



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **106551** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**B01F 3/00**  
**G05D 11/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2013 03174</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Сисоєв Юрій Олександрович (UA), Костюк Геннадій Ігорович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>15.03.2013</b>	(73) Власник(и):	<b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.С. ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Чкалова, 17, м. Харків, 61070 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>10.09.2014</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>UA 85625 C2; 10.02.2009 SU 1282823 A3; 07.01.1987 RU 2097117 C1; 27.11.1997 US 3515155; 02.06.1970 FR 2713105 A1; 09.06.1995 DE 2915983 C2; 31.03.1983</b>
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>25.04.2014, Бюл.№ 8</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>10.09.2014, Бюл.№ 17</b>		

## (54) СПОСІБ ПІДГОТОВКИ СУМІШІ ГАЗІВ ЗАДАНОГО ВІДСОТКОВОГО СКЛАДУ

### (57) Реферат:

Винахід належить до техніки одержання газових сумішей необхідного складу і може бути використаний, зокрема, у іонно-плазмових технологіях одержання різних покриттів, а також для одержання еталонних сумішей газів при метрологічному забезпеченні виробничих процесів. Спосіб підготовки суміші газів заданого відсоткового складу включає послідовну подачу порцій газу в попередньо відкачану змішувальну камеру і задавання відсоткового вмісту газу в суміші. Згідно з винаходом, порції газів послідовно подають в змішувальну камеру в будь-якому порядку. Перед подачею порції кожного газу проводять перевірку відповідної першої умови, де враховують зміни тиску в змішувальній камері після подачі в неї порції відповідного газу, парціальний тиск відповідного газу в суміші газів, який визначається заданим процентним складом суміші, та допуск на відхилення відсоткового вмісту відповідного газу в суміші від заданого. Потім при виконанні першої умови здійснюють подачу чергової порції газу і перевіряють другу відповідну умову. Подачу порцій кожного газу проводять до тих пір, поки не будуть виконані обидві умови для кожного газу, що відповідає досягненню заданого відсоткового складу газової суміші. Спосіб забезпечує спрощення процесу підготовки сумішей газів при одночасному забезпеченні високої точності заданого співвідношення компонентів у суміші.

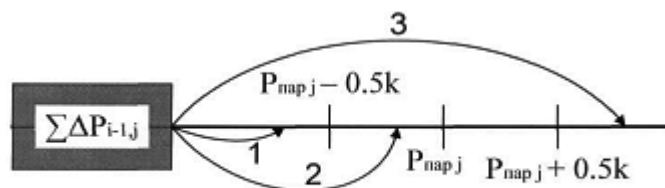


Fig. 2

UA 106551 C2



Винахід належить до техніки одержання газових сумішей необхідного складу і може бути використаний у різних галузях промисловості, зокрема, у іонно-плазмових технологіях для одержання покриттів різного функціонального призначення, при метрологічному забезпеченні виробничих процесів.

Відомий спосіб одержання суміші газів шляхом напуску окремих газів через роздільні канали, оснащені регулюючими елементами, в робочий об'єм (див. Данилин Б.С., Киреев В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. - М.: Энергоатомиздат., 1987. - С. 57-58, рис. 2.2.), реалізований за допомогою пристрою СНА-2. Одержати цим способом суміш газів з точним співвідношенням компонентів у робочому об'ємі неможливо, оскільки дозування напуску газів здійснюється з точністю 15-20 % шкали вимірювача тиску (див. Система напуску СНА-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации 2.950.126 ТО, лист 4), що приводить до зниження якості обробки.

Відомий спосіб одержання суміші газів, в якому суміш створюють подачею дискретних порцій газів в робочий об'єм (W. van Sark, J. Hogenkamp, J. van Suchtelen, L. Giling. Computer automation of the Pulse Reactor, a pulse operated low-pressure metal organic vapor phase epitaxy machine.//Rev. Sci. Instrum. 61 (1990), No.1, 146-157. "Автоматизація роботи імпульсного реактора епітаксiального вирощування з газової фази"). Даний спосіб дозволяє одержувати суміші газів, які задовольняють вимогам технології для епітаксiального вирощування плівок в імпульсному реакторі. До недоліків цього способу належать низька точність співвідношення газових компонентів в створюваній суміші (не вище декількох відсотків) і неможливість роботи в режимі безперервного відбору газової суміші з камери змішувача.

