



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 92168

(13) U

(51) МПК

G01N 29/04 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2013 14084**

(22) Дата подання заявки: **03.12.2013**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **11.08.2014**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **11.08.2014, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Дроздов Олександр Володимирович
(UA),
Крилов Едуард Самійлович (UA)**

(73) Власник(и):

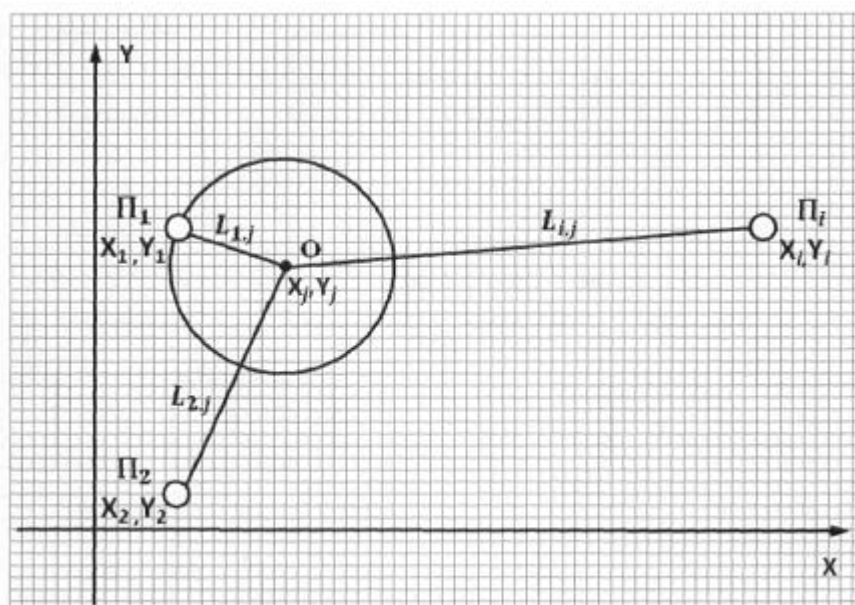
**Дроздов Олександр Володимирович,
вул. Кібальчича, 3-а, кв. 102, м. Київ, 02183
(UA),
Крилов Едуард Самійлович,
бул. Л. Українки, 2, кв. 66, м. Київ, 01001
(UA)**

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ДЖЕРЕЛ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

(57) Реферат:

Спосіб визначення координат джерел акустичної емісії полягає в тому, що групою каналів з приймальними перетворювачами приймають сигнали акустичної емісії, для окремої події АЕ по кожному каналу вимірюють різницю часу приходу сигналів, об'єкт розділяють скінченими елементами, для кожного вузла об'єкта по відомих координатах приймальних перетворювачів та відомій швидкості розповсюдження ультразвукових коливань розраховують відповідні різниці часу приходу сигналів АЕ до кожного приймального перетворювача, по виміряних та розрахованих різницях часу приходу сигналів АЕ визначають координати джерела АЕ. З метою підвищення точності визначення координат джерел АЕ, вимірюють амплітуду сигналів АЕ і за координати джерела АЕ приймають координати того вузла об'єкта, для якого сума квадратів різниць між виміряними і розрахунковими значеннями по кожному каналу, помножена на квадрати відповідних значень амплітуди АЕ зареєстрованої для даного каналу, є найменшою.

UA 92168 U



Фиг. 1

Корисна модель, що заявляється, належить до неруйнівного контролю об'єктів акустико-емісійним (АЕ) методом і може бути використана в машинобудівній, енергетичній, металообробній і інших галузях промисловості.

Відомий спосіб визначення координат джерел акустичної емісії, який полягає в тому, що сигнали АЕ приймають чотирма приймальними перетворювачами, вимірюють різниці часів приходу сигналів на перетворювачі, обчислюють триангуляційні параметри джерел сигналів і за ними визначають координати джерел сигналів (А.с. № 725016. Анисимов В.К., Вайнберг В.Е., Соседов В.Н. Способ определения координат источников дискретных сигналов акустической эмиссии. Бюл. № 12, 1980 р. [1]).

