



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **36326** (13) **U**
(51) МПК (2006)
G01N 22/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ ЯКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧОВИН У МІКРОХВИЛЬОВОМУ ДІАПАЗОНІ

1

2

(21) u200805228

(22) 22.04.2008

(24) 27.10.2008

(46) 27.10.2008, Бюл.№ 20, 2008 р.

(72) КУЗНЕЦОВ ГЕОРГІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ, UA, ВИПАНАСЕНКО СТАНИСЛАВ ІВАНОВИЧ, UA, ОВСЯНИКОВ ВІКТОР ВОЛОДИМИРОВИЧ, UA, ВОВК СЕРГІЙ МИХАЙЛОВИЧ, UA, ГУСЄВ ОЛЕКСАНДР ЮРІЙОВИЧ, UA, ОВСЯНИКОВ ВОЛОДИМИР ВІКТОРОВИЧ, UA, ФЕСАК ГРИГОРІЙ ІВАНОВИЧ, UA, МАРТИНЕНКО СЕРГІЙ ВІКТОРОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(57) Спосіб автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні, що включає етапи градування і вимірювання частотних залежностей при взаємодії електромагнітних хвиль з речовиною у частотному діапазоні та третій етап визначення невідомої якісної характеристики речовини шляхом порівняння між собою градуованих та вимірних частотних залежностей, який **відрізняється** тим, що на першому етапі завчасно та послідовно визначають у заданому діапазоні змінної частоти набір градуйо-

ваних частотних залежностей згасання електромагнітних хвиль при проходженні їх послідовно крізь набір речовин одного класу (або марки) з різними завчасно відомими якісними характеристиками і складають базу даних градуованих частотних залежностей згасання електромагнітних хвиль і відповідних якісних характеристик; на другому етапі визначають у тому ж заданому частотному діапазоні, при тих же зовнішніх умовах індивідуальну частотну залежність згасання електромагнітних хвиль при проходженні їх крізь дану речовину з невідомою якісною характеристикою; на третьому етапі визначають невідому якісну характеристику даної речовини шляхом послідовного порівняння її індивідуальної частотної залежності згасання у заданому діапазоні з набором бази даних градуованих частотних залежностей згасання речовин у тому ж діапазоні з відомими якісними характеристиками і визначають, яка з градуованих частотних залежностей згасання найближча до частотної залежності згасання речовини з невідомою якісною характеристикою, в результаті чого визначають значення невідомої якісної характеристики речовини.

Корисна модель відноситься до автоматизації контролю якості речовин і може бути використана для визначення якісних характеристик корисних копалин, будівельних матеріалів, товарів народного споживання та деяких стратегічних матеріалів тощо. Такими характеристиками є, наприклад, зольність та вологість вугілля, вологість інших речовин, наявність білку або клейковини у зерні пшениці тощо.

У сучасній практиці використовуються гравіметричні способи контролю якісних характеристик речовин, електричні, нейронні, інфрачервоні, методи надзвичайно високих частот (НВЧ) або мікрохвильові способи та інші [див., наприклад, Кричевський Е.С., Волченко А.Г., Галушкин С.С. Контроль влажности твёрдых и сыпучих материалов. -М.:

Энергоатомиздат, 1986.; Анисимов М.Т., Овсяников В.В. Автоматизация контролю якості вугілля. - Киев.: Уголь Украины., 2007, С.23-25; патента: SU №1608523 A1, 23.11.90р.; SU №1626135 A1, 07.02.91р.; RU №2132051 C1, 20.06.99р.].

Недоліками відомих способів є невисока точність контролю якісних характеристик речовин, у тому числі, на технологічному потоці або на конвеєрі.

З відомих способів контролю найближчим до заявленого за технічною сутністю є спосіб експрес-контролю якісних характеристик речовин у НВЧ діапазоні [декларативний патент на винахід UA №71301A, 7G01N22/00, 15.11.04р, Бюл. №11]. Контроль вологості речовини за допомогою запатентованого способу включає етапи градування та

