



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 106155

(13) C2

(51) МПК

G01N 21/31 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2013 05556	(72) Винахідник(и):	Вовна Олександр Володимирович (UA), Зорі Анатолій Анатолійович (UA), Коренєв Валентин Дмитрович (UA), Хламов Михайло Георгійович (UA)
(22) Дата подання заявки:	29.04.2013	(73) Власник(и):	ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, вул. Артема, 58, м. Донецьк, 83001 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.07.2014	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	UA 96662 C2; 25.11.2011 UA 57407 U; 25.02.2011 UA 92564 C2; 10.11.2010 UA a2001111405; 10.04.2013 RU 2109269 C1; 20.04.1998 JPS 56163442 A; 16.12.1981 CN 101592602 A; 02.12.2009 CN 101477043 A; 08.07.2009 UA 68119 U; 12.03.2012
(41) Публікація відомостей про заявку:	10.06.2014, Бюл.№ 11		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.07.2014, Бюл.№ 14		

## (54) ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ГАЗІВ

### (57) Реферат:

Винахід належить до області газового аналізу. Пристрій для вимірювання концентрації газів містить джерело випромінювання, квазівідкритий фільтр, в якому встановлена вимірювальна кювета. В пристрої детектор оптичного випромінювання з підсилювачем з'єднаний з функціональним перетворювачем, аналоговим комутатором, аналого-цифровим перетворювачем, блоком керування та обчислювальним блоком, до виходу якого підключений блок індикації та реєстрації, блок керування підключений до аналогового комутатора, обчислювального блока та цифрового каналу зв'язку. Цифровий канал зв'язку з'єднаний із системою аерогазового захисту вугільних шахт і промислових підприємств. Згідно з винаходом, пристрій оснащений нормуючим перетворювачем і блоком вибору діапазону вимірювань, вхід нормуючого перетворювача підключений до функціонального перетворювача, а вихід нормуючого перетворювача підключений до аналогового комутатора, крім того, нормуючий перетворювач має вхід керування, до якого підключений вихід блока вибору діапазону вимірювань, при цьому вхід блока вибору діапазону вимірювань підключений до блока керування. Запропонований пристрій дозволяє істотно підвищити точність вимірювачів великих концентрацій газів при необхідних значеннях швидкодії та метрологічної надійності.

UA 106155 C2

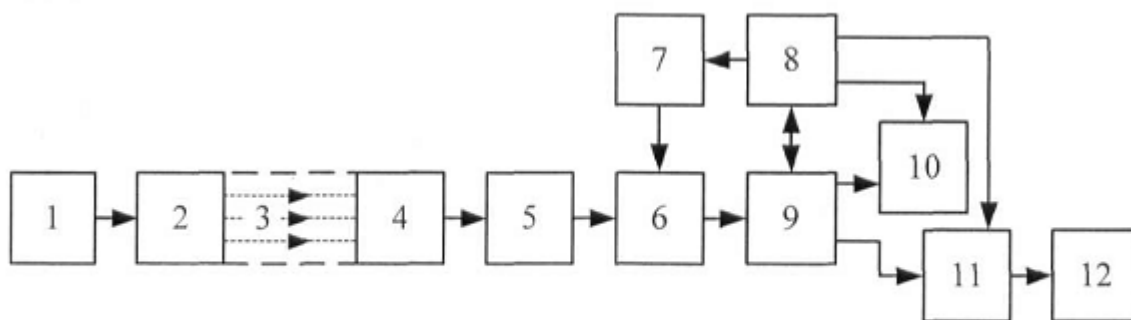


Fig. 1

Винахід належить до області аналітичного вимірювання концентрації газів переважно в робочих умовах експлуатації та може бути використаний для вимірювання високої концентрації найпоширеніших забруднювачів ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NO}$ ), які присутні у складі відпрацьованих газів транспортних засобів, рудничної атмосфери вугільних шахт, енергетичних установок, а також в системах екологічного моніторингу.