Недоліком відомого способу є те, що можуть бути використані лише чотири приймальних перетворювача, які повинні бути розташовані на поверхні контрольованого об'єкту в вигляді квадрату. Ці умови ускладнюють або роблять неможливим контроль об'єктів неправильної чи довільної форми, а також об'єктів великих розмірів внаслідок загасання сигналів АЕ при їх розповсюдженні.

Найбільш близьким до об'єкта, що заявляється, є спосіб визначення координат джерел акустичної емісії, який полягає в тому, що на контрольованому об'єкті встановлюються приймальні перетворювачі АЕ з відомими координатами, приймають сигнали АЕ при контролі об'єкту приймальними перетворювачами, вимірюють різниці часів приходу до них сигналів АЕ, розгортка поверхні об'єкту розділяється координатною сіткою, для кожного вузла сітки розраховуються відстані до перетворювачів і по відомій швидкості розповсюдження ультразвукових коливань розраховують різниці часів приходу сигналів до перетворювачів, і за координати джерела АЕ приймають координати того вузла сітки, для якого сума квадратів різниць між вимірними і розрахунковими значеннями різниць часу приходу сигналів по кожному каналу, є найменшою (Серьезнов Ф.Н., Степанова В.В., Муравьев В.В. и др. Акустико-эмиссионная диагностика конструкций. М., "Радио и связь", 2000, - С. 108-109 [2]).

Цей спосіб дає змогу контролювати об'єкти за допомогою будь-якого числа приймальних перетворювачів, але не менше двох для одновірних, не менше трьох для двовірних і не менше чотирьох для тривірних об'єктів при їх довільному розташуванні на контрольованому об'єкті. При використанні значно більшої кількості перетворювачів, можна контролювати великі об'єкти. Другою перевагою зазначеного способу є доволі нескладний математичний апарат, який використовується для визначення координат джерел АЕ.

Недоліком відомого способу є те, що сумарна похибка визначення координат джерела АЕ залежить від значень швидкостей розповсюдження ультразвукових коливань від різно віддалених приймальних перетворювачів. При цьому похибка значення швидкості розповсюдження ультразвукових коливань яка використовується при розрахунках координати, призводить до різних абсолютних значень похибок розрахованих різниць часу приходу сигналів АЕ до кожного приймального перетворювача (в залежності від відстані від джерела АЕ до відповідного приймального перетворювача). Чим більша відстань до перетворювача, тим більше абсолютна похибка розрахованої різниці часу приходу. Враховуючи те, що прийняті сигнали АЕ для більш віддалених приймальних перетворювачів внаслідок затухання мають меншу амплітуду та меншу крутизну передніх фронтів, по яких вимірюється різниця часу приходу, значення різниць часу приходу сигналів до найбільш віддалених від джерела АЕ також мають найбільшу похибку вимірювань.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення точності визначення координат джерел АЕ в контрольованих об'єктах при використанні декількох приймальних перетворювачів (більш ніж мінімально необхідно) шляхом зменшення впливу як розрахункової, так і вимірюваної різниці часу приходу сигналів АЕ до найбільш віддалених приймальних перетворювачів.

Поставлена задача вирішується тим, що у відомому способі визначення координат джерел АЕ, для окремої події АЕ вимірюють різниці часу приходу сигналів до кожного приймального перетворювача, а об'єкт розділяють на скінчені елементи, для кожного вузла об'єкта по відомих координатах приймальних перетворювачів і відомій швидкості розповсюдження ультразвукових коливань розраховують відповідні різниці часу приходу сигналів АЕ до кожного приймального перетворювача, по вимірних та розрахованих різницях часу приходу сигналів АЕ визначають координати джерела АЕ; згідно заявленої корисної моделі, в процесі контролю вимірюють по кожному каналу також амплітуду сигналів АЕ прийнятих кожним перетворювачем і за координати джерела АЕ визначають координати того вузла об'єкта, для якого сума квадратів різниць між вимірними і розрахунковими значеннями різниць часу приходу сигналів, помноженими на квадрат відповідного значення зареєстрованої для даного каналу амплітуди АЕ, є найменшою.