Найбільш близьким до запропонованого способу по технічній суті є спосіб одержання суміші газів необхідного складу за патентом України № 85625 МПК В01F 3/00 (Бюл. №3, 2009 р.), вибраний як прототип. В способі-прототипі підготовка суміші газів заданого процентного складу

для технологічних установок полягає в послідовній подачі  $i_j$  дискретних порцій  $j$ -го газу в попередньо відкачану змішувальну камеру і задавання процентного вмісту газу в суміші числом  $i_j$ . Даний спосіб при циклічній подачі порцій газів і визначеній послідовності подачі дискретних

порцій кожного газу в циклі з умови рівності усереднених значень  $\Delta p_{i_j}$  по кожному газу, де  $\Delta p_{i_j}$  - зміна тиску в змішувальній камері після подачі в неї  $i_j$ -ї порції  $j$ -го газу, із заданою точністю  $k_j$ , дозволяє отримувати суміші газів із заданим співвідношенням компонентів. При цьому кількість циклів підготовки суміші газів вибирають цілим за умови  $P_{cm} < P_{j\text{ вх}}$ , де  $P_{cm}$  - тиск, що задається у змішувальній камері. Для найбільш раціонального здійснення способу величини дискретних порцій і вхідні тиску окремих газів встановлюють рівними між собою.

Істотним недоліком способу-прототипу є те, що для отримання заданої точності співвідношення компонентів у суміші потрібен пошук тимчасової послідовності подачі дискретних порцій кожного газу в циклі приготування суміші, що значно ускладнює реалізацію способу на практиці. Причому такий пошук потрібно виконувати при кожній зміні процентного складу суміші. Застосування якоїсь однієї тимчасової послідовності подачі порцій газу не дозволяє отримати високу точність співвідношення газових компонентів у суміші при зміні її складу. Тому процес визначення часових послідовностей подачі порцій газів необхідно виконувати при кожній зміні процентного складу суміші, яка готується, що істотно ускладнює реалізацію способу на практиці, особливо при необхідності зміни відповідного модуля в блоці управління пристроєм для здійснення способу-прототипу. Так, при використанні пристрою приготування суміші за способом-прототипом, що забезпечує створення суміші з трьох газів з кроком зміни процентного співвідношення в 1 %, маємо 10 000 складів газових сумішей, де для кожного варіанту існує своя черговість подачі газів, що забезпечує високу точність співвідношення компонентів в суміші. Мати заздалегідь 10 000 часових послідовностей (10 000 модулів в пристрої для реалізації способу-прототипу) практично неможливо. Відсутність же необхідної послідовності чергування подачі порцій газів (певного модуля в пристрої для реалізації способу-прототипу) унеможливорює отримання суміші газів із заданим процентним співвідношенням.

Задачею запропонованого способу підготовки суміші газів заданого відсоткового складу є забезпечення можливості отримання сумішей газів за відсутності часових послідовностей подачі порцій газів шляхом спрощення процесу приготування суміші при одночасному збереженні високої точності співвідношення компонентів у суміші.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі підготовки суміші газів заданого відсоткового складу, що включає послідовну подачу  $i_j$  дискретних порцій  $j$ -го газу в попередньо

відкачану змішувальну камеру і задавання відсоткового вмісту газу в суміші числом  $i_j$ , згідно з винаходом, порції газів послідовно подають в змішувальну камеру в будь-якому порядку, при цьому перед подачею  $i_j$  порції кожного газу проводять перевірку першої умови

$$\sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{napj} + 0,5k_j, \text{ де } \Delta p_{i_j} - \text{ зміна тиску в змішувальній камері після подачі в неї } i\text{-ї}$$

- 5 порції j-го газу,  $p_{napj}$  - парціальний тиск j-го газу в суміші газів, який визначається заданим процентним складом суміші,  $k_j$  - допуск на відхилення відсоткового вмісту j-го газу в суміші від заданого, при виконанні першої умови здійснюють подачу чергової порції газу і перевіряють

$$\text{другу умову } \sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} > p_{napj} - 0,5k_j, \text{ при виконанні якої припиняють подачу порцій j-го газу,}$$

- 10 при невиконанні першої умови припиняють подачу порцій j-го газу і здійснюють подачу порцій решти інших газів, потім проводять подачу порції j-го газу при послідовній перевірці обох зазначених умов, причому встановлюють кількість порцій газу при тиску  $\Delta p_{i_j}$ , відповідних умові  $\Delta p_{i_j} \leq k_j$ , але не менше однієї для кожного газу.