Відомі пристрої оптичних вимірювачів концентрації газу [Dakin J.P., Croydon W.F. "Applications of Fibre Optics in Gas Sensing". Review at ECOC/LAN Amsterdam June. - 1988. - 14 p.; Миронов С.А. Волоконно-оптический датчик концентрации метана: расчет основных характеристик / С.А. Миронов // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. - 2007. - Вестник 44. - С. 72-78], які складаються з джерела інфрачервоного випромінювання (яке може модулюватися), волоконно-оптичної лінії, в розриві якої знаходиться вимірювальна комірка, через яку прокачується газ, на виході оптичного волокна знаходиться фотоприймач інфрачервоного випромінювання, сигнал з якого надходить до мікропроцесора.

Недоліком даних пристроїв є те, що при вимірюванні високих концентрацій газу, через нелінійність характеристики перетворення вимірювачів, істотно знижується чутливість їх вихідного сигналу до зміни контрольованого параметра. Чутливість вихідної напруги вимірювачів до зміни концентрації метану складає не менш  $0,25 \text{ В}/^{\circ}\%$  у діапазоні малих концентрацій газу від 0 до  $4^{\circ}\%$ , що цілком задовольняє технічним умовам для даних вимірювачів. У діапазоні ж високих концентрацій від  $(30-60)$  до  $100^{\circ}\%$ , її величина знижується до  $4,1 \text{ мВ}/^{\circ}\%$  та стає сумісною з рівнем власних шумів вихідної напруги вимірювального каналу, що призводить до збільшення відносної похибки вимірювань від 0,5 до 9 % із зростанням концентрації метану від  $(30-60)$  до  $100^{\circ}\%$ . Отже, такого типу пристрої без урахування та компенсації нелінійності характеристики перетворення вимірювача не можуть бути використані при вимірюванні високих концентрацій газу з необхідними показниками точності та метрологічної надійності.

Найближчим за технічною суттю до пристрою, що заявляється, є пристрій для вимірювання концентрації газів (Патент UA на винахід № 96662 C2, МПК G01N 21/00, опубл. 25.11.2011 р.). Суть прототипу полягає в наступному. Пристрій для вимірювання концентрації газів, який містить джерело випромінювання, дві вимірювальні кювети, два детектори оптичного випромінювання з підсилювачами, два функціональні перетворювачі, причому виходи підсилювачів детекторів з'єднано з входами функціональних перетворювачів, блок керування та обчислювальний блок, до виходу якого підключені блоки індикації, реєстрації й цифрового каналу зв'язку з системою аерогазового захисту вугільних шахт і промислових підприємств. Пристрій додатково оснащений квазівідкритими фільтрами, які встановлені у вимірювальних кюветах, комутатором аналогових сигналів та аналого-цифровим перетворювачем, детектори оптичного випромінювання через підсилювачі й функціональні перетворювачі з'єднано з аналого-цифровим перетворювачем через комутатор аналогових сигналів, при цьому комутатор з'єднано з блоком керування, а аналого-цифровий перетворювач з'єднано з обчислювальним блоком і блоком керування.

Недоліком відомого пристрою є те, що при вимірюванні високих концентрацій аналізованого газу від  $(30-60)$  до  $100^{\circ}\%$  без урахування та компенсації нелінійності характеристики перетворення, збільшується відносна похибка вимірювань концентрації до значення не менше 9 %.

В основу запропонованого винаходу поставлена задача удосконалення пристрою вимірювання концентрації газу, в якому за рахунок використання нових конструктивних елементів та їх зв'язків з компенсацією нелінійності характеристики перетворення вимірювача забезпечується підвищення точності вимірювача у всьому діапазоні вимірюваного газового компонента (від 0 до  $100^{\circ}\%$ ) при збереженні необхідної швидкодії пристрою.