(13) **U**

(11) **36326**

(19) **UA**

вимірювання частотної залежності електромагнітних характеристик на вході приймально-передавальної антени, яка випромінює електромагнітну енергію змінної частоти від генератора нормально до поверхні речовини і одночасно приймає електромагнітну енергію, що відбита від цієї речовини, який відрізняється тим, що, на першому етапі вимірювань послідовно визначають і запам'ятовують дискретний набір градуйованих частотних залежностей коефіцієнта стоячої хвилі за напругою на вході приймально-передавальної антени в одному й тому ж НВЧ діапазоні для даної речовини з різними якісними характеристиками, на другому етапі визначають і запам'ятовують частотну залежність коефіцієнта стоячої хвилі за напругою у тому ж НВЧ діапазоні для речовини, яка досліджується з невідомою якісною характеристикою, на третьому етапі визначають невідому якісну характеристику речовини, яка досліджується шляхом послідовного порівняння частотної залежності коефіцієнта стоячої хвилі за напругою, одержаної на другому етапі з дискретним набором градуйованих залежностей, одержаних на першому етапі і знаходять мінімум цільової функції, яка являє собою суму квадратів відносної різниці коефіцієнтів стоячої хвилі за напругою для речовини з невідомою якісною характеристикою і з відомими градуйованими якісними характеристиками для дискретних частот того ж НВЧ діапазону, причому вказану суму ділять на загальну кількість дискретних частот цього НВЧ діапазону.

До недоліків цього способу можна віднести невисоку точність контролю за рахунок надто малої частки електромагнітного сигналу, який відбивається від досліджуваної речовини та повертається назад у апертуру той самої приймально-передавальної антени, а потім у вимірювальний прилад. Особливо це стосується речовин з сильним поглинанням електромагнітної енергії і отже з малим коефіцієнтом відбиття, в яких значною мірою поглинається опромінююча електромагнітна енергія, а енергія, яка пройшла скрізь досліджуєму речовину безкорисно розсіюється у навколишнє середовище. Це відноситься до вище названих різновидів вугілля, будівельних матеріалів, товарів народного споживання тощо. Таким чином, надто велика різниця між опромінюючою та відбитою від досліджуваної речовини мікрохвильовою енергією знижує точність контролю якості більшої частки речовин до $\pm 5\%$.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого способу автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні шляхом введення нових технологічних параметрів, яка досягається забезпеченням можливості контролю згасання електромагнітної хвилі у досліджуваної речовини в залежності від її якості, що знижує розсіювання електромагнітної енергії у навколишнє середовище і за рахунок цього підвищує точність контролю характеристик якості речовин.

Ця задача вирішується тим, що у способі автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні, який включає етапи градування і вимірювання частотних

залежностей при взаємодії електромагнітних хвиль з речовиною у частотному діапазоні та третьій етап визначення невідомої якісної характеристики речовини шляхом порівняння між собою градуйованих та виміряних частотних залежностей, згідно з корисною моделлю на першому етапі завчасно послідовно визначають у заданому діапазоні змінної частоти набір градуйованих частотних залежностей згасання електромагнітних хвиль при проходженні їх скрізь набір речовин одного класу (або марки) з різними завчасно відомими якісними характеристиками і складають базу даних градуйованих частотних залежностей згасання електромагнітних хвиль і відповідних якісних характеристик; на другому етапі визначають у тому ж заданому частотному діапазоні, при тих же зовнішніх умовах індивідуальну частотну залежність згасання електромагнітних хвиль при проходженні їх скрізь дану речовину з невідомою якісною характеристикою; на третьому етапі визначають невідому якісну характеристику даної речовини шляхом послідовного порівняння її індивідуальної частотної залежності згасання у заданому діапазоні з набором бази даних градуйованих частотних залежностей згасання речовин у тому ж діапазоні з відомими якісними характеристиками і визначають, яка з градуйованих частотних залежностей згасання найближча до частотної залежності згасання речовини з невідомою якісною характеристикою, в результаті чого визначають значення якісної характеристики невідомої речовини.

У сучасній практиці використовуються гравіметричні пристрої контролю якісних характеристик речовин, електричні, нейронні, інфрачервоні, пристрої надзвичайно високих частот (НВЧ) або мікрохвильові пристрої тощо (див., наприклад, Кричевский Е.С., Волченко А.Г., Галушкин С.С. Контроль влажности твёрдых и сыпучих материалов. -М.: Энергоатомиздат, 1986.; Анисимов М.Т., Овсяников В.В. Автоматизация контролю якості вугілля. - Киев.: Уголь Украины., 2007, С.23-25; патента: SU №1608523A1, 23.11.90р.; SU №1626135A1, 07.02.91р.; RU №2132051 C1, 20.06.99р.).

Недоліками відомих пристроїв є невисока точність контролю якісних характеристик речовин, у тому числі, на технологічному потоці або конвеєрі.

