



УКРАЇНА

(19) UA (11) 55625 (13) U  
(51) МПК (2009)  
G01N 21/31

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

# ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

## (54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МЕТАНУ В ГАЗОПОВІТРЯНІЙ СУМІШІ

1

2

(21) u201004140

(22) 09.04.2010

(24) 27.12.2010

(46) 27.12.2010, Бюл. № 24, 2010 р.

(72) ВОВНА ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ,  
ЗОРИ АНАТОЛІЙ АНАТОЛІЙОВИЧ, КОРЕНСВ ВА-  
ЛЕНТИН ДМИТРОВИЧ, ЛИКОВ ОЛЕКСІЙ ГЕННА-  
ДІЙОВИЧ, ХЛАМОВ МИХАЙЛО ГЕОРГІЙОВИЧ

(73) ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІ-  
ВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші, що включає пропускання потоків інфрачервоного випромінювання від джерел випромінювання через кювети, при цьому інтенсивність джерела випромінювання однієї з кювет відповідає максимуму інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання метаном з довжиною хвилі в діапазоні (3,20÷3,45) мкм, а інтенсивність джерела випромінювання іншої кювети знаходиться поза максимумом інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання метаном з довжиною хвилі в діапазоні (2,20÷3,10) мкм, вимірювання інтенсивностей випромінювання, які пройшли через кювети, перетворення виміряного значення інтенсивності випромінювання в електричні сигнали і визначення концентрації метану в газоповітряній суміші, який **відрізняється** тим, що пропускання потоків інфрачервоного випромінювання здійснюють від трьох джерел, при цьому одна з кювет має фільтр для очищення газоповітряної суміші від пилу і є закритою, а інші дві кювети відкриті, в яких безпо-

середньо знаходиться вимірювана газоповітряна суміш, через очищену газоповітряну суміш закритої кювети пропускають потік випромінювання з довжиною хвилі, яка відповідає максимуму поглинання інфрачервоного випромінювання метаном, а визначення концентрації метану в газоповітряній суміші здійснюють шляхом обробки вихідних електричних сигналів трьох каналів з кюветами.

2. Спосіб вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші за п. 1, який **відрізняється** тим, що здійснюють контроль максимально можливого рівня забрудненості оптичних елементів шляхом порівняння вихідних електричних сигналів каналів із закритою і відкритою кюветами, в яких джерела випромінювання мають максимальну інтенсивність поглинання інфрачервоного випромінювання метаном, і коефіцієнт запиленості і забрудненості оптичних елементів відкритих кювет визначають за формулою:

$$K_{ЗАБР} \cdot C_{П} = \frac{U_{ЗОК} \cdot C_{СН4}}{U_{ВОК1} \cdot C_{СР4} \cdot C_{П}}$$

де  $U_{ЗОК}$  і  $U_{ВОК1}$  - вихідні електричні сигнали напруги каналів із закритою і відкритою кюветами;  $C_{СН4}$ ,  $C_{П}$  - концентрація метану і пилу в газоповітряній суміші.

3. Спосіб вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші за п. 1, який **відрізняється** тим, що обробку електричних сигналів для підвищення точності вимірювання концентрації метану в умовах високої неоднорідної запиленості газоповітряної суміші здійснюють за формулою:

$$S_{ПР} \cdot C_{СН4} = K_{ЗАБР} \cdot C_{П} \cdot U_{ВОК2} \cdot C_{П} \cdot \frac{U_{ВОК1} \cdot C_{СН4} \cdot C_{П}}{U_{ВОК2} \cdot C_{П}}$$

де  $U_{ВОК1}$  і  $U_{ВОК2}$  - вихідні електричні сигнали напруги каналів із закритою і відкритими кюветами,  $C_{СН4}$ ,  $C_{П}$  - концентрація метану і пилу в газоповітряній суміші;  $K_{ЗАБР}$  - коефіцієнт запиленості і

забрудненості оптичних елементів відкритих кювет;  $S_{ПР} \cdot C_{СН4}$  - характеристика перетворення з електричного сигналу у вимірювану концентрацію метану.