Поставлена задача вирішується тим, що пристрій для вимірювання концентрації газів, що містить джерело випромінювання, квазівідкритий фільтр, в якому встановлена вимірювальна кювета, детектор оптичного випромінювання з підсилювачем, функціональний перетворювач, причому детектор з підсилювачем з'єднаний з функціональним перетворювачем, аналоговим комутатором, аналого-цифровим перетворювачем, блоком керування та обчислювальним блоком, до виходу якого підключений блок індикації та реєстрації, блок керування підключений до аналогового комутатора, обчислювального блока та цифрового каналу зв'язку, цифровий канал зв'язку з'єднаний із системою аерогазового захисту вугільних шахт і промислових підприємств, згідно з винаходом, пристрій оснащений нормуючим перетворювачем і блоком вибору діапазону вимірювань, вхід нормуючого перетворювача підключений до функціонального перетворювача, а вихід нормуючого перетворювача підключений до

аналогового комутатора, крім того, нормуючий перетворювач має вхід керування, до якого підключений вихід блока вибору діапазону вимірювань, при цьому вхід блока вибору діапазону вимірювань підключений до блока керування.

Даний пристрій дозволяє за рахунок компенсації нелінійності характеристики перетворення збільшити точність контролю великих концентрацій аналізованого газу, при цьому зберігається необхідна швидкодія. Використання запропонованого пристрою дозволить своєчасно, в режимі реального часу, виконувати необхідні вимірювання, що зменшить вірогідність виникнення вибухонебезпечних ситуацій при потужних раптових викидах газу.

На фіг. 1 наведено структурну схему одноканального пристрою для вимірювання концентрації газів, де 1 - джерело струму для живлення джерела випромінювання; 2 - джерело випромінювання однієї з оптичних кювет; 3 - оптична вимірювальна кювета з квазівідкритим фільтром; 4 - детектор оптичного випромінювання з підсилювачем; 5 - функціональний перетворювач; 6 - нормуючий перетворювач; 7 - блок вибору діапазону вимірювань; 8 - блок керування; 9 - обчислювальний блок з аналоговим комутатором і аналого-цифровим перетворювачем; 10 - блок індикації та реєстрації; 11 - цифровий канал зв'язку; 12 - система аерогазового захисту промислових підприємств.

На фіг. 2 наведено залежність зміни вихідної напруги нормуючого перетворювача 6 від зміни концентрації метану в діапазоні вибухонебезпечних концентрацій від 0 до 4,0  $^{об.}\%$ .

На фіг. 3 наведено залежність зміни вихідної напруги нормуючого перетворювача 6 від зміни концентрації метану в діапазоні від 0 до 100  $^{об.}\%$ , де 1 - характеристика перетворення вимірювача; 2 - характеристика перетворення після лінеаризації, яку одержують шляхом множення на її зворотну функцію.