В процесі контролю в разі розвитку дефекту в контрольованому об'єкті генеруються дискретні сигнали АЕ, які поширюються з певною швидкістю. З моменту приходу імпульсу АЕ до найближчого перетворювача починається відлік виміряних різниць часу приходу сигналів АЕ (Δt_i) на інші більш віддалені перетворювачі. Виміряні значення різниць часу приходу для більш віддалених перетворювачів мають більшу абсолютну похибку внаслідок меншої амплітуди і меншої крутизни імпульсів АЕ.

Для розрахунку координат джерела АЕ контрольований об'єкт поділяється на скінчені елементи. У випадку тримірного об'єкту останній ділиться на об'ємні тримірні скінчені елементи, наприклад куби, і для кожного j -вузла скінчених елементів визначаються відстані L_{ij} до кожного з i -перетворювачів АЕ:

$$L_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2 + (Z_i - Z_j)^2} \quad (1)$$

де X_i, Y_i, Z_i - координати приймальних перетворювачів, а X_j, Y_j, Z_j - координати вузла об'єкта.

У випадку двомірного об'єкту, він ділиться на плоскі скінчені елементи, наприклад квадрати, і для кожного j -вузла скінчених елементів визначаються відстані L_{ij} до кожного з i -перетворювачів АЕ:

$$L_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2} \quad (2)$$

У випадку лінійного одновимірного об'єкту, останній ділиться на лінійні елементи, і для кожного j - вузла скінчених елементів визначаються відстані L_{ij} до кожного з i -перетворювачів АЕ:

$$L_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2} \quad (3)$$

Далі визначається найближчий до даного вузла скінчених елементів приймальний перетворювач і відстань до нього L_{\min} , а також розраховуються відповідні різниці часу приходу ΔT_{ij} сигналів АЕ до кожного приймального перетворювача:

$$\Delta T_{ij} = (L_{ij} - L_{\min}) / V; \quad (4)$$

де V - швидкість розповсюдження ультразвукових коливань по поверхні контрольованого об'єкта.

Розгортка двомірного об'єкту та схема розташування на ньому i -приймальних перетворювачів представлена на Фіг. 1. Перетворювачі $\Pi_1; \Pi_2 \dots \Pi_i$ мають відомі координати $X_1, Y_1; X_2, Y_2 \dots X_i, Y_i$. Розгортка об'єкту за допомогою сітки розділена на квадратні скінчені елементи.

Для кожного вузла сітки O з координатами X_j, Y_j визначаються відстані до перетворювачів L_{ij} , визначається найближчий перетворювач, в даному випадку Π_1 , для якого відстань до вузла сітки є мінімальною $L_{\min} = L_{1j}$. По формулі (4) визначаються різниці часу приходу ΔT_{ij} сигналів АЕ до кожного приймального перетворювача.

Із формули (4) видно, що при певній похибці в значенні швидкості розповсюдження ультразвукових коливань, розраховані різниці часу приходу ΔT_{ij} сигналів АЕ до кожного перетворювача прямо пропорційні відстані до нього. З іншого боку амплітуда зареєстрованих сигналів для кожного приймального перетворювача зворотно пропорційна його відстані до джерела АЕ.

Тому для визначення координат джерела АЕ для кожного вузла скінчених елементів визначають суму квадратів різниць між виміряними і розрахованими значеннями різниць часу приходу сигналів до кожного приймального перетворювача, помноженими на квадрат відповідного значення зареєстрованої для даного перетворювача (каналу) амплітуди АЕ:

$$\sum_{i=1}^n A_i^2 (\Delta\tau_i - \Delta T_{ij})^2, \quad (5)$$

де A_i - амплітуда АЕ, зареєстрована відповідним перетворювачем;

$\Delta\tau_i$ - значення вимірної різниці часу приходу сигналів АЕ;

ΔT_{ij} - значення розрахованої різниці часу приходу сигналів АЕ.

5 За місцезоположення джерела АЕ приймається той вузол скінчених елементів, для якого значення $(\sum_{i=1}^n) C \varepsilon^m$ розраховане по формулі (5) є найменшим.