Розглянемо детально причинно-наслідковий зв'язок між істотними відмітними ознаками способу підготовки суміші газів заданого відсоткового складу, що заявляється, і технічним

- 15 результатом, що при цьому досягається. Істотні відмітні ознаки - "перед подачею  $i_j$  порції

$$\text{кожного газу проводять перевірку першої умови } \sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{napj} + 0,5k_j, \text{ де } \Delta p_{i_j} - \text{ зміна тиску}$$

в змішувальній камері після подачі в неї i-ї порції j-го газу,  $p_{napj}$  - парціальний тиск j-го газу в суміші газів, який визначається заданим процентним складом суміші,  $k_j$  - допуск на відхилення відсоткового вмісту j-го газу в суміші від заданого, при виконанні першої умови здійснюють

- 20 подачу чергової порції газу і перевіряють другу умову  $\sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} > p_{napj} - 0,5k_j$ , при виконанні

якої припиняють подачу порцій j-го газу, при невиконанні першої умови припиняють подачу порцій j-го газу і здійснюють подачу порцій решти інших газів, потім проводять подачу порції j-го газу при послідовній перевірці обох зазначених умов, причому встановлюють кількість порцій

- 25 газу при тиску  $\Delta p_{i_j}$ , відповідних умові  $\Delta p_{i_j} \leq k_j$ , але не менше однієї для кожного газу", забезпечують можливість в сукупності в способі, що заявляється, отримувати відсоткове співвідношення газових компонентів в створюваній суміші з високою точністю без визначення часової послідовності подачі порцій газів, що неможливо у способі-прототипі.

Встановлена даними істотними відмітними ознаками перевірка запропонованих умов та подальші дії дозволяють послідовно подавати порції газів одну за одною в будь-якому порядку, забезпечуючи при цьому задане відсоткове співвідношення газів у суміші. Розглянемо це докладніше. Завдання відсоткового вмісту газів в суміші однозначно, відповідно до закону

- 30 Дальтона, визначає парціальний тиск кожного з газів в суміші  $p_{nap1} + p_{nap2} + \dots + p_{napj} = p_{cm}$ , де  $p_{cm}$  - тиск в змішувальній камері після закінчення приготування суміші газів. Очевидно, що при

$$\text{приготуванні суміші газів повинна виконуватися умова } \sum_{i=1}^{i_j} \Delta p_{i_j} = p_{napj}. \text{ Оскільки отримати задане}$$

- 35 значення  $p_{napj}$  ми можемо з певною заданою точністю, то попередня умова в уточненому

$$\text{вигляді має вигляд } \sum_{i=1}^{i_j} \Delta p_{i_j} = p_{napj} \pm 0,5k_j, \text{ де } k_j - \text{ допуск на відхилення відсоткового вмісту j-го}$$

газу в суміші від заданого. Істотна відмітна ознака "перед подачею  $i_j$  порції кожного газу

$$\text{проводять перевірку умови } \sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{napj} + 0,5k_j \text{ дозволяє впевнитися, що при подачі}$$

- 40 чергової порції газу ми не виходимо за верхню межу заданого значення і тому ця порція може бути подана в змішувальну камеру. Дана умова завжди буде виконуватися на початковому етапі

приготування суміші газів. По мірі подачі порцій газів будуть рости значення  $\sum_1^{i_j} \Delta p_{i_j}$  і одночасно зменшуватися значення  $\Delta p_{i_j}$ . На певному кроці приготування суміші, яка визначається величиною  $p_{napj}$ , умова  $\sum_1^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{napj} + 0,5k_j$  буде не виконана. Це означає, що в процесі приготування суміші значення  $\sum_1^{i_j} \Delta p_{i_j}$  підійшло близько до діапазону  $p_{napj} - 0,5k_j \div p_{napj} + 0,5k_j$

5 або виявилось в ньому. Для перевірки, виявилися чи ні значення  $\sum_1^{i_j} \Delta p_{i_j}$  в необхідному

діапазоні, здійснюється перевірка умови  $\sum_1^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} > p_{napj} - 0,5k_j$ . Виконання цієї умови означає, що заданий парціальний тиск даного газу із заданим допуском досягнуто, внаслідок чого припиняють подачу цього газу. Невиконання ж його означає, що заданого парціального тиску j-го газу не досягнуто, проте подача в даний момент порції цього газу неможлива, оскільки

10 порушиться умова  $\sum_1^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{napj} + 0,5k_j$ , тобто значення  $\sum_1^{i_j} \Delta p_{i_j}$  вийде за межі допуску.

