, м. Київ, 03187 (UA), Воля Олександр Павлович, вул. Донецька, 65, кв. 23, м. Київ, 03151 (UA), Будник Микола Миколайович, вул. Юнкерова, 73, кв. 3, м. Київ, 04075 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.10.2012	(74) Представник: Жук Віктор Олексійович, реєстр. №16
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.10.2012, Бюл.№ 20	

(54) СПОСІБ КАЛІБРУВАННЯ МУЛЬТИСЕНСОРНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА

(57) Реферат:

Спосіб калібрування мультисенсорного газоаналізатора, пневматична частина якого містить вимірювальну камеру з двома виходами, один з яких з'єднують з компресором, а інший - зі входом каліброваного зразка газової суміші, яка містить газ-аналіт та референтний газ, розташовують в зазначеному об'ємі мультисенсор, що містить не менш ніж один сенсор, вводять повітряну газову суміш в пневматичну частину, обчислюють калібрувальні криві, який відрізняється тим, що застосовують вимірювальну камеру каліброваного об'єму; вимірювальну камеру вміщують у термостат, вимірювання здійснюють в закритому режимі, коли газова суміш циркулює в пневматичній частині; вимірювання виконують серією не менш ніж 10 спостережень з усередненням вихідних сигналів, для даного газу-аналіту вибирають сигнал від сенсора з максимальною амплітудою, вимірювання повторюють не менш ніж для двох концентрацій газу-аналіту, обчислюють калібрувальну криву та визначають відносні похибки в кожній точці вимірювань, визначають точність калібрування даного газу-аналіту як граничну похибку в діапазоні вимірюваних концентрацій; повторюють зазначені дії для різних газів-аналітів кількістю раз не менше, ніж кількість сенсорів.

UA 74213 U



Фиг. 1

Корисна модель стосується галузі газоаналізу і може бути використана для калібрування мультисенсорних газоаналізаторів, призначених для медичних цілей, наукових і екологічних досліджень. Вона може бути застосована для випробувань, метрологічної атестації, повірки або калібрування (градування) мультисенсорних газоаналізаторів.

Газоаналізатори можуть використовуватися в технологічних процесах переробки, виготовлення, збереження продуктів харчування, при їх вживанні, при виявленні шкідливих або вибухонебезпечних газів, при оцінці екологічного стану, проведенні біомедичних досліджень [Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение. - Москва: Мир, 1989.].

Багато захворювань супроводжуються виділенням певних газів у повітря, що видихається пацієнтом. Наприклад, за кількістю монооксиду і двоокису вуглецю (CO і CO_2) у такому повітрі можна судити про киснево-транспортні властивості гемоглобіну крові. А одночасне детектування монооксиду вуглецю і закису азоту (N_2O) дозволяє дослідити залежність газотранспортних властивостей легеневої мембрани від інтенсивності кровотоку.

Відомо, що одним з найважливіших чинників існування живих організмів є їх газообмін з навколишнім середовищем. Його основу складають поглинання кисню та виділення парів води і вуглекислого газу, що відбуваються при зовнішньому диханні і зумовлені в основному енерговитратами організму. Згадані процеси настільки інтенсивні, що зміни концентрації O_2 і CO_2 внаслідок дихання досягають декількох відсотків ($>3\%$) від сумарного складу повітря, що видихається. Ці та інші досить легкі газоподібні сполуки, які в значно менших кількостях утворюються в організмі, присутні у повітрі дихання у вигляді слідів (концентрація $10^{-6}\%$) і є ознаками або маркерами протікання певних біохімічних процесів. Дані про виділення таких речовин і їх концентрацію є цінними для діагностики деяких захворювань.

При таких захворюваннях як: інфікування бактерією *Helicobacter pylori*; ускладнення проходження їжі через шлунково-кишковий тракт; дисфункція підшлункової залози або печінки, у тому числі цироз; надмірний ріст бактерій; метаболізм жовчі, глюкози - маркерним газом є діоксид вуглецю (CO_2), при концентрації $>4\%$.

Концентрація монооксиду вуглецю (CO) більше 2% при захворюваннях на анемію, інфекцію дихальних шляхів, астму.

При захворюваннях: хронічна обструктивна хвороба легень; астма; інфекція верхніх дихальних шляхів; запальні процеси в шлунку, у тому числі інфекція *Helicobacter pylori*; рак органів травлення; хронічні інфекційні запальні процеси, - концентрація окису азоту (NO) $4\text{--}20\text{ ppm}$ (ppm - part per million , одна мільйонна частка).

При порушеннях функції підшлункової залози, при гострому деструктивному панкреатиті і дієтичному розбалансі, серцевій недостатності у важкій стадії, раку легенів, - концентрація ацетону ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) становить $10\text{--}100\text{ ppb}$ (ppb - одна мільярдна частка).

При нирковій недостатності, гіпертонічній хворобі, атеросклерозі ниркових артерій, токсичних ураженнях нирок; недостатності печінки, гепатитах, цирозі печінки, раку легенів - концентрація аміаку (NH_3) більша 1 ppm [Лазерный спектральный анализ молекул-биомаркеров для медицинской диагностики, под ред. Е.В. Степанова. Москва: Наука - 2005. -279 с.].

