



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 80050

(13) C2

(51) МПК (2006)

G01J 1/44

G01N 21/84

G01N 21/01

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) ЦИФРОВИЙ ВИМІРЮВАЧ КОНЦЕНТРАЦІЇ РЕЧОВИН

1

2

(21) а200511775

(22) 09.12.2005

(24) 10.08.2007

(46) 10.08.2007, Бюл. № 12, 2007 р.

(72) Кондратов Владислав Тимофійович, Сітар
Валерія Борисівна

(73) ІНСТИТУТ КІБЕРНЕТИКИ ІМ. В.М. ГЛУШКОВА
НАН УКРАЇНИ

(56) UA 68679, 16.08.2004

SU 1703992, 07.01.1992

(57) Цифровий вимірювач концентрації речовин, який містить оптико-електронний канал, що складається з оптично з'єднаних між собою і послідовно розташованих джерела монохроматичного випромінювання, першої фокуруючої лінзи, складаної кювети з робочою камерою і камерою порівняння, причому кожна камера оснащена сенсором рівня, патрубком постачання і зливним патрубком, другої фокууючої лінзи та фотоприймача, мікроконтролер, оперативний запам'ятовуючий пристрій, постійний запам'ятовуючий пристрій, цифровий відліковий пристрій та гідралічну систему, які з'єднані між собою та з

мікроконтролером через загальну шину, який відрізняється тим, що в нього додатково введені напівпрозора пластинка, перетворювач „код - переміщення”, аналого-цифровий перетворювач, перший та другий підсилювачі напруги та термоелектричний перетворювач, вхід якого підключений через перший підсилювач до виходу оптико-електронного каналу, вихід через другий підсилювач напруги з'єднаний з входом аналого-цифрового перетворювача, виходи якого підключені до першого порту мікроконтролера через загальну шину, до якої підключені і входи керування перетворювача „код - переміщення”, вихід якого жорстко з'єднаний з напівпрозорою пластинкою, яка може бути встановлена поза або на оптичній осі оптико-електронного каналу між джерелом монохроматичного випромінювання і першою фокууючою лінзою, при цьому входи патрубків постачання і виходи зливних патрубків робочої камери та камери порівняння складаної кювети підключені до гідралічної системи, а перший та другий розряди другого порту мікроконтролера з'єднані з виходами першого та другого сенсорів рівня, відповідно.

Винахід відноситься до спектрофотометрії, зокрема, до вимірювання концентрації речовин та матеріалів за поглинанням монохроматичного випромінювання і може бути використаний для визначення концентрації речовин у технологічних розчинах.

Відомий вимірювач концентрації речовин [А.с. СССР №1703992 G01J1/44 Бюл. №1, 1992г.], який містить оптико-електронний канал, що складається з оптично з'єднаних і послідовно розташованих джерела монохроматичного випромінювання, першої фокууючої лінзи, робочої кювети і кювети порівняння, другої фокууючої лінзи та фотоприймача, до виходу якого послідовно підключені передпідсилювач, логарифматор, підсилювач-обмежувач,

віднімаючий пристрій, реєструючий пристрій та відліковий пристрій, причому вихід передпідсилювача через синхронізатор з'єднаний з другим входом віднімаючого пристрою та з входом схеми автоматичного регулювання рівня обмеження, через яку вхід підсилювача-обмежувача з'єднаний зі своїм входом, причому схема автоматичного регулювання рівня обмеження виконана у вигляді двох компараторів, реверсивного лічильника, цифроаналогового перетворювача, генератора тактових імпульсів і схеми "ТА", перший вхід якої з'єднаний з синхронізатором, другий вхід - з генератором тактових імпульсів, а вихід підключено до входу реверсивного лічильника, вихід якого з'єднано з входом підсилювача-обмежувача через

(13) C2

(11) 80050

(19) UA

цифроаналоговий перетворювач, обидва входи якого підключено, відповідно, до виходів двох компараторів, входи яких з'єднано з виходом підсилювача-обмежувача.

Відомий вимірювач концентрації речовин не виключає похибку, обумовлену поглинанням монохроматичного випромінювання стінками кювети та елементами оптичного тракту. Крім того, відомий вимірювач не виключає похибки вимірювання, яка обумовлена реалізацією операції логарифмування вихідного сигналу фотоприймача за допомогою аналогових логарифматорів. Виготовлення таких логарифматорів не може бути здійснено з високою точністю і стабільною функцією перетворення. Використання аналогового відлікового пристрою, який має більшу похибку, ніж цифрові, також знижує точність вимірювання.