Робота пристрою здійснюється під керуванням блока 8 та полягає в наступному. Потік випромінювання від джерела випромінювання 2, який живиться від імпульсного джерела струму 1, надходить до вимірювальної оптичної кювети з квазівідкритим фільтром 3. Квазівідкритий фільтр використаний для зменшення турбулентності аналізованої газової суміші, до складу якої входять частки пилу. При проходженні турбулентного газового потоку крізь квазівідкритий фільтр суттєво зменшуються ті складові швидкості руху часток пилу, які відносять їх на вікна джерела випромінювання 2 та детектора оптичного випромінювання з підсилювачем 4. Тим самим зменшується вплив запилення джерела випромінювання 2 та детектора оптичного випромінювання з підсилювачем 4 при роботі пристрою в реальних умовах експлуатації. Джерело випромінювання 2 встановлено на одній стороні вимірювальної кювети, а детектор оптичного випромінювання з підсилювачем 4 розташований на одній осі щодо джерела 2 на іншій стороні вимірювальної кювети. Вихідний імпульсний сигнал детектора оптичного випромінювання з підсилювачем 4 надходить на вхід функціонального перетворювача 5, який перетворює амплітуду вихідного імпульсного сигналу в середнє значення. Вихідний сигнал функціонального перетворювача 5 надходить на вхід нормуючого перетворювача 6. Заздалегідь блоком керування 8 подається сигнал керування на блок вибору діапазону 7 і вибирається діапазон малих концентрацій вимірюваного газового компонента. Залежність вихідної напруги нормуючого перетворювача 6 від зміни концентрації метану в діапазоні вибухонебезпечних концентрацій від 0 до 4,0  $^{об.}\%$  наведено на фіг. 2. Вихідний сигнал нормуючого перетворювача 6 поступає на аналоговий комутатор, який за сигналом блоку керування 8 комутує необхідний аналоговий вимірювальний канал до входу аналого-цифрового перетворювача, одержаний цифровий сигнал передається до обчислювального блока 9. В обчислювальному блоці 9 на підставі зміряної напруги розраховується значення концентрації газу. Характеристика перетворення вимірювача практично лінійна в діапазоні малих концентрацій газу (від 0 до 4  $^{об.}\%$ ), при цьому чутливість вихідної напруги до зміни концентрації метану складає 1,25 В/ $^{об.}\%$ . Тому в обчислювальному блоці 9 розраховується значення концентрації газу шляхом помноження на величину, яка зворотна коефіцієнту чутливості вихідної напруги до вимірюваної концентрації газу, величина якої складає 0,80  $^{об.}\%/В$ . Після розрахунку значення концентрації газу в обчислювальному блоці 9 виконується аналіз одержаного результату. Якщо зміряне значення менше ніж 90 % від верхньої межі діапазону вимірювань, то під керуванням блока 8 дані про концентрацію газового компонента виводяться на блок індикації та реєстрації 10 і засобами цифрового каналу зв'язку 11 передаються до системи аерогазового захисту промислових підприємств 12. Якщо зміряне значення більш ніж 90 % від верхньої межі діапазону вимірювань вибухонебезпечної концентрації газу (4  $^{об.}\%$ ), то блок керування 8 формує сигнал для перемикачання діапазону вимірювань великих концентрацій газу (до 100  $^{об.}\%$ ). Даний сигнал надходить на блок вибору діапазону вимірювань 7, який зменшує коефіцієнт передачі за напругою нормуючого перетворювача 6 в п'ять разів. Залежність вихідної напруги нормуючого перетворювача 6 від зміни концентрації метану в

діапазоні великих концентрацій до 100<sup>об.</sup>% наведено на фіг. 3, положення 1. Після перемикавання діапазону вимірювань вихідний аналоговий сигнал нормуючого перетворювача 6 також перетворюється в цифрову форму блоком 9. Зміряну напругу перераховують через зворотну функцію характеристики перетворення і визначають безпосередньо концентрацію газу (див. фіг. 3, положення 2) за наступним співвідношенням:

$$C^* = \frac{1}{k} \cdot \ln \frac{\Delta U_{\text{нп}}}{\Delta U_{\text{нп}} - U_{\text{нп}}(C)},$$

де  $C^*$  - розраховане значення концентрації аналізованого газу, <sup>об.</sup>%;  $\Delta U_{\text{нп}}$  - діапазон зміни вихідної напруги нормуючого перетворювача, В;  $U_{\text{нп}}(C)$  - зміряна напруга нормуючого перетворювача, величина якого пропорційна вимірюваній концентрації газу в другому діапазоні вимірювань, В;  $k$  - масштабний коефіцієнт характеристики перетворення вимірювача за концентрацією газу, (<sup>об.</sup>%)<sup>-1</sup>;  $\ln$  - натуральний логарифм.

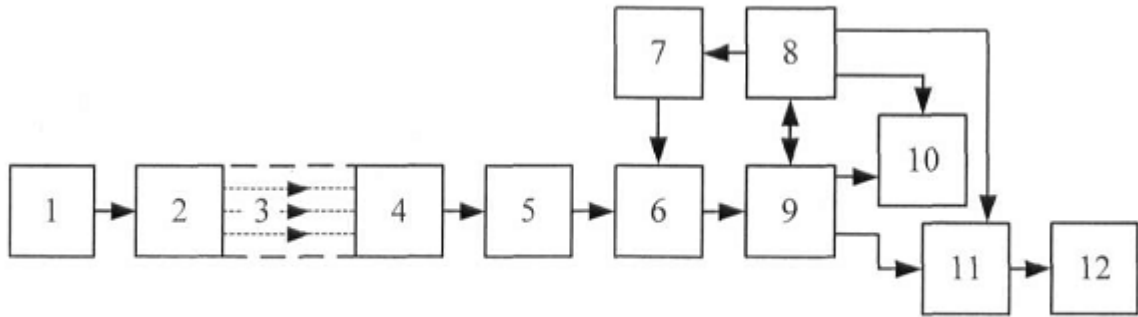
Розраховане значення концентрації аналізованого газу також передається на індикацію, до системи аерогазового захисту промислових підприємств. Процедура вимірювання та розрахунку концентрації аналізованого газу повторюється циклічно у всьому інтервалі роботи пристрою.