Головною проблемою при розробці стаціонарних газоаналізаторів з кількома сенсорами є складність реалізації в одному приладі функцій одночасного вимірювання концентрації газів в їх суміші. Відомо, що найпростіший підхід для одночасного вимірювання сумішей газів - одночасне застосування декількох приладів із сенсорами, чутливими до певного газу із суміші.

Задача вимірювань сумішей газів спрощується при застосуванні мультисенсорних приладів та мікропроцесорної обробки сигналів. З рівня техніки відомо ряд конструкцій мультисенсорного аналізаторів, наприклад UA 44946, UA 47034, UA 47035, UA 49763.

1. UA 44946, G01N35/00, Пристрій мультисенсорного аналізу багатокомпонентних хімічних середовищ, Снопко Б., Кушнеров І., Савченков А., Снопко О., 2009.

2. UA 47034, G01N35/00, Пристрій мультисенсорного аналізу багатокомпонентних хімічних середовищ, Снопко Б., Кушнеров І., Савченков А., Снопко О., 2009.

3. UA 47035, G01N35/00, Пристрій мультисенсорного аналізу багатокомпонентних хімічних середовищ, Снопко Б., Кушнеров І., Савченков А., Снопко О., 2009.

4. UA 49763, G01N35/00, Пристрій мультисенсорного аналізу багатокомпонентних хімічних середовищ, Снопко Б., Кушнеров І., Бурлаченко Ю., 2009.

В патенті UA 44946 розглядається пристрій мультисенсорного газоаналізатора на основі напівпровідникових газоаналізаторів. В патенті UA 47034 наведено подібний газоаналізатор з модифікованою пневматичною системою. В патенті UA 47035 додатково замінюють реактор з блоком сенсорів на блок сенсорів. В патенті UA 49763 додатково вводиться в пристрій блок освітлення.

Проте, вказані патенти розкривають конструкцію пристроїв, але не розглядають метрологічне забезпечення, у тому числі способи калібрування. В той же час важливим питанням вимірювальної техніки є встановлення точної відповідності між вхідним сигналом (значенням концентрації) та вихідним сигналом приладу. Тому для розробки і впровадження

подібної техніки необхідно створювати методики калібрування, вимірювання та градуювання, що дало б змогу експериментально визначити його функцію перетворення та похибки вимірювань. Особливо це стосується мультисенсорних приладів, для яких ці методики ускладнюються.

Відомо такі патенти, які розглядають способи калібрування та градуювання газоаналізаторів:

5. SU 1356702, G01N21/61, Спосіб градуювання газоаналізаторів Богуненко В., Ситніков М., Приміський В., Конопелько П., 1985.

6. UA 61127, G01N 21/61, Спосіб калібрування і повірки газоаналізатора, Козубовський В., 2010.

У патенті SU 1356702 розглянуто спосіб калібрування газоаналізаторів шляхом подачі на вхід газоаналізатора повірочної газової суміші (ПГС). Спосіб відрізняється тим, що з метою підвищення точності градуювання і скорочення кількості використовуваних ПГС, впродовж інтервалу часу, більшого за час перехідних процесів газоаналізатора, подають з номінальною витратою ПГС концентрації, які відповідають початку або кінцю шкали газоаналізатора, послідовно збільшуючи або зменшуючи відповідну витрату суміші, шляхом подання суміші з кожним значенням витрати впродовж того ж відрізка часу, що і при нормальній витраті.

Перевагою цього способу є використання одного балону для градуювання всієї шкали, недоліком - низька точність у зв'язку з використанням механічного вентиля.

У прототипі UA 61127 розглядають спосіб калібрування і повірки газоаналізатора, який включає установку нульових показань, напуск у калібрувальну кювету ПГС, установку діапазону вимірів. Особливістю є те, що під час калібрування довжину робочої кювети змінюють від установленого значення до нульового і встановлюють нульові показання газоаналізатора. Після установки нульових показань, довжину каліброваної кювети змінюють від нульового до встановленого значення і встановлюють верхнє значення діапазону вимірів.

Перевагами способу-прототипу є можливість проведення калібрування й повірки без застосування ПГС, що істотно спрощує калібрування й повірку газоаналізатора на робочому місці. Крім того, спосіб дозволяє зменшити похибку калібрування й повірки, тому що у режимі калібрування світловий потік проходить по тому ж оптичному шляху, що й у режимі вимірів, при цьому залишається без змін величина світлового потоку й ступінь забруднення оптичних елементів селективними й неселективними компонентами аналізованої суміші.

Недоліком способу-прототипу є відсутність чіткої послідовності дій, мала відтворюваність калібрування, його придатність лише для певного типу газоаналізаторів.

Недоліки існуючих способів калібрування:

1. Відсутня детальна послідовність виконання операцій.

2. Відомі Способи, наприклад, SU1356702 і UA61127, застосовані до певних типів сенсорів, але вони не охоплюють напівпровідникові сенсори.

3. Відсутній спосіб калібрування мультисенсорних газоаналізаторів.

Новизна корисної моделі порівняно з сучасним рівнем техніки полягає у тому, що пропонується спосіб дозволяє проводити калібрування приладу з більшою точністю, яку досягають усередненням багатьох вимірювань, виготовленням каліброваних сумішей з більшою точністю за рахунок використання каліброваного вимірювального об'єму, мікродозатору аналітичної рідини та термостату.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення точності калібрування газоаналізатора та його придатності до мультисенсорного газоаналізатора.