Заявлена корисна модель реалізується в такий спосіб (фіг. 2). На контрольований об'єкт 1 встановлюється група приймальних перетворювачів 2. Сигнали від приймальних перетворювачів 2 підсилюються попередніми підсилювачами 3 і далі піддаються фільтрації й подальшому підсиленню у блоках аналогової обробки 4. Блок вводу аналогових сигналів 6 забезпечує вимірювання амплітуди аналогових сигналів АЕ від кожного із каналів та ввід вимірюваних значень до персонального комп'ютера 8. Водночас аналогові сигнали поступають на амплітудні дискримінатори і формувачі 5, які формують нормовані імпульси по кожному з каналів при перевищенні сигналом АЕ встановленого рівня дискримінації (порога). Сформовані імпульсні сигнали передаються через блок вводу цифрових сигналів 7 до персонального комп'ютера 8 для виміру різниці часів приходу сигналів АЕ до кожного із приймальних перетворювачів (каналів) і наступного розрахунку координат джерел АЕ.

Приймальні перетворювачі, які розташовані недалеко від джерела АЕ, приймуть сигнали АЕ відносно великої амплітуди і тому будуть мати відносно велику вагу при визначенні координат джерел АЕ по формулі (5) і, навпаки, для більш віддалених перетворювачів, для яких похибка розрахованих і вимірних різниць часу приходу сигналів більша, амплітуда сигналів АЕ є меншою. Тому вплив останніх на визначення координат джерел АЕ буде меншим, що приведе до зменшення сумарної похибки і підвищення точності визначення координат джерел АЕ.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє підвищити точність визначення координат сигналів АЕ за рахунок зменшення впливу абсолютних похибок як розрахованих (ΔT_{ij}), так і вимірних ($\Delta\tau_i$) різниць часу приходу для найбільш віддалених приймальних перетворювачів.

Приклад використання способу, який пропонується, було апробовано при акустико-емісійному контролі металоконструкцій секцій шахтних механізованих кріплень в процесі випробувань їх на стенді СТД-2000. Для цього був використаний комплекс акусто-емісійного контролю "КОМПАС" (Радченко В.В., Кулиш В.А., Крылов Э.С., Дроздов А.В., Косарев И.В. Комплекс акустико-емісійного контролю КОМПАС. Уголь України. - 2011. - № 1. - С. 38-41 [3]) з робочою частотою п'єзоперетворювачів 20-200 кГц. Контролю підлягало перекриття кріплення типу 1КДД. 11.00.000, яке являло собою двомірний об'єкт, на якому в кутах прямокутника 1840 × 1310 мм були розташовані чотири приймальних перетворювачі.

35 Сигнали АЕ імітували імпульсним імітатором з випромінювальним перетворювачем, який встановлювали в різні місця на поверхні перекриття кріплення в межах прямокутника.

Для розрахунку координат джерел акустичної емісії використовували спеціально розроблену програму "COMPASS", яка мала модуль "Object2D" з окремою процедурою "GetAE XY1" для визначення координат джерел АЕ двомірного об'єкта за формулами (2), (4), (5). Контрольована поверхня ділилась на квадратні скінчені елементи зі стороною, яку можна було змінювати в межах 1-5 см.

40 По результатах акустико-емісійного контролю шахтних кріплень типу 1КДД. 11.00.000 похибка визначення, координат джерел АЕ не перевищувала 10-12 см, що підтверджує доцільність і ефективність корисної моделі, яка запропонована.