Відомий вимірювач концентрації речовин [А.С. СССР №1807356 G01N21/85 Бюл. №13, 1993г.], який містить оптико-електронний канал, що складається з оптично з'єднаних і послідовно розташованих джерела монохроматичного випромінювання, електрооптичного модулятора, першої та другої фокусуючих лінз, складаної кювети з робочою камерою для досліджуваного розчину і камерою порівняння для розчину з відомою концентрацією, фотоприймача, логарифмуючий перетворювач, мілівольтметр, а також генератор електричних височастотних коливань та цифровий вимірювач частоти, вхід якого з'єднано з входом керування електрооптичного модулятора та підключено до виходу генератора електричних височастотних коливань.

Відомий вимірювач концентрації речовин виключає похибку, обумовлену поглинанням монохроматичного випромінювання стінками кювети та елементами оптичного тракту, однак він не забезпечує високу точність вимірювання концентрації досліджуваної речовини. Це обумовлено використанням нестабільного керованого джерела монохроматичного випромінювання, необхідністю визначення з високою точністю показника частотної дисперсії коефіцієнту поглинання. Крім цього, реалізація операції логарифмування вихідного сигналу фотоприймача за допомогою аналогових логарифматорів не може бути здійснена з високою точністю. Необхідність визначення в процесі калібрування пристрою показника частотної дисперсії коефіцієнту поглинання також приводить до зростання мультиплікативної складової похибки вимірювання концентрації речовин.

Відомий вимірювач концентрації речовин [Декларац. патент №68679А України МПК: G01J1/44, G01N21/85. Бюл. №8, 2004р.], який містить оптико-електронний канал, що складається з оптично з'єднаних між собою і послідовно розташованих джерела монохроматичного випромінювання, першої фокусуючої лінзи, складаної кювети з робочою камерою і камерою порівняння, причому кожна камера оснащена сенсором рівня, патрубком постачання і зливним патрубком, другої

фокусуючої лінзи та фотоприймача, мікроконтролер, оперативний запам'ятовуючий пристрій, постійний запам'ятовуючий пристрій, цифровий відліковий пристрій та гідравлічну систему, які з'єднані між собою та з мікроконтролером через загальну шину.

Відомий вимірювач концентрації речовин виключає похибки, обумовлені поглинанням випромінювання стінками кювети та елементами оптичного тракту, але не забезпечує високу точність вимірювання в усьому діапазоні вхідних сигналів фотоприймача з логарифмічною функцією перетворення, що обумовлено апроксимацією функції перетворення вимірювального каналу тільки лінійною функцією.

В основу винаходу покладена задача створення такого вимірювача концентрації речовин, в якому шляхом введення нових елементів та зв'язків забезпечилось би підвищення точності вимірювання у широкому діапазоні значень концентрації при використанні всього діапазону вхідних сигналів фотоприймача при логарифмічній функції перетворення потужності монохроматичного випромінювання у напругу.

Поставлена задача вирішується тим, що в цифровий вимірювач концентрації речовин, який містить оптико-електронний канал, що складається з оптично з'єднаних між собою і послідовно розташованих джерела монохроматичного випромінювання, першої фокусуючої лінзи, складаної кювети з робочою камерою і камерою порівняння, причому кожна камера оснащена сенсором рівня, патрубком постачання і зливним патрубком, другої фокусуючої лінзи та фотоприймача, мікроконтролер, оперативний запам'ятовуючий пристрій, постійний запам'ятовуючий пристрій, цифровий відліковий пристрій та гідравлічну систему, які з'єднані між собою та з мікроконтролером через загальну шину, згідно з винаходом, додатково введені напівпрозора пластинка, перетворювач „код - переміщення", аналого-цифровий перетворювач, перший та другий підсилювачі напруги та термоелектричний перетворювач, вхід якого підключений через перший підсилювач до виходу оптико-електронного каналу, вихід через другий підсилювач напруги з'єднаний з входом аналого-цифрового перетворювача, виходи якого підключені до першого порту мікроконтролера через загальну шину, до якої підключені і входи керування перетворювача „код - переміщення", вихід якого жорстко з'єднаний з напівпрозорою пластинкою, яка може бути встановлена поза або на оптичній осі оптико-електронного каналу між джерелом монохроматичного випромінювання і першою фокусуючою лінзою, при цьому входи патрубків постачання і виходи зливних патрубків робочої камери та камери порівняння складаної кювети підключені до гідравлічної системи, а перший та другий розряди другого порту мікроконтролера з'єднані з виходами першого та другого сенсорів рівня, відповідно.