Використання запропонованого пристрою дозволяє забезпечити необхідну швидкість при вимірюванні концентрації газів, а визначення концентрації аналізованого газу в двох діапазонах вимірювань дозволить одержати необхідні показники точності, як в діапазоні вибухонебезпечних концентрацій газу від 0 до 4<sup>об.</sup>% безпосередньо по характеристиці перетворення, так і в діапазоні високих концентрацій газу від (30-60) до 100<sup>об.</sup>% при лінеаризації характеристики перетворення вимірювача, яку помножують на зворотну функцію програмними методами цифрової обробки результатів вимірювань. Без використання лінеаризації характеристики перетворення вимірювача в діапазоні вимірювань від 30 до 100<sup>об.</sup>% визначення концентрації аналізованого газу здійснюється з відносною похибкою вимірювань від 1 до 9 %. Визначення концентрації газу при лінеаризації характеристики перетворення відбувається з відносною похибкою до 0,2 %, значення якої суттєво зменшується, у цьому діапазоні вимірювань.

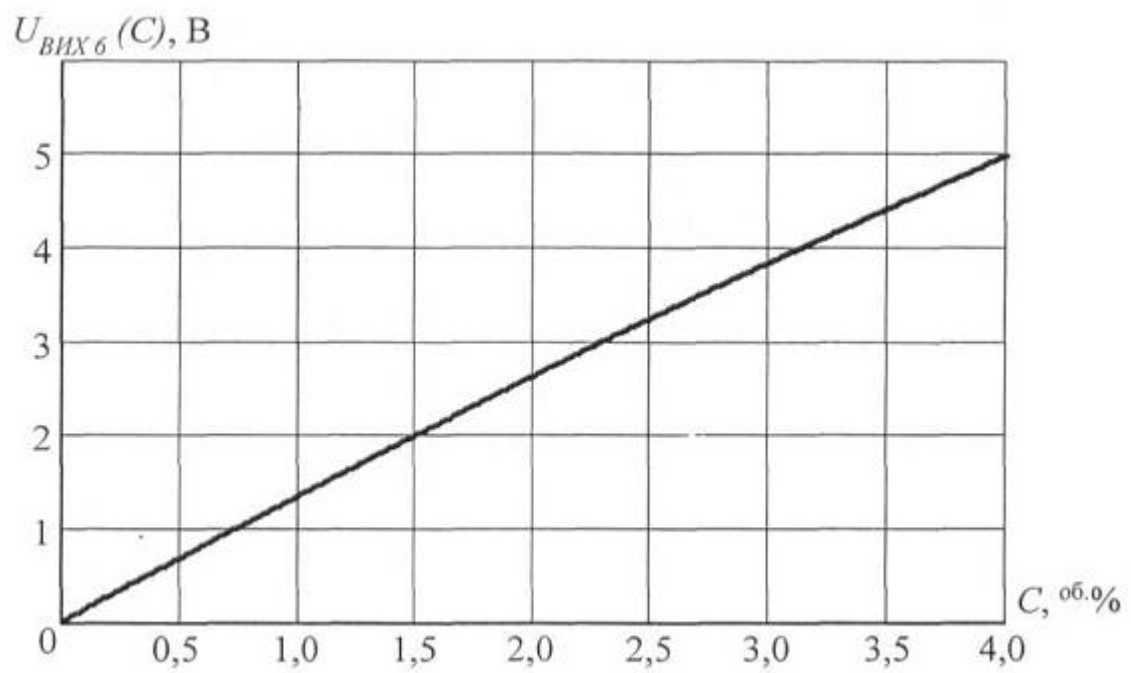
Запропонований пристрій дозволяє істотно підвищити точність вимірювачів великих концентрацій газів (від 30 до 100<sup>об.</sup>%) практично в 18 разів при необхідних значеннях швидкості та метрологічної надійності. Використання даного пристрою як стаціонарного вимірювача концентрації газів за рахунок обліку та компенсації нелінійності характеристики перетворення дозволить безперервно контролювати високу концентрацію небезпечних газів при їх потужних раптових викидах в атмосферу робочої зони підприємств.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