Тому при невиконанні обох відмінних умов здійснюють подачу порцій інших газів цим же самим способом, потім проводять подачу порції даного газу при послідовній перевірці обох умов

( $\sum_1^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{napj} + 0,5k_j$  і  $\sum_1^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} > p_{napj} - 0,5k_j$ ). Оскільки при приготуванні суміші газів

15 послідовної подачею порцій газів значення  $\Delta p_{i_j}$  весь час зменшується, то настає момент коли для j-го газу обидві відмітні умови будуть виконані.

Для гарантованого виконання обох умов для всіх газів наступною істотною відмітною ознакою встановлюють кількість порцій газу при тиску  $\Delta p_{i_j}$ , відповідних умові  $\Delta p_{i_j} \leq k_j$ , але не менше однієї для кожного газу. Виконання цієї вимоги здійснюють при заданому співвідношенні між дозуючими обсягами і об'ємом змішувальної камери в пристрої, який реалізує запропонований спосіб приготування суміші газів шляхом встановлення відповідних співвідношень між вхідними тисками газів, що входять до складу суміші, і тиском суміші газів в змішувальній камері після закінчення приготування суміші.

У загальному випадку задання допуску на відхилення вмісту конкретного газу від його заданого відсоткового значення може бути довільним. У разі завдання допуску у відсотках від його парціального тиску у суміші, мінімальний допуск буде в газу, що має мінімальний парціальний тиск. Цей мінімальний допуск можна встановити як допуск і для інших газів, тим самим забезпечивши гарантовану точність отримання відсоткового співвідношення будь-якого з газів не нижче заданої.

30 Слід зазначити, що здійснення приготування суміші газів згідно з запропонованим способом робить черговість подачі порцій газів абсолютно несуттєвою, оскільки постійно виконується перевірка запропонованих умов дозволяє досягати заданого відсоткового співвідношення з заданою точністю незалежно від черговості подачі порцій газів, що входять до складу суміші. Цим самим досягається спрощення процесу приготування суміші в порівнянні з прототипом, оскільки не потрібно знаходити черговість подачі порцій газів і задавати черговість зміною модуля в блоці управління пристроєм для приготування суміші газів у відповідності зі способом-прототипом.

На фіг. 1 зображено пристрій для підготовки суміші газів заданого відсоткового складу запропонованим способом.

40 На фіг. 2 представлена схема, що пояснює процес підготовки суміші газів згідно з запропонованим способом.

Спосіб підготовки суміші газів заданого відсоткового складу здійснювали за допомогою пристрою, схематично представленого на фіг. 1. У здійсненому варіанті пристрій був виготовлений для створення суміші з трьох газів А, В і С (фіг. 1) з можливістю зміни відсоткового співвідношення кожного з газів в діапазоні 0-100 % з кроком зміни відсоткового вмісту 1 % за кожним газом. Пристрій містить блок управління 1, який видає сигнали управління на клапани 3

вбудованим дозатором 2, 3 і 4, які виходом з'єднані зі змішувальною камерою 5, а входом кожний приєднаний до виходу відповідного блока стабілізації тиску 6, 7 і 8. На вхід кожного блока стабілізації тиску 6, 7 і 8 подано газ, що входить до складу суміші (на фіг. 1: газ А - на вхід блока стабілізації тиску 6, газ В - на вхід блока стабілізації тиску 7, газ С - на вхід блока стабілізації тиску 8). Форвакуумний насос 9, який по ланцюгу управління підключений до блока управління 1, приєднаний до змішувальної камери 5 через клапан 10. До змішувальної камери 5 приєднаний клапан 11, через який підготовлена суміш газів подається в технологічну установку (на фіг. 1 не показана).

Спосіб здійснювали наступним чином.

На пульті блока управління 1 задавали відсотковий вміст кожного з газів, що входять до складу суміші. Після завдання відсоткового вмісту газів натискається кнопка "Пуск" блока управління 1. Після натискання кнопки "Пуск" блоком управління 1 при заданих в пристрої співвідношенні між дозуючими обсягами ( $1 \text{ см}^3$  для кожного газу) в керованих клапанах з вбудованим дозатором 2, 3 і 4, обсягом змішувальної камери ( $2500 \text{ см}^3$ ) 5, вхідному тиску газів ( $P_A = P_B = P_C = 5 \text{ атм}$ ), встановленому в блоках стабілізації 6, 7 і 8 кожного газу, обчислюють тиск в камері змішувача 5, при якому для газу з мінімальним процентним вмістом виконується