На Фіг.1 приведена структурна схема

цифрового вимірювача концентрації досліджуваної речовини у технологічних розчинах. Вимірювач містить: 1 - оптико-електронний канал, 2 - джерело монохроматичного випромінювання, 3 - напівпрозора пластинка, 4 - перша фокусуюча лінза, 5 - складана кювета, 6 - робоча камера для досліджуваного технологічного розчину, 7 - камера порівняння для розчину з нормованою за значенням концентрацією, 8 та 9 - перший та другий сенсори рівня, 10 та 11 - перший та другий патрубків постачання, 12 та 13 - перший та другий зливні патрубків, 14 - друга фокусуюча лінза, 15 - фотоприймач з передпідсилювачем, 16 - перший підсилювач напруги, 17 - термоелектричний перетворювач, 18 - другий підсилювач напруги, 19 - аналого-цифровий перетворювач (АЦП), 20 - перетворювач „код-переміщення“, 21 - гідравлічна система, 22 - мікроконтролер, 23 - постійний запам'ятовуючий пристрій (ПЗП), 24 - оперативний запам'ятовуючий пристрій (ОЗП), 25 - цифровий відліковий пристрій, 26 - загальна шина.

Причому в оптико-електронному каналі 1 вздовж оптичної вісі розташовані послідовно з'єднані між собою джерело 2 монохроматичного випромінювання, перша фокусуюча лінза 4, складана кювета 5 з робочою камерою 6 і камерою 7 порівняння, кожна з яких оснащена сенсором 8 та 9 рівня, патрубком 10 та 11 постачання і зливним патрубком 12 та 13, друга фокусуюча лінза 14 та фотоприймач 15 з передпідсилювачем.

Мікроконтролер 22, ПЗП 23, ОЗП 24, цифровий відліковий пристрій 25 та гідравлічна система 21 з'єднані між собою через загальну шину 26.

Вхід термоелектричного перетворювача 17 підключений через перший підсилювач 16 напруги до виходу оптико-електронного каналу 1. Вихід термоелектричного перетворювача 17 через другий підсилювач 18 напруги з'єднаний з входом аналого-цифрового перетворювача 19. Його виходи підключені до першого порту мікроконтролера 22 через загальну шину 26. До загальної шини 26 підключені і входи керування перетворювача 20 „код-переміщення“. Його вихід жорстко з'єднаний з напівпрозорою пластинкою 3, яка може бути встановлена поза або на оптичній вісі оптико-електронного каналу 1 між джерелом 2 монохроматичного випромінювання і першою фокусуючою лінзою 4. При цьому входи патрубків 10 та 11 постачання і виходи зливних патрубків 12 та 13 камери 7 порівняння та робочої камери 6, відповідно, складаної кювети 5 підключені до гідравлічної системи 21, а перший та другий розряди другого порту мікроконтролера 22 підключені до виходів першого та другого сенсорів 8 та 9 рівня, відповідно.

На Фіг.2 приведена структурна схема гідравлічної системи 21. Вона містить: 27 та 28 - ємності з розчином досліджуваної речовини невідомої концентрації C_x , 29 та 30 - ємності з нормованими за значенням розчинами концентрацій C_1 та C_2 , 31 - мікронасос з двигуном, 32, 33 та 34 - перший, другий та третій клапани постачання, 35, 36 та 37 - перший, другий та третій зливні клапани, 38 - реєстр числа, 39 - блок

підсилювачів потужностей (БПП).

Вхід патрубків 11 постачання робочої камери 6 складаної кювети 5 підключений через клапан 34 постачання до ємності 27 з досліджуваним розчином. Вхід клапану 10 постачання камери 7 порівняння з'єднаний з ємностями 29 та 30 розчинів нормованих за значенням концентрацій через мікронасос 31 та клапани 32 та 33 постачання. Зливний патрубок 13 робочої камери 6 підключений до зливної ємності 28 досліджуваного розчину через зливний клапан 37. Зливний патрубок 12 камери 7 порівняння з'єднаний з входами ємностей 29 та 30 розчинів нормованих за значенням концентрацій через зливні клапани 35 та 36. Входи управління клапанів 32, 33 та 34 постачання та зливних клапанів 35, 36 та 37 через реєстр числа 38 та блок 39 підсилювачів потужності підключені до загальної шини 26.

Пристрій працює наступним чином.

Після вмикання живлення пристрою автоматично (по команді мікроконтролера 22) включається джерело 2 живлення монохроматичного випромінювання оптико-електронного каналу 1 (Фіг.1). Це здійснюється шляхом формування сигналу логічної одиниці на першому виході блоку 39 підсилювачів потужності (Фіг.2). Цей сигнал буде присутній протягом всього процесу роботи цифрового вимірювача концентрації речовин. На цифровому відліковому пристрої 25 висвітлюються нулі. Клапани 32, 33 та 34 постачання і зливні клапани 35, 36 та 37 встановлюються в початкове закриті положення по команді з мікроконтролера 22. В постійний запам'ятовуючий пристрій 23 записана програма виконання всіх операцій.

Цикл вимірювання складається з наступних тактів.