Поставлена задача досягається шляхом:

застосування нових конструктивних рішень та прийомів, вдосконалених способів виконання дій і включає наступне:

1. для приготування каліброваного зразка використовують вимірювальну камеру каліброваного об'єму;

2. калібрований зразок вміщують в термостатовану посудину;

3. вимірювання здійснюють в закритому режимі, коли газова суміш циркулює в пневматичній частині;

4. виконують вимірювання серією не менше ніж 10 спостережень з усередненням;

5. для даного газу-аналіту вибирають сигнал від сенсора з максимальною амплітудою;

6. вимірювання повторюють не менш ніж для двох концентрацій газу-аналіту;

7. обчислюють калібрувальну криву та визначають відносні похибки в кожній точці вимірювань;

8. визначають точність калібрування для даного газу-аналіту як граничну похибку в діапазоні вимірюваних концентрацій;

5 9. повторюють зазначені дії для різних газів-аналітів кількість раз не менше ніж кількість сенсорів.

Технічний результат полягає у:

1) збільшенні точності задавання концентрації газу-аналіту за рахунок використання термостату, мікродозатору та вимірювальної камери каліброваного об'єму,

10 2) збільшенні точності калібрування за рахунок багаторазового повторення вимірювань і усереднення сигналів,

3) можливість застосування різних типів каліброваних зразків:

а) рідкого, який вводять у термостатовану вимірювальну камеру,

15 б) газоподібного у вигляді насичених парів рідини-аналіту, отриманих в окремій термостатованій посудині,

в) газоподібного, який вводять з ПГС;

4) розширення області застосування не тільки для одно-, а й для мультисенсорних газоаналізаторів;

5) можливість застосування даного способу для різних газів-аналітів.

20 Короткий опис ілюстрацій:

Фіг. 1 - Блок схема пристрою, що реалізує пропонований спосіб: 1 - термостатована посудина з рідиною-аналітом, 2 - мікродозатор, 3а, б - пневматичні трійники, 4 - термостатована вимірювальна камера, 5 - компресор, 6 - сенсорний блок, 7 - вихідний сигнал сенсорів, 8 - з'єднувальні трубки, 9 - навколишнє середовище. Пунктирні стрілки показують напрямок руху газової суміші в камері.

Фіг. 2 А, Б - Залежність відносного сигналу сенсора від температури для 2 мкл етанолу протягом циклу: А (Б) - 2-й (3-й) цикл, суцільна (пунктирна, штрих-пунктирна) крива - сигнал від 1-го (2-го, 3-го) шару.

30 Фіг. 3 - Залежність усередненого відносного сигналу за 10-ма циклами для 1-го шару сенсора та 5 мкл етанолу: суцільна крива - усереднений сигнал, верхня та нижня пунктирні криві - відповідно, верхня та нижня межі похибки вимірювань.

Фіг. 4 - Калібрувальна залежність для етанолу: суцільна лінія - експериментальні дані, пунктирна лінія - фрагмент калібрувальної кривої сенсора заводу-виробника.

35 Фіг. 5 А, Б - Блок схема іншого варіанту пристрою: 1 - термостатована посудина з рідиною-аналітом, 2 - мікродозатор, 3а, б, в - пневматичні трійники, 4 - термостатована вимірювальна камера, 5 - компресор, 6 - сенсорний блок, 7 - вихідний сигнал сенсорів, 8 - з'єднувальні трубки, 9 - навколишнє середовище, 10 - балон з повітряною газовою сумішшю (ПГС).

40 В основній реалізації застосовано пристрій, блок-схема якого наведена на Фіг. 1. Він включає термостатовану посудину з рідиною-аналітом 1, мікродозатор 2, пневматичні трійники 3а, б, вимірювальну камеру 4, компресор 5, сенсорний блок 6, аналоговий сигнал на виході сенсорів 7, з'єднувальні трубки 8, навколишнє середовище 9.

45 Як вимірювальну камеру 4 використано скляну посудину каліброваного об'єму 950 см³. До отворів мікродозатора, камери, компресора та трійників кріплять з'єднувальні трубки 8. Трійники 3а, б знаходяться в стані, показаному на Фіг. 1, тобто 3а - відкритий для напуску газу із термостатованої посудини з рідиною-аналітом в мікродозатор, 3б, в - закриті, відокремлюють мікродозатор від інших частин пневматичної системи. Після заповнення мікродозатора газом із термостатованої посудини з рідиною-аналітом трійник 3а закривають. Включають компресор і переводять трійник 3б в положення, що сполучає об'єми мікродозатора, камери і компресора.

50 Газ-аналіт діє на чутливі датчики сенсорного блоку, в якому формується вихідний сигнал сенсорів 7. Сенсорний блок 6 містить як сенсори з перехресною чутливістю до досліджуваних газів, так і селективні сенсори з високою чутливістю до певних газів. Як калібрувальний газ використано насичені пари етанолу при певній сталій (заданій) температурі, при якій тиск парів відомий.

55 Суть робіт по приготуванню парів каліброваної концентрації полягає у відборі проби рідини-аналіту (наприклад, етанол, ацетон) мікродозатором певного об'єму, введенні проби у вимірювальну камеру каліброваного об'єму, створенні насиченої пари досліджуваного газу при температурі, заданій у термостаті.

Прокачування суміші за допомогою компресора забезпечує вирівнювання концентрації у всьому замкнутому об'ємі.