умова  $\Delta p_{ij} \leq k_j$ . Наприклад, при заданому допуску - не більше  $\pm 0,1 \%$  відхилення вмісту газу в суміші від заданого значення і мініальному відсотковому вмісту газу 1 %, 10 %, 15 % і 20 %, тиск у камері змішувача  $P_{\text{см}}$  повинен бути відповідно 4,8; 4,0; 3,0 і 2,5 атм. Потім за допомогою

блока управління 1 визначають парціальний тиск для кожного з газів. Нехай було задано відсотковий вміст газу А - 15 %, В - 24 % і газу С - 61 %. Тоді парціальні тиски для газів будуть: для газу А  $p_{\text{парА}} = 0,45 \text{ атм}$ , для газу В  $p_{\text{парВ}} = 0,72 \text{ атм}$ , для газу С  $p_{\text{парС}} = 1,83 \text{ атм}$ . При заданому допуску  $\pm 0,1 \%$  відхилення вмісту газу А в суміші від заданого значення 0,45 атм, величина  $k$  дорівнює  $9 \cdot 10^{-4} \text{ атм}$ . Такий самий допуск встановлюють і для газів В і С. Значення

останніх трьох  $\Delta p_{ij}$  при  $p_{\text{см}} = 2,9991$ ;  $p_{\text{см}} = 2,9998$  і  $p_{\text{см}} = 3,0006 \text{ атм}$  рівні відповідно  $8,001 \cdot 10^{-4} \text{ атм}$ ,  $7,997 \cdot 10^{-4} \text{ атм}$  і  $7,994 \cdot 10^{-4} \text{ атм}$ , отже, умова  $\Delta p_{ij} \leq k_j$  виконується. Отримані в ході обчислень всі значення  $\Delta p_{ij}$  записуються в пам'ять блока управління 1.

Одночасно з натисканням кнопки "Пуск" включається форвакуумний насос 9 і через відкритий клапан 10 здійснюють відкачку змішувальної камери 5. По досягненні в змішувальній камері 5 тиску порядку  $10^{-1} \text{ Па}$  клапан 10 закривається.

Після цього безпосередньо починають процес приготування суміші газів в змішувальній камері 5. З цією метою перед подачею на кожен з керованих клапанів з вбудованим дозатором 2, 3 і 4 з блока управління 1 імпульсу, який короткочасно відкриває клапан 2, 3 або 4, і забезпечує при цьому надходження в змішувальну камеру 5  $i_j$  порції газу з відповідного газового каналу, за допомогою блока управління 1 здійснюють перевірку умови

$\sum_{j=1}^{i_j-1} \Delta p_{ij} + \Delta p_{ij} < p_{\text{пар}j} + 0,5k_j$ . Черговість подачі порцій по газових каналах при реалізації запропонованого способу не має значення, в даному випадку для визначеності здійснювали подачу порцій газів в послідовності А-В-С. При подачі порції газу  $\Delta p_{ij}$  в залежності від її величини і наближення до  $P_{\text{пар}j}$  можливі випадки 1, 2 і 3, показані на фіг. 2. Виконання умови

$\sum_{j=1}^{i_j-1} \Delta p_{ij} + \Delta p_{ij} < p_{\text{пар}j} + 0,5k_j$  означає, що при подачі порції газу реалізується випадок 1 або 2 (фіг. 2) і за допомогою блока управління 1 порцію подають. Невиконання цієї умови означає випадок 3 і порцію не подають. При цьому блоком управління 1 здійснюють перевірку умови

$\sum_{j=1}^{i_j-1} \Delta p_{ij} + \Delta p_{ij} > p_{\text{пар}j} - 0,5k_j$ . Виконання цієї умови означає, що заданий парціальний тиск даного газу із заданим допуском досягнуто (при попередній подачі порції газу стався випадок 2), внаслідок чого за допомогою блока управління 1 припиняють подачу порцій цього газу. Невиконання ж його означає, що заданого парціального тиску  $j$ -го газу із заданим допуском не досягнуто (при попередній подачі порції газу стався випадок 1), однак подача в даний момент

порції цього газу неможлива внаслідок невиконання умови  $\sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{\text{пар}j} + 0,5k_j$ . У цій ситуації переходять до подачі порції наступного  $j$ -го газу, здійснюючи аналогічно всі перевірки. Подачу порцій кожного газу проводять до тих пір, поки не будуть виконані обидві умови для кожного газу, що відповідає досягненню заданого відсоткового складу газової суміші.