В першому такті по команді з мікроконтролера 22 на другому та третьому виходах блоку 39 підсилювачів потужності формуються сигнали логічної одиниці. Ці сигнали поступають на входи керування мікронасосу 31 та першого клапана 32 постачання. В результаті, клапан 32 постачання гідравлічної системи 21 відкривається і камера 7 порівняння починає заповнюватись розчином з нормованою за значенням концентрацією C_1 досліджуваної речовини, яка поступає з ємності 29. По заповненню камери 7 порівняння на виході першого сенсора 8 появляється сигнал логічної одиниці, який поступає на перший розряд другого порту мікроконтролера 22. За командою з мікроконтролера 22 на другому та третьому виходах блоку 39 підсилювачів потужності формуються сигнали, що відповідають логічному нулю, які вимикають мікронасос 31 та закривають перший клапан 32 постачання.

Після заповнення камери 7 порівняння протягом заданого інтервалу часу Δt здійснюється перетворення монохроматичного випромінювання, що пройшло через складану кювету 5 з розчином нормованою за значенням концентрації C_1 , у дійсне значення напруги

$$U_1 = S'_H \cdot \ln \left[\frac{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \cdot \ell_2 - B_{on} - B_{ck})}}{\Phi_t} + 1 \right] + \Delta U', (1)$$

де k_1 та k_2 - коефіцієнти поглинання, відповідно, досліджуваної речовини та технологічного розчину; B_{on} - показник оптичного послаблення, що вноситься стінками кювети та елементами оптичного тракту; B_{ck} - показник забруднення скла робочої камери кювети; ℓ_1 та ℓ_2 - товщини робочої камери та камери порівняння, відповідно; Φ_0 - потужність потоку монохроматичного випромінювання, який пропускають через складану кювету; Φ_t - потужність темпового потоку; S'_H - крутість перетворення монохроматичного випромінювання у напругу, причому $\{S'_H\} = \{S_H\}(1 + \gamma_H)$, де $\gamma_H = \{\Delta S\} / \{S_H\}$ - відносна похибка чутливості функції перетворення фотоприймача під дією дестабілізуючих факторів; $\Delta U'$ - зміщення функції перетворення (дрейф нуля), причому $\{\Delta U'\} = \{\Delta U\} + \{\Delta_{ad}\}$, де Δ_{ad} - адитивна похибка.

Інтервал часу Δt задається за командою мікроконтролера 22.

Вихідний потік монохроматичного випромінювання через другу фокусуючу лінзу 14 поступає на фотоприймач 15. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 15 підсилюється по амплітуді в k рази за допомогою першого підсилювача 16 напруги. Вихідний сигнал

$$U_{1n} = S'_H \cdot \ln \left[\frac{(k_n^0 - k_n) \cdot \Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \cdot \ell_2 - B_{on} - B_{ck})}}{\Phi_t} + 1 \right] + \Delta U', (2)$$

де k_n - коефіцієнт послаблення потоку Φ_0 монохроматичного випромінювання, причому $k_n^0 = 1$.

Аналогічно попередньому такту вихідний потік монохроматичного випромінювання через другу фокусуючу лінзу 14 поступає на фотоприймач 15. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 15 підсилюється по амплітуді в k рази за допомогою першого підсилювача 16 напруги. Вихідний сигнал першого підсилювача 16 напруги поступає на термоелектричний перетворювач 17 та нагріває його резистор. Теплова потужність, що розсіюється на резисторі, перетворюється в термоЕРС. За допомогою другого підсилювача 18 напруги термоЕРС підсилюється в задане число разів.

Вихідна напруга $U_{1n}' = k \cdot U_{1n}$ підсилювача 18 напруги за допомогою АЦП 19 перетворюється в код числа N_1' ($\{N_1'\} = \{S\}\{U_{1n}'\}$). Код числа N_1' по команді з мікроконтролера 22 через загальну шину 26 поступає в ОЗП 24 і запам'ятовується.

Одночасно мікроконтролер 22 формує сигнал логічної одиниці на шостому виході блоку 39 підсилювачів потужності. Цей сигнал поступає на вхід керування першого зливного клапана 35, відкриває його і здійснюється спорожнення

першого підсилювача 16 напруги поступає на термоелектричний перетворювач 17 та нагріває його резистор. Теплова потужність, що розсіюється на резисторі, перетворюється в термоЕРС. За допомогою другого підсилювача 18 напруги термоЕРС підсилюється в задане число разів.

Вихідна напруга $U_1' = k \cdot U_1$ підсилювача 18 напруги за допомогою АЦП 19 перетворюється в код числа N_1 ($N_1 = \{S_{np}\}\{U_1'\}$), де S_{np} - крутість перетворення напруги в цифровий код). Код числа N_1 по команді з мікроконтролера 22 через загальну шину 26 поступає в ОЗП 24 і запам'ятовується.