Вихідний сигнал сенсора при вимірюваннях концентрації газів - це опір певного його шару. Але при цьому використовують додаткову інформацію про опір того ж чутливого шару в середовищі референтного стандартного газу. Як інформаційний сигнал застосовано відносний сигнал R_s/R_o - відношення опору сенсора при дії газу-аналіту R_s до його опору при дії референтного газу R_o . В основній реалізації референтний газ - повітря з параметрами, близькими до стандартного повітря (температура 20 °C, вологість 60 %, тиск 760 мм. рт. ст.).

В основній реалізації використано мультисенсиори фірми UMWELTSENSORTEKNIK (Німеччина) GGS 1541D, GGS 2541 та GGS 6541D на основі діоксиду олова (SnO_2). Датчик виконано в пластиковому корпусі D на ізолюваній підкладці з трьома чутливими шарами, де 1-й шар чутливий до парів органічних рідин, має гарний відгук навіть при швидкому протіканню газу, 2-й - чутливий до парів етанолу, 3-й - до парів води. Розмір $2,3 \times 2 \text{ мм}^2$, опір нагрівача при $T=0 \text{ °C}$ $11 \pm 0,5 \text{ Ом}$, клас точності $\pm 30 \%$ [<http://www.umweltsensortechnik.de>].

Один цикл вимірювання включає послідовний нагрів та охолодження сенсора, в результаті температура змінюється пропорційно часу. Одне спостереження полягає у реєстрації вихідного сигналу в процесі нагріву сенсора. Основна реалізація способу включає наступні етапи:

Етап 1. Промивання пневматичної системи. В основній реалізації як референтний газ використовують описане вище стандартне повітря, яким промивають систему на протязі 30 хв. Переводять пневматичну систему в замкнутий режим.

Етап 2. Приготування зразка для калібрування. В мікродозатор впускають об'єм рідкого етанолу $W = 2 \pm 0,2 \text{ мкл}$. Створену пару вводять у вимірювальну камеру каліброваного об'єму.

Етап 3. Розрахунок концентрації газової суміші у вимірювальній камері. Масу етанолу у зразку знаходять згідно виразу (1)

$$m(2\text{мкл}) = \rho W = 0,7893 \text{ г/см}^3 \times 0,002 \text{ см}^3 = 0,0016 \text{ г}, \quad (1)$$

де ρ - густина етанолу в рідкому стані, W - об'єм рідкого етанолу. Далі вираховують об'єм парів етанолу V згідно виразу (2):

$$V(2\text{мкл}) = \frac{m(2\text{мкл}) \cdot 22400 \text{ см}^3}{M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})} = 0,78 \text{ см}^3, \quad (2)$$

де 22400 см^3 - об'єм одного молю газу за нормальних умов, $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 46$ - молярна маса етанолу.

Концентрація етанолу C в референтному газі дорівнює частці об'єму, що займає етанол у каліброваному об'ємі V_0 , згідно виразу (3):

$$C(2\text{мкл}) = W(2\text{мкл}) / V_0 = 809,16 \text{ ppm}, \quad (3)$$

де $V_0 = 950 \text{ см}^3$ в основній реалізації. Так як дана концентрація отримана з 2 мкл рідини, концентрацію газової суміші через об'єм рідини розраховують згідно виразу (4):

$$C(\text{ppm}) = K \times W(\text{мкл}), \quad (4)$$

де коефіцієнт пропорційності дорівнює (5):

$$K = 809,16 / 2 = 405 \text{ ppm/мкл}. \quad (5)$$

При інших об'ємах рідкого етанолу концентрацію розраховують за формулою (6):

$$C(\text{ppm}) = 405 [\text{ppm/мкл}] \times W[\text{мкл}], \quad (6)$$

де $W[\text{мкл}]$ - об'єм аналітичної рідини, $405 [\text{ppm/мкл}]$ - коефіцієнт перерахунку об'єму етанолу в концентрацію його парів в газовій суміші за нормальних умов.

Етап 4. Вимірювання. Приготовану суміш з концентрацією парів етанолу 809 ppm прокачують через камеру з сенсорами. На Фіг. 2А, Б наведено залежність відносного сигналу сенсора від його температури. З Фіг. 2А, Б видно, що різні шари мають різні чутливість та час відгуку, що проявляється в різній амплітуді сигналів при певних температурах нагріву прошарків. Інформативним є діапазон 200-400 °C.

Етап 5. Обробка результатів вимірювання. Вибирають сигнал від найчутливішого до даного газа-аналіта шару. З наведених на Фіг. 2 залежностей видно, що найбільшу амплітуду вихідного сигналу має 1-й шар, отже він має найкращий інформаційний сигнал і тому повинен бути відібраний для калібрування по етанолу.

Етап 6. Виконання серії вимірювань - полягає у повторенні 9 вимірювань згідно Етапів 4 та 5. Вимірювання проводять принаймні 30 хвилин, які охоплюють 10 спостережень.

Етап 7. Обчислення усередненого вихідного сигналу при концентрації парів етанолу 809 ppm. Усереднюють результати 10-ти спостережень, обчислюють усереднену криву, подану на Фіг. 3.

Етап 8. Обчислення точності вимірювання при концентрації парів етанолу 809 ppm. Обчислюють середній сигнал та відносну похибку які рівні 0,211 та 9,5 % (Фіг. 4), межі похибки позначені віскером.