З відомих пристроїв контролю якісних характеристик речовин, найближчим до заявленого за технічною сутністю є пристрій, який реалізує спосіб експрес-контролю якісних характеристик речовин у НВЧ діапазоні [декларацийний патент на винахід UA №71301A, 7 G01N22/00, 15.11.04р, Бюл. №11]. Пристрій складається з НВЧ-генератора, вентиля, двох спрямованих відгалужувачів, двох височастотних детекторів, приймально-передавальної антени-датчика, речовини, яка досліджується, принтера, генератора розгортки, електронно-променевої трубки, вимірювача відношень, аналого-цифрового перетворювача, персонального комп'ютера, монітора. Як можна бачити, височастотна електромагнітна потужність, яка виробляється НВЧ-генератором, через вентиль і спрямовані відгалужувачі поступає на вхід приймально-передавальної антени і випромінюється цією антеною у напрямку речовини, яка

досліджується. Частина цієї потужності поглинається речовиною, яка досліджується, а частина, яка несе інформацію про якісну характеристику речовини, відбивається від неї і приймається тою ж антеною-датчиком. Таким чином, у НВЧ тракті проміж вентилем та входом антени-датчика одночасно існують дві хвилі: падаюча та відбита, які розповсюджуються у НВЧ тракті у взаємно протилежних напрямках. Генератор розгортки керує частотою електромагнітної енергії, яку виробляє НВЧ генератор та розгорткою вимірюваного коефіцієнту стоячої хвилі за напругою (КСХН) на екрані електронно-променевої трубки і забезпечує плавну зміну цієї частоти у межах, яка задана оператором пристрою. Мала частина потужності, яка відгалужується спрямованими відгалужувачами поступає на високочастотні детектори і після детектування подається на вимірювач відношень, який на низькій продієктованій частоті обчислює КСХН на вході антени-датчика і спрямовує результуючу інформацію на електронно-променеву трубку і одночасно на аналого-цифровий перетворювач. Аналого-цифровий перетворювач перетворює аналогову інформацію у цифрову і передає її до персонального комп'ютера.

До недоліків цього пристрою можна віднести невисоку точність контролю за рахунок надто малої частки електромагнітного сигналу, який відбивається від досліджуваної речовини та повертається назад у апертуру той самої приймально-передавальної антени, а потім у вимірювальний прилад. Особливо це стосується речовин з сильним поглинанням електромагнітної енергії і отже з малим коефіцієнтом відбиття, в яких значною мірою поглинається опромінююча електромагнітна енергія, а енергія, яка пройшла скрізь досліджувану речовину безкорисно розсіюється у навколишнє середовище. Це відноситься до вище названих різновидів вугілля, будівельних матеріалів, товарів народного споживання тощо. Таким чином, надто велика різниця між опромінюючою та відбитою від досліджуваної речовини мікрохвильовою енергією знижує точність контролю якості більшої частки речовин до $\pm 5\%$.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення відомого пристрою експрес-контролю якісних характеристик речовин у НВЧ діапазоні шляхом введення нових елементів та їх взаємного розташування досягається можливість контролю згасання електромагнітної хвилі у досліджуваній речовині, що знижує розсіювання електромагнітної енергії у навколишнє середовище і за рахунок цього підвищується точність контролю характеристик якості речовин.

Ця задача вирішується тим, що пристрій автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні, що включає мікрохвильовий генератор змінної частоти, виходу якого з'єднаний, відповідно, з генератором розгортки та з першим спрямованим відгалужувачем, виходу останнього, відповідно, - з першим високочастотним детектором та з передавальною антеною-датчиком, а вихід першого високочастотного детектора підключено до першого входу вимірювача відношень, а на другий вхід вимірювача відношень

підключено вихід другого високочастотного детектора, який з'єднаний з другим спрямованим відгалужувачем, причому два виходи вимірювача відношень, відповідно, з'єднані з двома відхиляючими пластинами електронно-променевої трубки, одна з яких з'єднана з генератором розгортки, а третій вихід вимірювача відношень - з аналого-цифровим перетворювачем та комп'ютером, згідно з корисною моделлю має узгоджене навантаження та приймальну антену-датчик, яка розташована із зазором відносно передавальної антени-датчика для розміщення досліджуваної речовини, причому вихід приймальної антени-датчика підключено до входу другого спрямованого відгалужувача, а до його виходу підключено узгоджене навантаження.

На Фіг.1 наведено структурну схему пристрою для реалізації запропонованого способу.