В другому такті, по команді з мікроконтролера 22, що поступає на перетворювач 20 „код - переміщення“, на оптичній вісі оптико-електронного каналу 1 між джерелом 2 монохроматичного випромінювання і першою фокусуючою лінзою 4 встановлюється напівпрозора пластинка 3. Остання забезпечує нормоване за значенням послаблення потоку монохроматичного випромінювання в k_n рази.

Протягом заданого інтервалу часу Δt здійснюється перетворення ослабленого монохроматичного випромінювання, що пройшло через складану кювету 5 з розчином нормованої за значенням концентрації C_2 , у дійсне значення напруги

середовища з концентрацією C_1 речовини з камери 7 порівняння складаної кювети 5 в ємність 29.

В наступному третьому такті на другому і четвертому виходах блоку 39 підсилювачів потужності формуються сигнали логічної одиниці, які поступають на входи керування мікронасосу 31 і другого клапана 33 постачання. В результаті камера 7 порівняння заповнюється розчином з нормованою за розміром концентрацією C_2 досліджуваної речовини, яка поступає з ємності 30. Після заповнення камери 7 порівняння спрацьовує сенсор 8 рівня, на виході якого появляється сигнал "зупинення" мікронасосу 31. Цей сигнал поступає на перший розряд другого порту мікроконтролера 22. Останній формує сигнали, що відповідають логічному нулю на другому і четвертому виходах блоку підсилювачів потужності 39. Ці сигнали вимикають мікронасос 31 і закривають другий клапан 33 постачання.

Після заповнення камери 7 порівняння, протягом інтервалу часу Δt здійснюється перетворення потоку монохроматичного випромінювання, що пройшло через складану кювету 5 з розчином концентрації C_2 , у дійсне значення напруги

$$U_2 = S'_H \cdot \ln \left[\frac{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_2 + k_2 \cdot (1-C_2)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})}}{\Phi_t} + 1 \right] + \Delta U', (3)$$

Як і в попередніх тактах вихідний потік монохроматичного випромінювання через другу фокусуючу лінзу 14 поступає на фотоприймач 15. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 15 підсилюється по амплітуді в k рази за допомогою першого підсилювача 16 напруги. Вихідний сигнал першого підсилювача 16 напруги поступає на термоелектричний перетворювач 17 та нагріває його резистор. Теплова потужність, що розсіюється на резисторі, перетворюється в термоЕРС. За допомогою другого підсилювача 18 напруги термоЕРС підсилюється в задане число разів.

Вихідна напруга $U_2' = k \cdot U_2$ підсилювача 18 за допомогою АЦП 19 перетворюється в код числа N_2 ($\{N_2\} = \{S\}\{U_2'\}$). Код числа N_2 по команді з мікроконтролера 22 через загальну шину 26 поступає в ОЗП 24 і запам'ятовується.

В четвертому такті, по команді мікроконтролера 22 на п'ятому виході блоку 39

підсилювачів потужності формується сигнал логічної одиниці, який поступає на вхід керування третього клапану 34 постачання, який відкривається. В результаті робоча камера 6 заповнюється досліджуванним технологічним розчином з невідомою концентрацією C_x , яка поступає з ємності 27. Після заповнення робочої камери 6 спрацьовує сенсор 9 рівня, на виході якого появляється сигнал "зупинення" заповнення робочої камери 6. Цей сигнал, що еквівалентний логічній одиниці, поступає на другий розряд другого порту мікроконтролера 22. Останній формує сигнал, що відповідає логічному нулю, на п'ятому виході блоку 39 підсилювачів потужності. Цей сигнал закриває третій клапан 34 постачання.

Після заповнення робочої камери 6, протягом інтервалу часу Δt здійснюється перетворення монохроматичного випромінювання, що пройшло через складану кювету 5 з розчинами концентрацій C_x і C_2 , у дійсне значення напруги

$$U_3 = S'_H \cdot \ln \left[\frac{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_x + k_2 \cdot (1-C_x)] \ell_1 - [k_1 \cdot C_2 + k_2 \cdot (1-C_2)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})}}{\Phi_t} + 1 \right] + \Delta U', (4)$$

Знову вихідний потік монохроматичного випромінювання через другу фокусуючу лінзу 14 поступає на фотоприймач 15. Вихідний електричний сигнал фотоприймача 15 підсилюється по амплітуді в k рази за допомогою першого підсилювача 16 напруги. Вихідний сигнал першого підсилювача 16 напруги поступає на термоелектричний перетворювач 17 та нагріває його резистор. Теплова потужність, що розсіюється на резисторі, перетворюється в термоЕРС. За допомогою другого підсилювача 18 напруги термоЕРС підсилюється в задане число разів.

Вихідна напруга $U_3' = k \cdot U_3$ підсилювача 18 за допомогою АЦП 19 перетворюється в код числа N_3 ($\{N_3\} = \{S\}\{U_3'\}$). Код числа N_3 по команді з мікроконтролера 22 через загальну шину 26 поступає в ОЗП 24 і запам'ятовується.