5 Етап 9. Приготування зразка з іншою концентрацією. Промити пневматичну систему повітрям згідно Етапу 1 на протязі 5 хв. Приготувати контрольну суміш (див. Етап 2) з концентрацією етанолу 2025 ppm, взявши для цього 5 мкл етанолу.

Етап 10. Вимірювання та обчислення для іншої концентрації. Повторити Етапи 2-7 для концентрації парів етанолу рівній 2025 ppm. Обчислюють середній сигнал та відносну похибку згідно Етапу 8, які рівні, відповідно, 0,185 та 3,8 %.

10 Етап 11. Побудова калібрувальної залежності за двома точками (Фіг. 4). В результаті отримують чутливість до етанолу, рівну $2,1 \cdot 10^{-5}$ відн. од./ppm та точність калібрування рівну 9,5 % в діапазоні вимірювань 820-2025 ppm. Для порівняння пунктиром наведено відрізок калібрувальної кривої сенсора GGS 2330T [<http://www.umweltsensortechnik.de/index3.htm>].

15 В іншій реалізації в окремій термостатованій посудині 1 створюють насичену пару досліджуваного газу (див. Фіг. 5А). Необхідний об'єм газу-аналіту з посудини відбирають у мікродозатор 9, а з нього напускають у вимірювальну камеру 2. Пари газу-аналіту за допомогою компресора 4 циркулюють через вимірювальну камеру, де розміщено сенсорний блок 5, в якому під дією парів газу-аналіту змінюються вихідні сигнали сенсорів 6.

20 В іншій реалізації до мікродозатора під'єднують балон з ПГС, (див. Фіг. 5Б). Необхідний об'єм газу-аналіту відбирають з ПГС у мікродозатор 9, а з нього - напускають у вимірювальну камеру 2.

В іншому варіанті реалізації вимірювання проводять більш ніж для 2-х концентрацій аналіту. Для цього повторюють Етапи 3-10 з певною дискретністю зміни концентрації суміші газу-аналіту.

25 У ще іншій реалізації як газ-аналіт використовують інший газ, наприклад, - ацетон. При об'ємі 0,5 мл знайдено, що найбільш чутливим шаром є 2-й шар. При цьому усереднений відносний сигнал та відносна похибка становлять, відповідно, 0,66 та 13 %.

У ще одній додатковій реалізації використовують інший референтний газ, наприклад деяка ПГС, інертний газ, повітря взятє при інших умовах, чи який-небудь інший газ чи суміш газів.

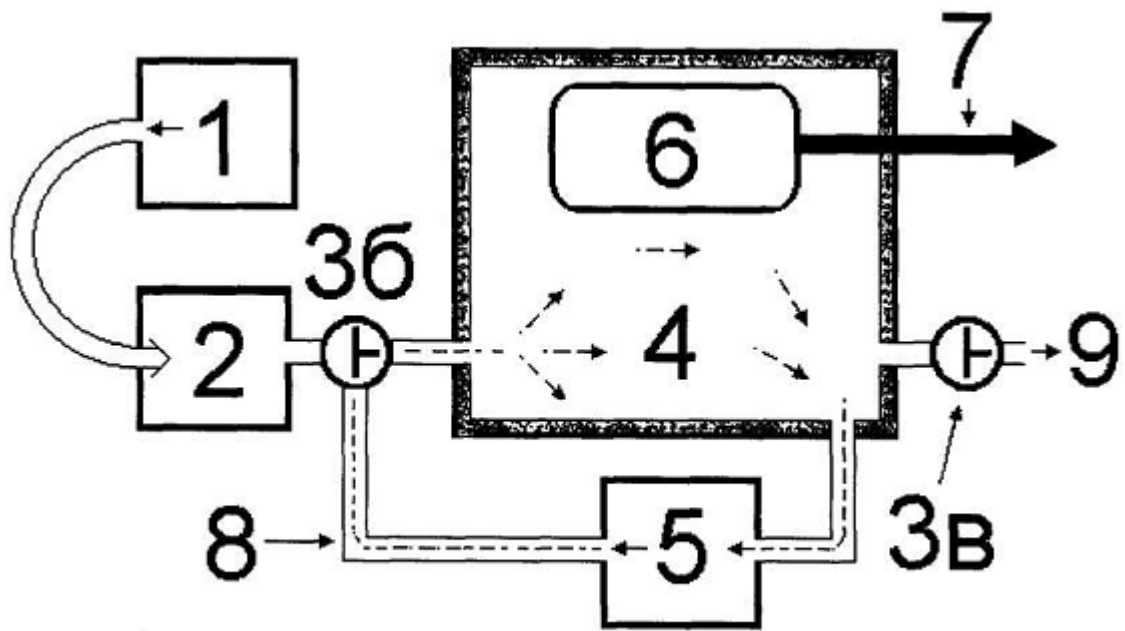
30 В інших варіантах реалізації використовують інші типи сенсорів, наприклад: пневматичний, магнітомеханічний, термомагнітний, інфрачервоний, чи будь-який інший, чи їх поєднання.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