На Фіг.2 наведено графіки дискретного набору частотних градуированих експериментальних залежностей згасання, одержаних за допомогою пристрою Фіг.1 для різної зольності А' вугілля марки "АШ", яке здобуто у східному регіоні України.

Запропонований пристрій (Фіг.1) автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні для реалізації способу за пунктом 1 складається з передавальної антени-датчика 1, яка опромінює досліджувану речовину 3, мікрохвильового генератора змінної частоти 7, генератора розгортки 10 з електронно-променевою трубкою 11, двох спрямованих відгалужувачів 4, 8 з високочастотними детекторами 6, 9, відповідно, вимірювача відношень 12, аналого-цифрового перетворювача з буферним блоком та каналом передачі цифрових даних 13, комп'ютера 14 з програмним забезпеченням для аналого-цифрового перетворювача 73 та комп'ютера 14, згідно з корисною моделлю він доповнений узгодженим навантаженням 5 та приймальною антеною-датчиком 2, яка розташована із зазором відносно передавальної антени-датчика 1 для розміщення досліджуваної речовини 3, причому вихід приймальної антени-датчика 2, підключено до входу другого спрямованого відгалужувача 4, а до його виходу підключено узгоджене навантаження 5.

Запропонований спосіб автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні реалізується за допомогою пристрою Фіг.1. На першому етапі завчасно та послідовно визначають у заданому діапазоні змінної частоти за допомогою передавальної та приймальної антен-датчиків 1, 2, відповідно, та пристрою, який складається з НВЧ-генератора 7, двох спрямованих відгалужувачів 4 та 8 з високочастотними детекторами 6 і 9, відповідно, узгодженого навантаження 5, генератора розгортки 10, електронно-променевої трубки 11, вимірювача відношень 12, аналого-цифрового перетворювача 13, комп'ютера 14, монітора 75, принтера і б та спеціального програмного забезпечення, набір градуированих частотних залежностей згасання електромагнітних хвиль при проходженні їх послідовно скрізь набір речовин 3 одного класу (або марки) з різними завчасно відомими якісними характеристиками і складають базу даних градуированих час-

тотних залежностей згасання електромагнітних хвиль і відповідних якісних характеристик, наприклад, зольностей вугілля.

На другому етапі визначають у тому ж частотному діапазоні, при тих же зовнішніх умовах за допомогою апаратури та обладнання, що використовуються, на першому етапі, індивідуальну частотну залежність згасання електромагнітних хвиль при проходженні їх скрізь дану речовину 3 (фіг. 1) з невідомою якісною характеристикою, наприклад, зольністю вугілля.

На третьому етапі визначають невідому якісну характеристику даної речовини 3 (фіг.1) шляхом послідовного порівняння її індивідуальної частотної залежності згасання у заданому діапазоні з набором бази даних градуйованих частотних залежностей згасання речовин у тому ж діапазоні з відомими якісними характеристиками і визначають, яка з градуйованих частотних залежностей згасання найближча до частотної залежності згасання для речовини 3 (фіг.1) з невідомою якісною характеристикою, в результаті чого визначають за допомогою комп'ютера 14 зі спеціальним програмним забезпеченням значення невідомої якісної характеристики речовини, наприклад, зольності вугілля.

На Фіг.2 наведено експериментальні графіки частотних залежностей згасання (S) від зольності A' вугілля, які одержані за допомогою пристрою (Фіг.1): залежність 1 відповідає зольності $A'=21,7\%$, залежність 2 - $A'=24,8\%$, залежність 3 - $A'=26,7\%$ і залежність 4 - $A'=27,5\%$.

Як випливає з графіків, спостерігається кореляційна залежність згасання S від зольності A' вугілля, що дозволяє використовувати ці частотні залежності для реалізації запропонованого способу визначення невідомої якісної характеристики речовини, яка контролюється.

Безпосереднє біля речовини 3, яка досліджується, наприклад, біля конвеєра з речовиною, яка досліджується, розташовані спрямований відгалужувач 4 з узгодженим навантаженням 5 та високочастотним детектором 6. Ці складові частини пристрою (Фіг.1) обведені на фігурі пунктирною лінією. Інші складові частини пристрою можуть бути розташовані на деякій відстані від цих складових частин пристрою, наприклад, в лабораторному приміщенні з нормальною температурою та вологістю у складі НВЧ-генератору 7, спрямованого відгалужувача 8, високочастотного детектору 9, генератору розгортки 10, електронно-променевої трубки 11, вимірювача відношень 12, аналого-цифрового перетворювача з буферним блоком 13, комп'ютера 14 зі спеціальним програмним забезпеченням, монітору 15 та принтера 16.