Одночасно мікроконтролер 22 формує сигнал, який відповідає логічній одиниці на сьомому виході блоку 39 підсилювачів потужності. Цей сигнал поступає на вхід керування другого зливного клапану 36, відкриває його і відбувається спорожнення розчину з концентрацією C_2 з камери 7 порівняння в ємність 30.

В наступному п'ятому такті по команді з мікроконтролера 22 на другому та третьому виходах блоку 39 підсилювачів потужності формуються сигнали логічної одиниці. Ці сигнали поступають на входи керування мікронасосу 31 та першого клапана 32 постачання. В результаті, камера 7 порівняння починає заповнюватись розчином з нормованою за значенням концентрацією C_1 досліджуваної речовини, яка поступає з ємності 29 гідравлічної системи 21. По заповненню камери 7 порівняння на виході першого сенсора 8 появляється сигнал логічної одиниці, який поступає на перший розряд другого порту мікроконтролера 22. За командою мікроконтролера 22 на другому та третьому виходах блоку підсилювачів потужності 39 формуються сигнали, які відповідають логічному нулю, що вимикають мікронасос 31 та закривають перший клапан 32 постачання.

Після заповнення камери 7 порівняння, протягом інтервалу часу Δt здійснюється перетворення монохроматичного випромінювання, що пройшло через складану кювету 5 з розчинами концентрацій C_x і C_1 , у дійсне значення напруги

$$U_4 = S'_H \cdot \ln \left[\frac{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_x + k_2 \cdot (1-C_x)] \ell_1 - [k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1-C_1)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})}}{\Phi_t} + 1 \right] + \Delta U', (5)$$

Аналогічним чином вихідний потік монохроматичного випромінювання через другу фокусуючу лінзу 14 поступає на фотоприймач 15.

Вихідний електричний сигнал фотоприймача 15 підсилюється по амплітуді в k рази за допомогою першого підсилювача 16 напруги. Вихідний сигнал

першого підсилювача 16 напруги поступає на термоелектричний перетворювач 17 та нагріває його резистор. Теплова потужність, що розсіюється на резисторі, перетворюється в термоЕРС. За допомогою другого підсилювача 18 напруги термоЕРС підсилюється в задане число разів.

Вихідна напруга $U_4' = k \cdot U_4$ підсилювача 18 за допомогою АЦП 19 перетворюється в код числа N_4 ($\{N_4\} = \{S\}\{U_4'\}$). Код числа N_4 по команді з мікроконтролера 22 через загальну шину 26 поступає в ОЗП 24 і запам'ятовується.

Одночасно мікроконтролер 22 формує сигнал, який відповідає логічній одиниці на шостому та восьмому виходах блоку 39 підсилювачів потужності. Ці сигнали поступають на входи керування першого та третього зливних клапанів 35 та 37, відповідно, відкривають їх і відбувається спорожнення розчину з концентрацією C_1 з камери порівняння 7 в ємність 29, а розчину з концентрацією C_x з робочої камери 6 в ємність 28.

Визначається потужність Φ_t темного потоку за результатами вимірювань N_1 та N_1' згідно з рівнянням числових значень

$$\ln \left[\frac{(k_n^0 - k_n) \cdot \{ \Phi_0 \} \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)]) \{ \ell_2 \} - B_{on} - B_{ck}} + \{ \Phi_t \}}{\{ \Phi_0 \} \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)]) \{ \ell_2 \} - B_{on} - B_{ck}} + \{ \Phi_t \}} \right] = \frac{\{N_1'\} - \{N_1\}}{\{S_H'\}}, \quad (6)$$

З врахуванням отриманого значення Φ_t визначається концентрація досліджуваної

речовини за результатами вимірювань N_1 , N_2 , N_3 та N_4 у відповідності з рівнянням числових значень

$$\ln \left[\frac{\{ \Phi_0 \} \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_x + k_2 \cdot (1 - C_x)]) \{ \ell_1 \} - [k_1 \cdot C_2 + k_2 \cdot (1 - C_2)] \{ \ell_2 \} - B_{on} - B_{ck}} + \{ \Phi_t \}}{\{ \Phi_0 \} \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_x + k_2 \cdot (1 - C_x)]) \{ \ell_1 \} - [k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \{ \ell_2 \} - B_{on} - B_{ck}} + \{ \Phi_t \}} \right] = \frac{\{N_3\} - \{N_4\}}{\{N_2\} - \{N_1\}}, \quad (7)$$

$$\ln \left[\frac{\{ \Phi_0 \} \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_2 + k_2 \cdot (1 - C_2)] \{ \ell_2 \} - B_{on} - B_{ck}} + \{ \Phi_t \}}{\{ \Phi_0 \} \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \{ \ell_2 \} - B_{on} - B_{ck}} + \{ \Phi_t \}} \right]$$

Результат обробки висвітлюється на цифровому відліковому пристрої 25. По програмі з ПЗП 23 всі блоки встановлюються в початкове положення. Вимірювач готовий до другого циклу вимірювання.