Корисна модель відноситься до області вимірювання газових складових переважно в умовах

запиленої газоповітряної суміші вугільних шахт, коксохімічних і металургійних підприємств і може

(13) U  
(11) 55625  
(19) UA

бути використана у вимірювальних системах підприємств з підвищеною концентрацією забруднюючих компонент.

Відомий спосіб вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші (Щербань А.Н., Фурман Н.И. Методы и средства контроля рудничного газа (метана). - К.: Наукова думка, 1985. - 412с.) заснований на пропусканні інтенсивності інфрачервоного випромінювання від джерела  $I_0$  через вимірювальну кювету з довжиною  $L$ , в якій знаходиться досліджувана газоповітряна суміш з вимірюваною концентрацією метану  $C_{CH_4}$ , вимірювані інтенсивності оптичного випромінювання, що пройшло через кювету її і перетворенні одержаної інформації в електричний сигнал. Концентрація метану в газоповітряній суміші визначається за формулою:

$$C_{CH_4} = \frac{1}{K \cdot L} \cdot \ln \left( \frac{I_0}{I_1} \right)$$

де  $K$  - коефіцієнт, що характеризує інтенсивність поглинання метану на досліджуваній довжині хвилі оптичного випромінювання.

Недоліком даного способу є те, що при контролі концентрації метану в умовах запиленої газоповітряної суміші для забезпечення необхідних показників точності вимірювань згідно ГОСТ 24032-80 введена система фільтрів, яка очищає досліджувану газоповітряну суміш від пилу. Час визначення концентрації метану при цьому істотно збільшується, тому даний спосіб не знайшов широкого застосування при розробці вимірювачів концентрації метану.

Найближчим за технічною суттю до способу, що заявляється, є спосіб вимірювання концентрації метану в рудничній атмосфері (Патент UA на КМ №46197 МПК 8 G01N21/31, публ. 10.12.2009р.). Суть прототипу полягає в наступному. Для вимірювання концентрації метану здійснюється пропускання двох потоків інфрачервоного випромінювання від двох джерел, при цьому через рудничну атмосферу однієї відкритої кювети пропускають потік інфрачервоного випромінювання, інтенсивність випромінювання якого відповідає максимуму інтенсивності поглинання метану з довжиною хвилі в діапазоні  $(3,20 \div 3,45)$  мкм, а через рудничну атмосферу іншої відкритої кювети пропускають потік інфрачервоного випромінювання, інтенсивність випромінювання якого знаходиться поза максимумом інтенсивності поглинання метану з довжиною хвилі в діапазоні  $(2,20 \div 3,10)$  мкм, а визначення концентрації метану в рудничній атмосфері здійснюється шляхом обробки електричних сигналів для реалізації нелінійної мультиплікативної або лінійної адитивної компенсації впливу запиленості рудничної атмосфери на результати вимірювання концентрації метану.

Загальними ознаками відомого способу вимірювання концентрації метану в рудничній атмосфері і способом, що заявляється, є: пропускання потоків інфрачервоного випромінювання від джерел випромінювання через кювети, при цьому інтенсивність джерела випромінювання однієї з кювет відповідає максимуму інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання ме-

таном з довжиною хвилі в діапазоні  $(3,20 \div 3,45)$  мкм, а інтенсивність джерела випромінювання іншої кювети знаходиться поза максимумом інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання метаном з довжиною хвилі в діапазоні  $(2,20 \div 3,10)$  мкм, вимірювання інтенсивностей випромінювання, які пройшли через кювети, перетворення виміряного значення інтенсивності випромінювання в електричні сигнали і визначення концентрації метану в газоповітряній суміші.

Відомий спосіб забезпечує необхідну швидкість і необхідну точність вимірювання концентрації метану, проте в умовах високої неоднорідної запиленості газоповітряної суміші пилова хмара у області відкритих кювет може мати неоднорідний склад і товщина плівки пилу, що осідає на оптичних елементах, може бути різною, крім того, прискорюється процес забруднення оптичних елементів, унаслідок чого зростає похибка визначення концентрації метану.