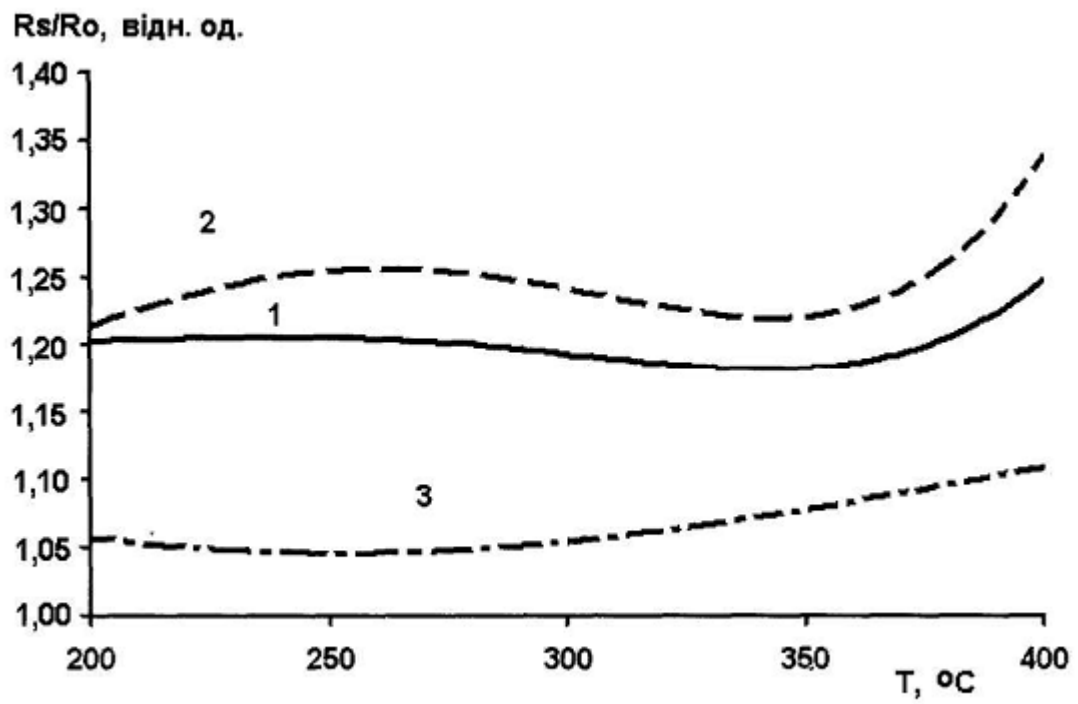
35 Спосіб калібрування мультисенсорного газоаналізатора, пневматична частина якого містить вимірювальну камеру з двома виходами, один з яких з'єднують з компресором, а інший - зі входом каліброваного зразка газової суміші, яка містить газ-аналіт та референтний газ, розташовують в зазначеному об'ємі мультисенсор, що містить не менш ніж один сенсор, вводять повітряну газову суміш в пневматичну частину, обчислюють калібрувальні криві, який **відрізняється** тим, що застосовують вимірювальну камеру каліброваного об'єму; вимірювальну

40 камеру вміщують у термостат, вимірювання здійснюють в закритому режимі, коли газова суміш циркулює в пневматичній частині; вимірювання виконують серією не менш ніж 10 спостережень з усередненням вихідних сигналів, для даного газу-аналіту вибирають сигнал від сенсора з максимальною амплітудою, вимірювання повторюють не менш ніж для двох концентрацій газу-аналіту, обчислюють калібрувальну криву та визначають відносні похибки в кожній точці

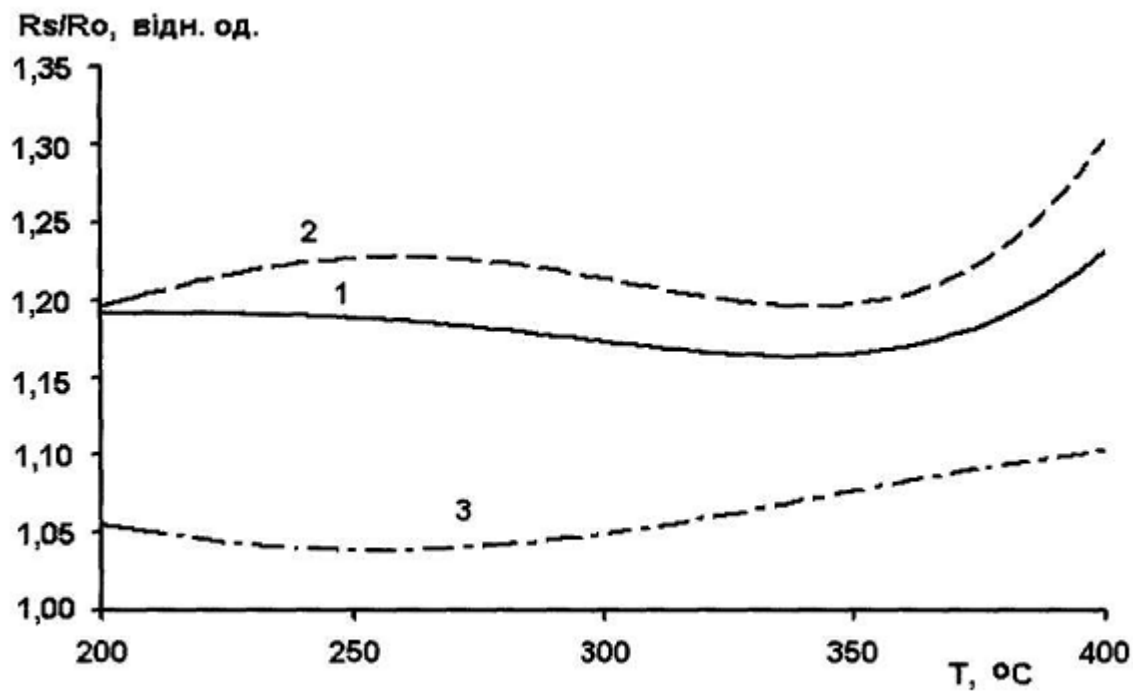
45 вимірювань, визначають точність калібрування даного газу-аналіту як граничну похибку в діапазоні вимірюваних концентрацій; повторюють зазначені дії для різних газів-аналітів кількістю раз не менше, ніж кількість сенсорів.