Запропонований пристрій реалізує надлишковий спосіб вимірювання концентрації, згідно з яким визначають потужність Φ_t темного потоку за рівнянням величин

$$\ln \left[\frac{(k_n^0 - k_n) \cdot \Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})} + \Phi_t}{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})} + \Phi_t} \right] = \frac{U_{1n}' - U_1'}{S_H'}, \quad (8)$$

а концентрація визначається за рівнянням надлишкових вимірювань

$$\ln \left[\frac{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_x + k_2 \cdot (1 - C_x)] \ell_1 - [k_1 \cdot C_2 + k_2 \cdot (1 - C_2)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})} + \Phi_t}{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_x + k_2 \cdot (1 - C_x)] \ell_1 - [k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})} + \Phi_t} \right] = \frac{U_3' - U_4'}{U_2' - U_1'}, \quad (9)$$

$$\ln \left[\frac{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_2 + k_2 \cdot (1 - C_2)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})} + \Phi_t}{\Phi_0 \cdot e^{(-[k_1 \cdot C_1 + k_2 \cdot (1 - C_1)] \ell_2 - B_{on} - B_{ck})} + \Phi_t} \right]$$

де C_1 та C_2 - нормовані за розміром концентрації розчинів порівняння;

U_1' , U_{1n}' , U_2' , U_3' та U_4' - напруги, що отримані в результаті перетворень інтенсивностей монохроматичного випромінювання, яке пройшло через складану кювету з зазначеними концентраціями розчинів.

Завдяки використанню рівнянь числових значень (6) та (7) для обробки результатів проміжних вимірювань забезпечується автоматичне виключення похибок, обумовлених впливом на результат вимірювання абсолютних значень параметрів нестабільної логарифмічної функції перетворення фотоприймача, їх відхиленнями від номінальних значень (тобто,

адитивної і лінійної та нелінійної мультиплікативної складових похибки вимірювання), а також виключення випадкової складової похибки вимірювання. Остання виключається завдяки використанню термоелектричного перетворювача, який забезпечує інтегруючу дію на випадкові завади вимірювального каналу. Крім того, завдяки обробці результатів проміжних вимірювань за запропонованими рівняннями числових значень (6) та (7) забезпечується виключення систематичних похибок, обумовлених поглинанням потоку монохроматичного випромінювання стінками кювети та елементами оптичного тракту.

Рішення покладеної задачі легко перевірити шляхом підстановки значень N_1, N_2', N_2, N_3 , та N_4 у рівняння числових значень (6) та (7).

На відміну від існуючих цифрових вимірювачів концентрації запропонований вимірювач працює в усьому діапазоні вхідних сигналів фотоприймача, який має логарифмічну функцію перетворення.

Згідно з запропонованими рівняннями числових значень немає необхідності в апроксимації логарифмічної функції перетворення іншими функціями. Це забезпечує розширення

діапазону вимірювання концентрації речовин при високій точності.

Таким чином, запропонований пристрій забезпечує вирішення зазначеної технічної задачі підвищення точності вимірювання у широкому діапазоні значень концентрації при використанні всього діапазону вхідних сигналів фотоприймача при логарифмічній функції перетворення потужності монохроматичного випромінювання у напругу.