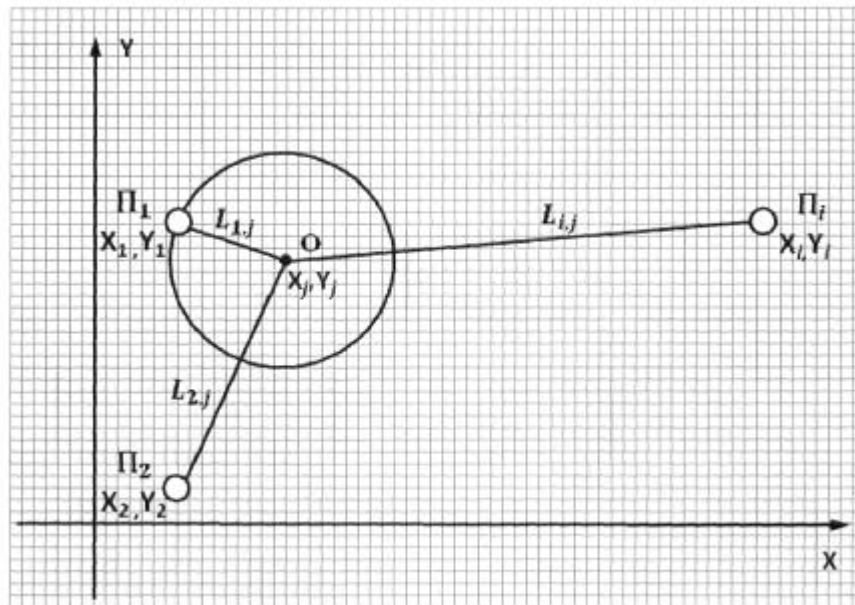
45

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

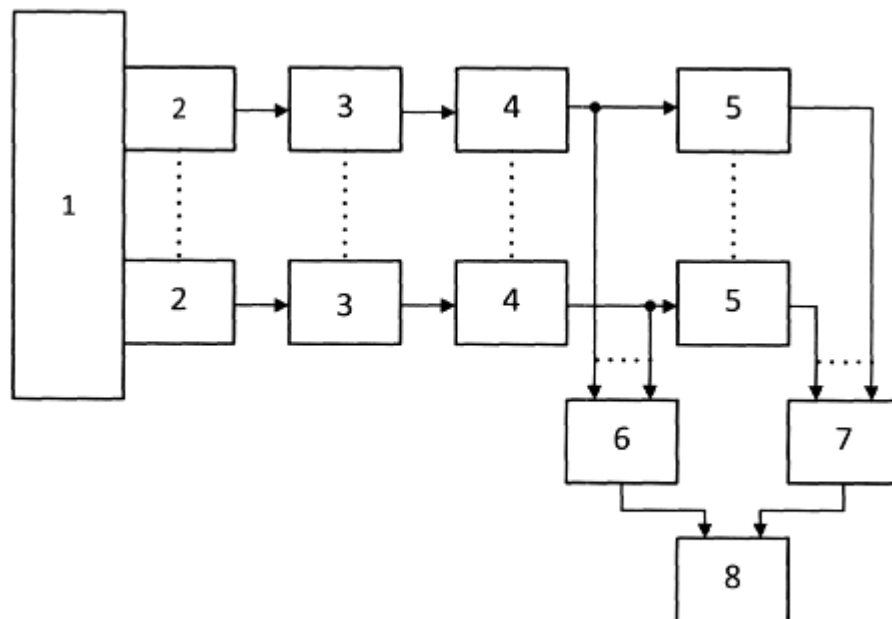
Спосіб визначення координат джерел акустичної емісії, який полягає в тім, що групою каналів з приймальними перетворювачами приймають сигнали акустичної емісії, для окремої події АЕ по кожному каналу вимірюють різницю часу приходу сигналів, об'єкт розділяють скінченими елементами, для кожного вузла об'єкта по відомих координатах приймальних перетворювачів та відомій швидкості розповсюдження ультразвукових коливань розраховують відповідні різниці часу приходу сигналів АЕ до кожного приймального перетворювача, по вимірних та розрахованих різницях часу приходу сигналів АЕ визначають координати джерела АЕ, який

50

відрізняється тим, що вимірюють амплітуду сигналів АЕ і за координати джерела АЕ приймають координати того вузла об'єкта, для якого сума квадратів різниць між виміряними і розрахунковими значеннями по кожному каналу, помножена на квадрати відповідних значень амплітуди АЕ зареєстрованої для даного каналу, є найменшою.



Фіг. 1



Фіг. 2