Як видно з Фіг.1, високочастотна електромагнітна енергія, модульована низькочастотним меандром, яка виробляється НВЧ-генератором 7, через спрямований відгалужувач 8 поступає на вхід передавальної антени-датчика 1 і випромінюється цією антеною у напрямку речовини 3, яка досліджується та в напрямку приймальної антени-датчика 2. Частина цієї енергії поглинається речовиною 3, а частина, яка несе інформацію про якісну характеристику досліджує-мої речовини у пев-

ному частотному діапазоні, поступає на вхід приймальної антени-датчика 2, приймається нею та передається по високочастотному коаксіальному кабелю на вхід спрямованого відгалужувача 4 і детектується високочастотним детектором 6. Генератор розгортки 10 забезпечує автоматично через короткий період часу плавну зміну частоти електромагнітної енергії генератора 7 від мінімального до максимального значення, які задані оператором та одночасно забезпечує розгортку на екрані електронно-променевої трубки 11 вимірюваного значення згасання S НВЧ енергії у досліджуваній речовині 3. Незначні частини потужності, які відгалужуються приладами 4 і 8 з основного НВЧ тракту поступають на високочастотні детектори б і 9 і після детектування подаються на вимірювач відношень 12, який обчислює згасання S між антенами-датчиками 1, 2 і досліджуваною речовиною 3 і спрямовує результуючу інформацію на електронно-променеву трубку 11 і одночасно на аналого-цифровий перетворювач 13. Аналого-цифровий перетворювач 13 перетворює аналогову частотну залежність згасання у цифрову і передає її, наприклад, по провідному каналу RS-232 до комп'ютера 14, де ця інформація запам'ятовується та обробляється. При тому, у комп'ютері 14 відповідно зі спеціальним програмним забезпеченням визначається невідома якісна характеристика даної речовини шляхом послідовного порівняння її індивідуальної частотної залежності згасання у заданому діапазоні з набором бази даних градуйованих частотних залежностей згасання речовин у тому ж діапазоні з відомими якісними характеристиками і визначається, яка з градуйованих частотних залежностей згасання найближча до частотної залежності згасання речовини з невідомою якісною характеристикою, в результаті чого визначається значення невідомої якісної характеристики речовини, наприклад, зольності вугілля.

На Фіг.2 наведено експериментальні графіки частотних залежностей згасання S від зольності A' вугілля, які одержані за допомогою пристрою, структурна схема якого наведена на Фіг.1: залежність 1 відповідає зольності $A'=21,7\%$, залежність 2 - $A'=24,8\%$, залежність 3 - $A'=26,1\%$ і залежність 4 - $A'=21,5\%$. Як випливає з графіків, спостерігається кореляційна залежність згасання S від зольності A' вугілля, що дозволяє використовувати ці частотні залежності для ідентифікації і визначення невідомої якості (зольності) речовини, яка контролюється.

Визначення невідомої якісної характеристики речовини, у даному прикладі - зольності вугілля, виконується послідовним порівнянням цієї частотної залежності згасання S з дискретним набором градуйованих відомих якісних характеристик, які записані заздалегідь у пам'яті комп'ютера 14 (Фіг.1) для низки речовин з відомими якісними характеристиками.

Послідовне порівняння частотної залежності згасання S невідомої характеристики речовини з набором градуйованих характеристик, записаних у пам'яті комп'ютера 14 (Фіг.1) для речовин з відомими характеристиками ослаблення, виконується в автоматичному режимі на комп'ютері 14 відпові-

дно алгоритму пошуку мінімуму цільової функції. Таким чином, комп'ютер 14 вирішує задачу пошуку мінімуму цільової функції у всіх дискретних частотних точках одного й того ж частотного діапазону.

Відповідно до запропонованого способу та пристрою, що його реалізує, вимірювання залежності згасання S у частотному діапазоні, тобто при виконанні частотного сканування, значно підвищує точність, достовірність та розрахункову спроможність результатів вимірювання невідомих якісних характеристик речовин, які досліджуються. Визначена якісна характеристика речовини оперативно видається на екран монітору 15 і при необхідності документується на принтері 9, або іншому носії інформації.