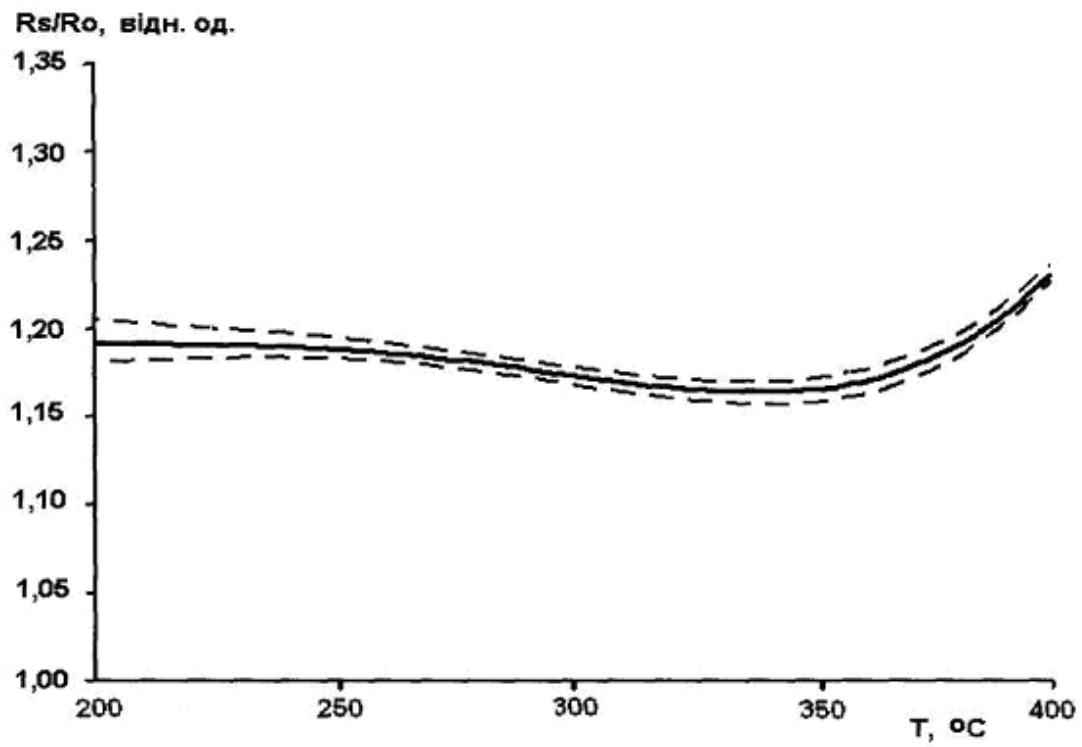
Фиг. 1



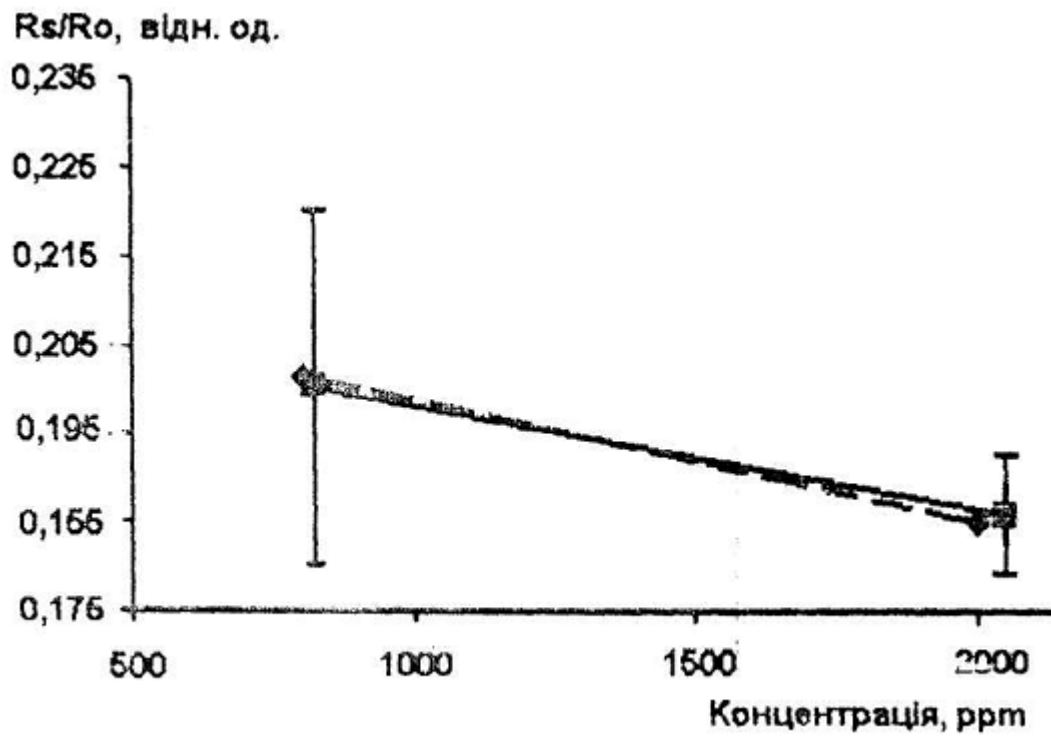
Фиг. 2а



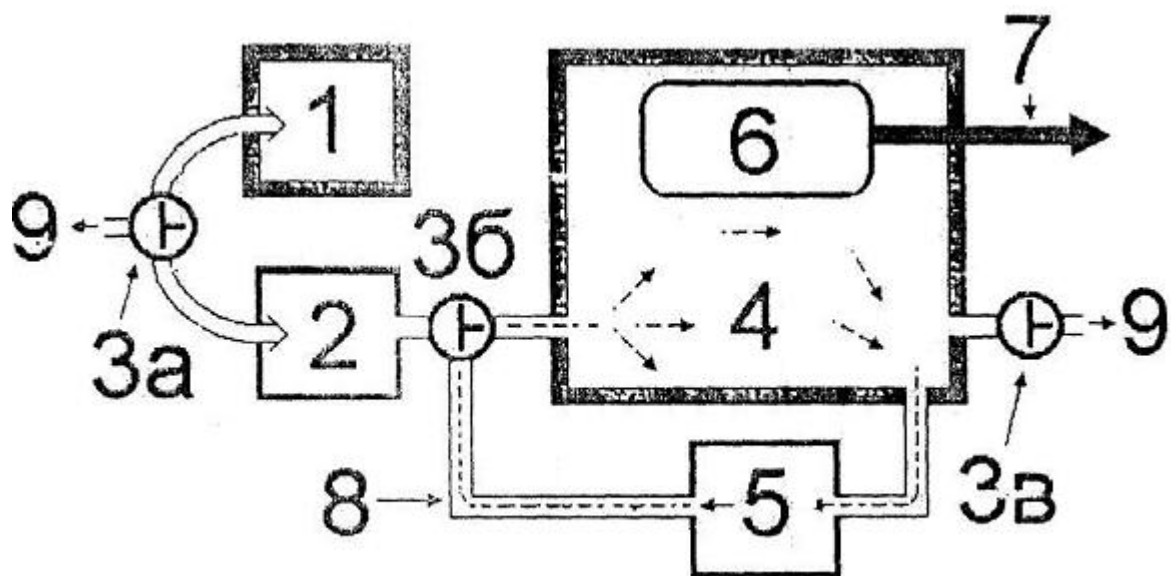
Фиг. 2б