По закінченні процесу приготування суміші газів по команді з блока управління 1 відкривають клапан 10 і суміш газів подають в технологічну установку (на фіг. 1 не показана).

Таким чином, пропонуване технічне рішення дозволяє досягти поставлений технічний результат, а саме: запропонований спосіб підготовки суміші газів заданого відсоткового складу дозволяє одержувати газові суміші заданого відсоткового складу без визначення часового розподілу черговості подачі порцій газів, що істотно спрощує реалізацію способу підготовки сумішей газів.

#### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

15

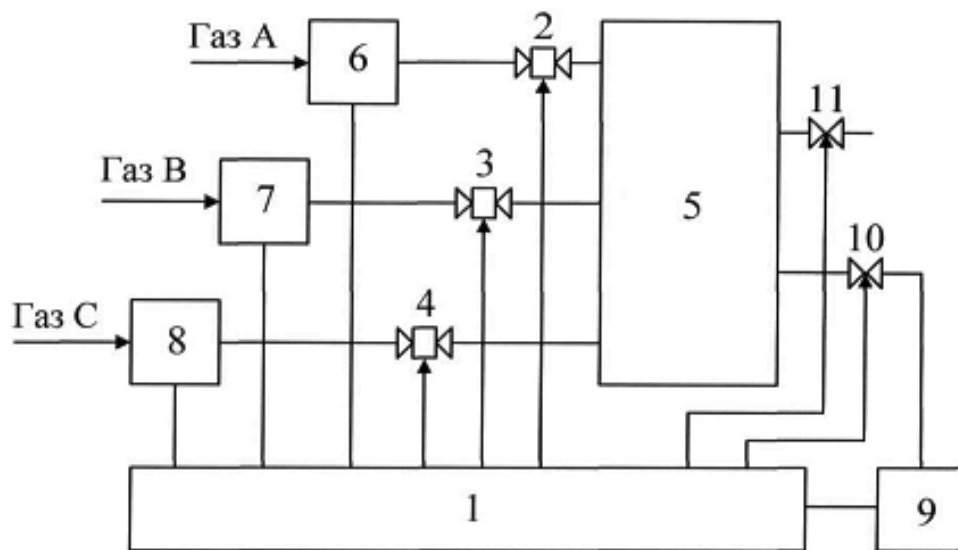
Спосіб підготовки суміші газів заданого відсоткового складу, що включає послідовну подачу  $i_j$  дискретних порцій  $j$ -го газу в попередньо відкачану змішувальну камеру і задавання відсоткового вмісту газу в суміші числом  $i_j$ , який **відрізняється** тим, що порції газів послідовно подають в змішувальну камеру в будь-якому порядку, при цьому перед подачею  $i_j$  порції

20 кожного газу проводять перевірку першої умови  $\sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} < p_{\text{пар}j} + 0,5k_j$ , де  $\Delta p_{i_j}$  - зміна тиску

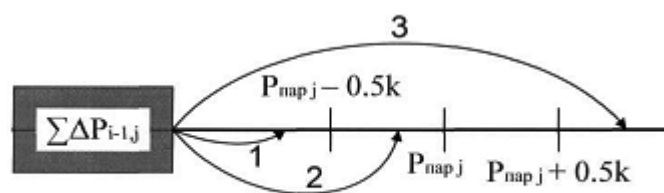
в змішувальній камері після подачі в неї  $i$ -ї порції  $j$ -го газу,  $p_{\text{пар}j}$  - парціальний тиск  $j$ -го газу в суміші газів, який визначається заданим процентним складом суміші,  $k_j$  - допуск на відхилення відсоткового вмісту  $j$ -го газу в суміші від заданого, при виконанні першої умови здійснюють

подачу чергової порції газу і перевіряють другу умову  $\sum_{i=1}^{i_j-1} \Delta p_{i_j} + \Delta p_{i_j} > p_{\text{пар}j} - 0,5k_j$ , при виконанні

25 якої припиняють подачу порцій  $j$ -го газу, при невиконанні першої умови припиняють подачу порцій  $j$ -го газу і здійснюють подачу порцій решти інших газів, потім проводять подачу порції  $j$ -го газу при послідовній перевірці обох зазначених умов, причому встановлюють кількість порцій газу при тиску  $\Delta p_{i_j}$ , відповідних умові  $\Delta p_{i_j} \leq k_j$ , але не менше однієї для кожного газу.



Фіг. 1



Фіг. 2

---

Комп'ютерна верстка С. Чулій

---

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