У основу запропонованої корисної моделі поставлена задача удосконалення способу вимірювання концентрації метану при високій неоднорідній запиленості газоповітряної суміші, в якому за рахунок використання трьох кювет усувається мультиплікативна складова похибки в результаті вимірювання концентрації метану і контролюється максимально можливий рівень забруднення оптичних елементів відкритих кювет. Даний спосіб забезпечує необхідну швидкість при підвищенні точності вимірювання концентрації метану, що приводить до своєчасного визначення вибухонебезпечної концентрації метану при високій неоднорідній запиленості газоповітряної суміші.

Поставлена задача вирішується тим, що в способі вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші, який включає пропускання потоків інфрачервоного випромінювання від джерел випромінювання через кювети, при цьому інтенсивність джерела випромінювання однієї з кювет відповідає максимуму інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання метаном з довжиною хвилі в діапазоні  $(3,20 \div 3,45)$  мкм, а інтенсивність джерела випромінювання іншої кювети знаходиться поза максимумом інтенсивності поглинання інфрачервоного випромінювання метаном з довжиною хвилі в діапазоні  $(2,20 \div 3,10)$  мкм, вимірювання інтенсивностей випромінювання, які пройшли через кювети, перетворення виміряного значення інтенсивності випромінювання в електричні сигнали і визначення концентрації метану в газоповітряній суміші, згідно корисної моделі, пропускання потоків інфрачервоного випромінювання здійснюють від трьох джерел, при цьому одна з кювет має фільтр для очищення газоповітряної суміші від пилу і є закритою, а інші дві кювети відкриті, в яких безпосередньо знаходиться вимірювана газоповітряна суміш, через очищену газоповітряну суміш закритої кювети пропускають потік випромінювання з довжиною хвилі, яка відповідає максимуму поглинання інфрачервоного випромінювання метаном, а визначення концентрації метану в газоповітряній суміші здійснюють шляхом обробки вихідних електричних сигналів трьох каналів з кюветами.

Контроль максимально можливого рівня забрудненості оптичних елементів здійснюється шляхом порівняння вихідних електричних сигналів каналів із закритою і відкритою кюветами, в яких джерела випромінювання мають максимальну інтенсивність поглинання інфрачервоного випромінювання метаном і коефіцієнт запиленості і забрудненості оптичних елементів відкритих кювет визначають за формулою:

$$S_{\text{пр}}(C_{\text{CH}_4}) = K_{\text{забр}} \cdot C_{\text{п}} \cdot U_{\text{вок2}} \cdot C_{\text{п}} \cdot \frac{U_{\text{вок1}} \cdot C_{\text{CH}_4} \cdot C_{\text{п}}}{U_{\text{вок2}} \cdot C_{\text{п}}}, \quad (2)$$

де  $U_{\text{вок1}}$  і  $U_{\text{вок2}}$  - вихідні електричні сигнали напруги каналів із закритою і відкритими кюветами,  $C_{\text{CH}_4}$ , і  $C_{\text{п}}$ , - концентрація метану і пилу в газоповітряній суміші;  $K_{\text{забр}}$  - коефіцієнт запиленості і забрудненості оптичних елементів відкритих кювет;  $S_{\text{пр}}(C_{\text{CH}_4})$  - характеристика перетворення з електричного сигналу у вимірювану концентрацію метану.

Використання трьох кювет усуває мультиплікативну складову похибки в результаті вимірювання концентрації метану, що виникає за рахунок високої неоднорідної запиленості газоповітряної суміші, і контролює максимально можливий рівень забрудненості оптичних елементів відкритих кювет.

Використання трьох кювет підвищує точність вимірювання концентрації метану при збереженні необхідної швидкодії.