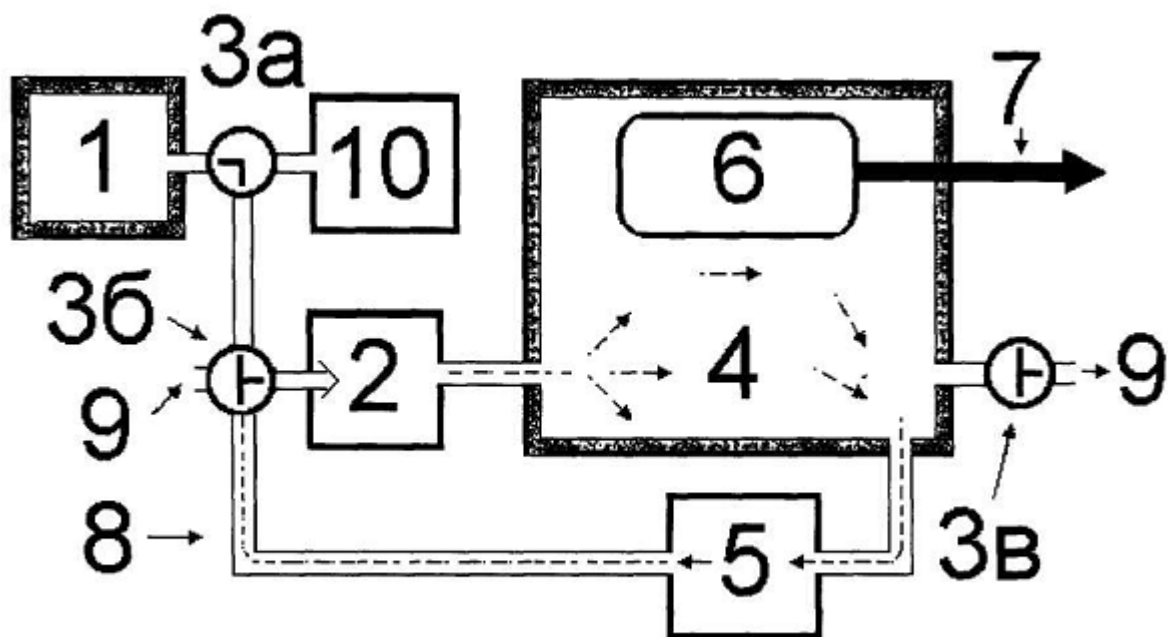
Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5А



Фиг. 5Б

Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601