Пристрій для вимірювання концентрації газів, що містить джерело випромінювання, квазівідкритий фільтр, в якому встановлена вимірювальна кювета, детектор оптичного випромінювання з підсилювачем, функціональний перетворювач, причому детектор з підсилювачем з'єднаний з функціональним перетворювачем, аналоговим комутатором, аналого-цифровим перетворювачем, блоком керування та обчислювальним блоком, до виходу якого підключений блок індикації та реєстрації, блок керування підключений до аналогового комутатора, обчислювального блока та цифрового каналу зв'язку, цифровий канал зв'язку з'єднаний із системою аерогазового захисту вугільних шахт і промислових підприємств, який **відрізняється** тим, що пристрій оснащений нормуючим перетворювачем і блоком вибору діапазону вимірювань, вхід нормуючого перетворювача підключений до функціонального перетворювача, а вихід нормуючого перетворювача підключений до аналогового комутатора, крім того, нормуючий перетворювач має вхід керування, до якого підключений вихід блока вибору діапазону вимірювань, при цьому вхід блока вибору діапазону вимірювань підключений до блока керування.



Фиг. 1



Фиг. 2

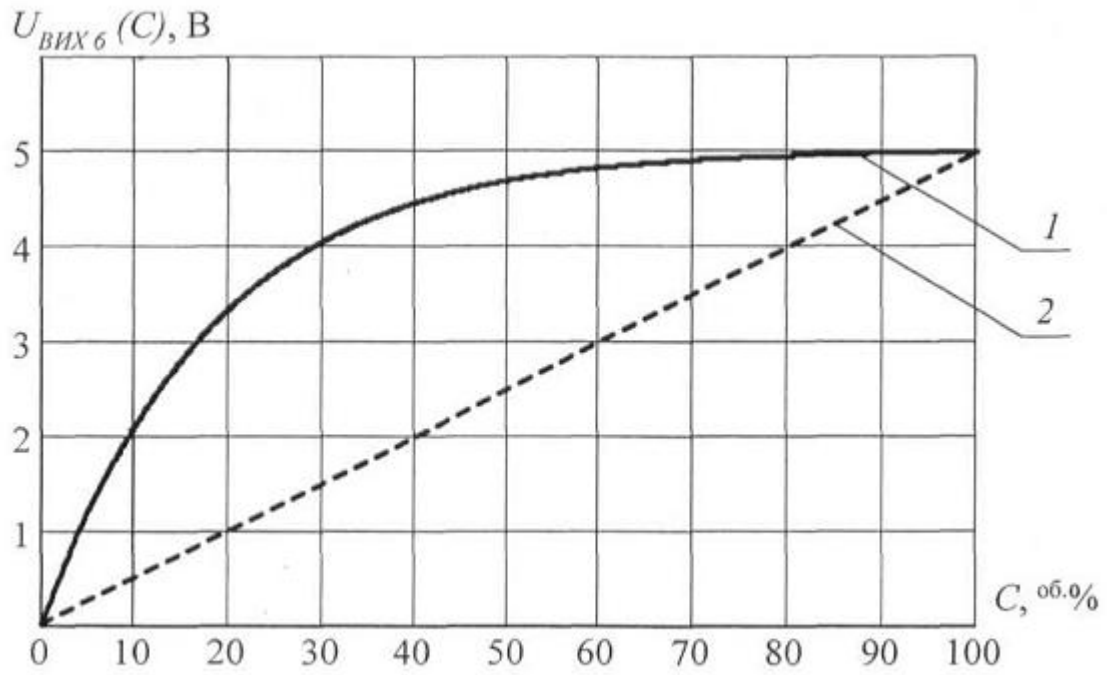


Fig. 3

---

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

---

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