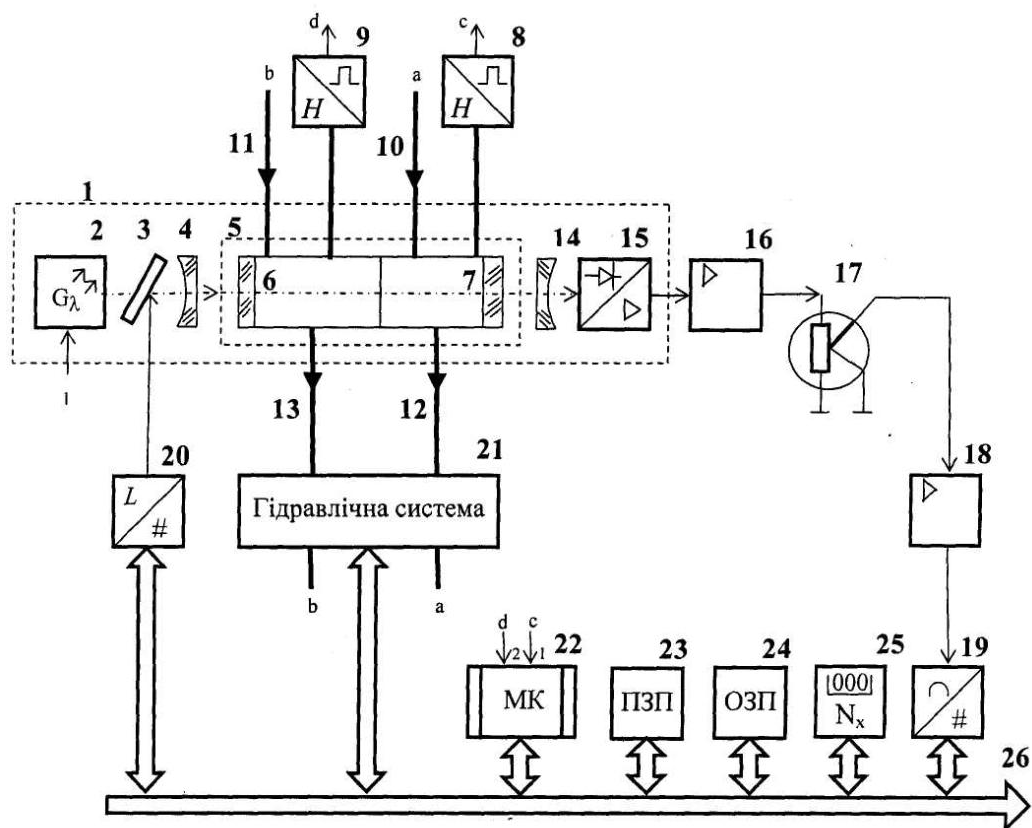
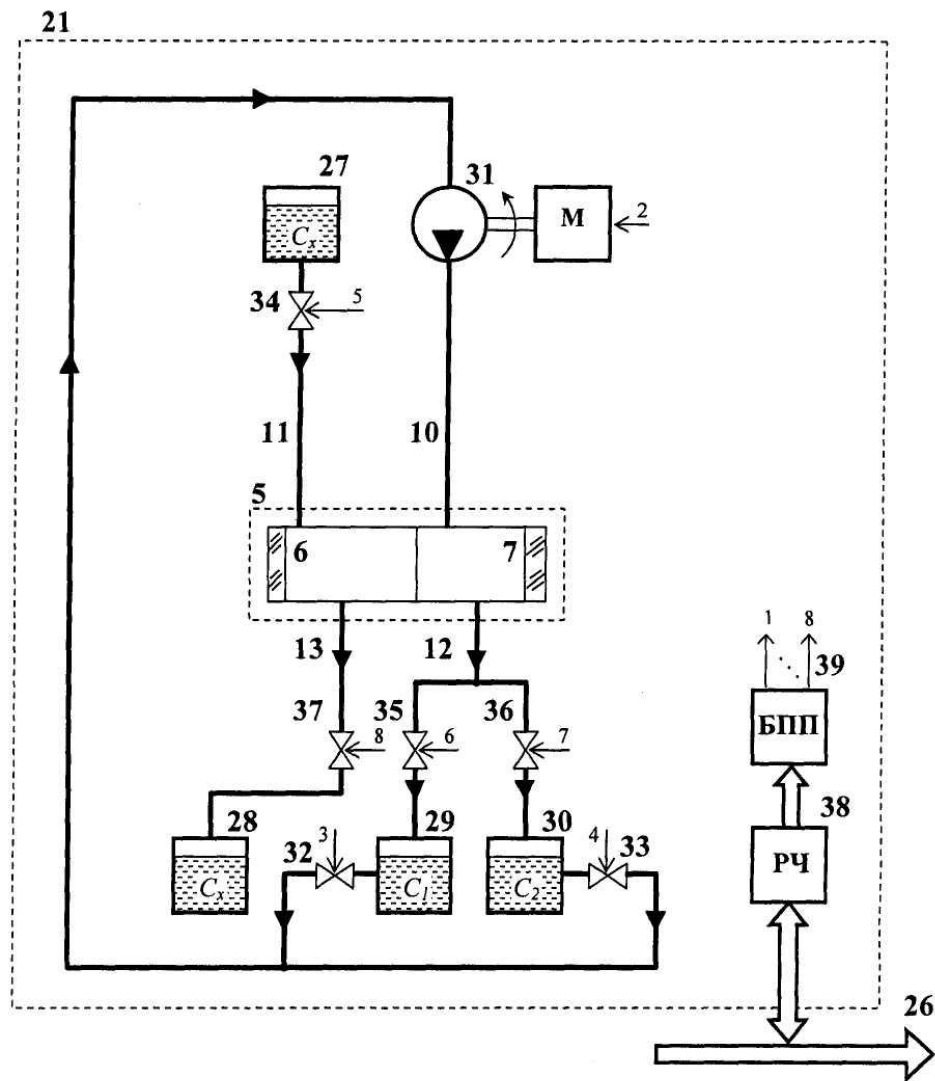


Fig. 1



Фіг. 2