На Фіг.1 наведені нормовані характеристики перетворення вихідного електричного сигналу  $M_{\text{ух}}(C_{\text{CH}_4})$  у вимірювану концентрацію метану  $C_{\text{CH}_4}$  без урахування впливу неоднорідної запиленості  $\Delta C_{\text{п}}$  відкритих кювет, де 1 - неоднорідність концентрації пилу  $\Delta C_{\text{п}}=0$ ; 2 - неоднорідність концентрації пилу  $\Delta C_{\text{п}}=50\text{мг/м}^3$ ; 3 - неоднорідність концентрації пилу  $\Delta C_{\text{п}}=100\text{мг/м}^3$ .

На Фіг.2 наведені нормовані характеристики перетворення вихідного електричного сигналу  $S_{\text{пр}_н}(C_{\text{CH}_4})$  у вимірювану концентрацію метану  $C_{\text{CH}_4}$  з компенсацією впливу неоднорідної запиленості  $\Delta C_{\text{п}}$  відкритих кювет, де 4 - неоднорідність концентрації пилу  $\Delta C_{\text{п}}=0$ ; 5 - неоднорідність концентрації пилу  $\Delta C_{\text{п}}=50\text{мг/м}^3$ ; 6 - неоднорідність концентрації пилу  $\Delta C_{\text{п}}=100\text{мг/м}^3$ .

Приклад реалізації способу вимірювання концентрації метану в газоповітряній суміші.

Через три кювети пропускають потоки інфрачервоного випромінювання від трьох джерел. Потік інфрачервоного випромінювання закритої і першої відкритої кювет має центральну довжину хвилі 3,4мкм, а потік інфрачервоного випромінювання другої відкритої кювети - 2,9мкм. Після цього вимірюють інтенсивності потоків інфрачервоного випромінювання і перетворюють отримані значення в електричні сигнали. Оскільки закрита кювета містить фільтр для очищення газоповітряної сумі-

$$K_{\text{забр}} \cdot C_{\text{п}} = \frac{U_{\text{зок}} \cdot C_{\text{CH}_4}}{U_{\text{вок1}} \cdot C_{\text{сп4}, C_{\text{п}}}}, \quad (1)$$

де  $U_{\text{зок}}$  і  $U_{\text{вок1}}$ , - вихідні електричні сигнали напруги каналів із закритою і відкритою кюветами;  $C_{\text{CH}_4}$ , і  $C_{\text{п}}$ , - концентрація метану і пилу в газоповітряній суміші.

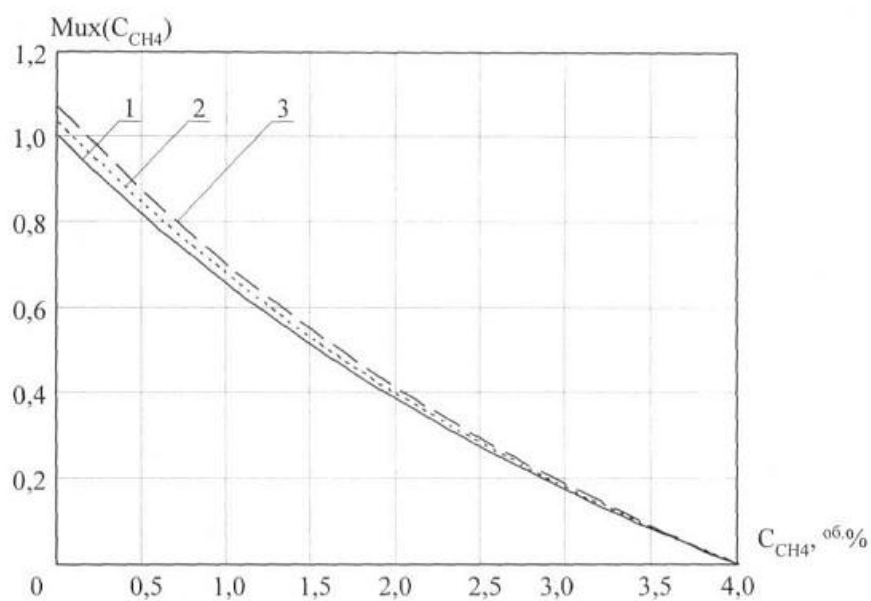
Обробка електричних сигналів для підвищення точності вимірювання концентрації метану в умовах високої неоднорідної запиленості газоповітряної суміші здійснюється за формулою:

ші від пилу, то час необхідний для вимірювання інтенсивності інфрачервоного випромінювання, що пройшло через неї, на порядок перевищує аналогічний час для відкритих кювет. Для визначення концентрації метану при збереженні необхідної швидкодії 0,8с виконують обробку вихідних електричних сигналів від двох відкритих кювет шляхом ділення їх один на одного. При цьому на результат вимірювання концентрації метану впливатиме неоднорідна запиленість відкритих кювет, характеристики 1, 2 і 3 не співпадають.

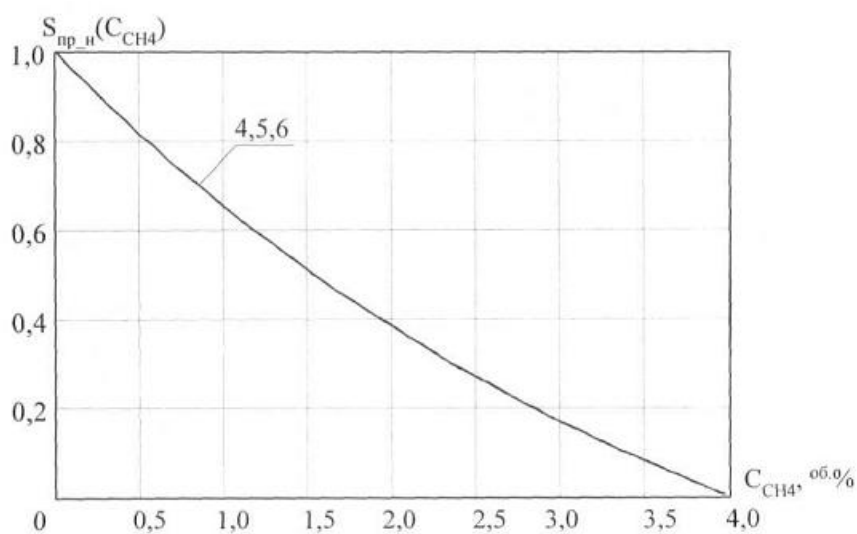
Після отримання вихідного електричного сигналу каналу із закритою кюветою відповідно до формули 1 визначають коефіцієнт запиленості і забрудненості оптичних елементів відкритих кювет  $K_{\text{забр}}$  і вносять поправку в результат визначення концентрації метану відповідно до формули 2 для компенсації впливу неоднорідної запиленості  $\Delta C_{\text{п}}$  відкритих кювет. В результаті отримана характеристика перетворення електричного сигналу  $S_{\text{пр}_н}(C_{\text{CH}_4})$  у вимірювану концентрацію метану в діапазоні від 0 до 4<sup>06</sup>% не залежить від неоднорідної запиленості відкритих кювет, характеристики 4, 5 і 6 співпадають.

Поправка для компенсації неоднорідної запиленості вноситься через фіксовані інтервали часу в процесі роботи вимірювальної системи. Коефіцієнт  $K_{\text{забр}}$  також контролює максимально можливий рівень забрудненості оптичних елементів відкритих кювет і тим самим визначає працездатний стан вимірювальної системи. Похибка вимірювання концентрації метану при неоднорідній запиленості відкритих кювет  $\Delta C_{\text{п}}=50\text{мг/м}^3$  може бути зменшена на 0,1<sup>06</sup>%.

Запропонований спосіб дозволяє підвищити точність вимірювачів концентрації метану при високій неоднорідній запиленості газоповітряної суміші при збереженні необхідної швидкодії за рахунок використання трьох кювет і компенсації впливу неоднорідної запиленості на результат вимірювання концентрації метану. Використання даного способу у вимірювальних системах дозволить своєчасно визначати вибухонебезпечну концентрацію метану при високій неоднорідній запиленості газоповітряної суміші.



Фиг. 1



Фиг. 2