Позитивною якістю способу та пристрою, що його реалізує є також відсутність необхідності у

руйнуванні речовини, яка досліджується в процесі контролю та екологічна чистота процедури контролю. Тобто має місце недоторканість речовини, яка досліджується, а також малий рівень НВЧ енергії, якою опромінюється досліджувана речовина, що задовольняє екологічним нормам (не більш ніж 1Вт). Відстань антен-датчиків 1 та 2 від речовини 3, яка досліджується (Фіг.1) вибирається з електродинамічних та конструктивних розумінь.

Запропонований спосіб автоматизованого контролю якісних характеристик речовин у мікрохвильовому діапазоні та пристрій для його реалізації можна кваліфікувати як спосіб та пристрій мікрохвильової НВЧ спектроскопії речовин.

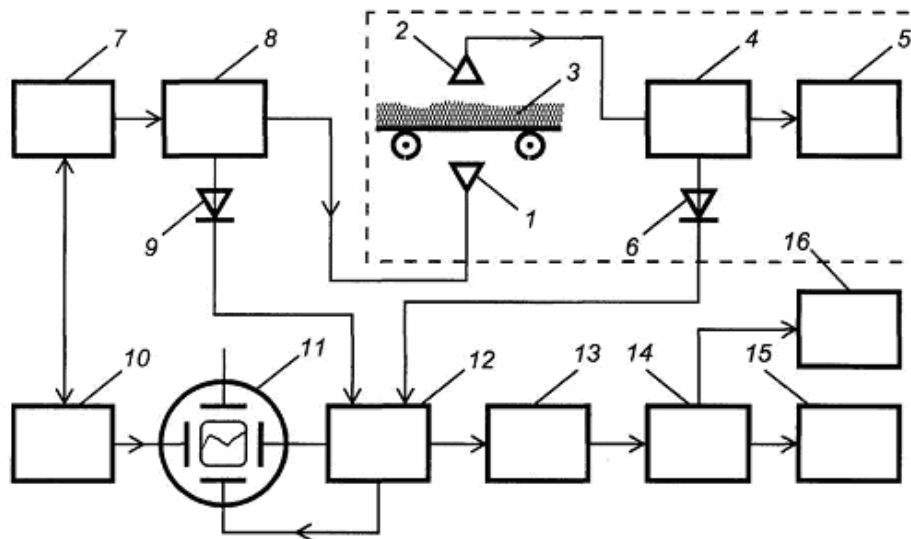
Порівняльні характеристики запропонованого способу з прототипом наведено у таблиці.

Таблиця

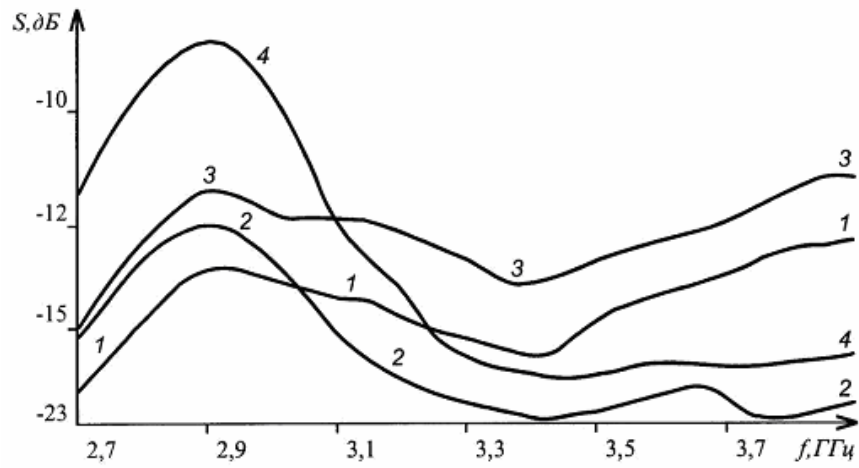
№ п/п	Найменування способу	Похибка експрес-контролю, %.	Залежність результатів вимірювань від впливу навколишнього середовища	Вартість (відносна)
1	Спосіб, що заявляється	$< \pm 1 \dots 2$	Існує, однак незначна	Невисока
2	Прототип	± 5	Існує	Невисока

Як випливає з таблиці, спосіб що заявляється та пристрій, що його реалізує (п.1 таблиці) має безумовну перевагу по головній характеристиці перед прототипом (п.2 таблиці) - похибці контролю зольності.

Спосіб та пристрій автоматизованого контролю, що заявляється пройшов випробування в лабораторії при визначенні зольності вугілля марки "АШ", здобутого у східному регіоні України. Результати випробувань позитивні.



Фіг. 1



Фиг. 2