



УКРАЇНА

(19) UA (11) 38524 (13) U
(51) МПК (2006)
F17D 5/02 (2008.01)
G01M 3/00
G01N 29/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕЗНАХОДЖЕННЯ ВИТОКУ РІДКОГО АБО ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩ У ВИРОБАХ

1

2

(21) u200809990

(22) 01.08.2008

(24) 12.01.2009

(46) 12.01.2009, Бюл.№ 1, 2009 р.

(72) ЛУЦЬКИЙ МАКСИМ ГЕОРГІЙОВИЧ, ПОНО-
МАРЕНКО ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, УА, ФІ-
ЛОНЕНКО СЕРГІЙ ФЕДОРОВИЧ, УА(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(НАУ), УА(57) Спосіб визначення місцезнаходження витоку
рідкого або газового середовищ у виробі, що
включає встановлення на об'єкті контролю двох

датчиків, реєстрацію сигналів акустичної емісії з одночасним вимірюванням положення в часі енергетичного центра ваги пікового сигналу у взаємній кореляційній функції, за яким визначають місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробі, який **відрізняється** тим, що спочатку проводять інверсію негативної складової взаємної кореляційної функції, а потім визначають піковий сигнал, за параметрами якого визначають місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробі.

Корисна модель стосується контролю якості виробів, а саме визначення місця знаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробі, що працюють під тиском, особливо у великогабаритних виробі (газопроводи, водопроводи тощо).

Відомий, найбільш близький за технічною суттю до об'єкту, що заявляється, є спосіб визначення місцеположення свищів у виробі (див. В.П. Бабак, С.Ф. Філоненко, О.В. Пономаренко. Спосіб визначення місцеположення свищів у виробі / Патент на корисну модель №27486 (Україна). - Опубл. 12.11.2007р., бюл.№18), що включає встановлення на об'єкті контролю двох датчиків, реєстрацію сигналів акустичної емісії з одночасним вимірюванням положення в часі енергетичного центру ваги пікового сигналу у взаємній кореляційній функції, за яким визначають місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробі.

Недоліки цього способу витікають з того, що при його реалізації визначення часу затримки відбувається за часовим положенням енергетичного центру ваги пікового сигналу у взаємній кореляційній функції (ВКФ), при умові, що на датчики з затримкою прийшов один і той же сигнал з однаковою структурою, а піковий сигнал визначений у позитивній складовій ВКФ. Це відбувається тоді, коли джерело випромінювання знаходиться

на прямій лінії, що з'єднує датчики, які розташовані на контрольованому виробі на визначеній відстані один від одного. Однак, продуктопроводи, що транспортують газове або рідке середовище, крім лінійного розміру мають інший розмір - товщину або діаметр. У випадку існування наскрізного дефекту, скрізь який відбувається виток середовища, він може бути розташований у будь-якому місці по відношенню до прямої лінії, що з'єднує приймальні датчики. Іншими словами джерело випромінювання може бути розташовано на будь-якій глибині по товщині виробу. Зміщення джерела випромінювання відносно лінії, що з'єднує перетворювачі в глибокому виробі, з урахуванням дисперсії швидкості звуку, неоднорідності структури матеріалу виробу та інших факторів, приводить до виникнення фазового зсуву, зміни періоду коливач ВКФ і перерозподілу пікового сигналу ВКФ з позитивної в негативну область. Тому визначення часової затримки за енергетичним центром тяжіння пікового сигналу ВКФ тільки в позитивній області ВКФ буде приводити до виникнення похибки визначення місцезнаходження джерела акустичного випромінювання. Причому зі збільшенням розміру розташування джерела випромінювання по товщині виробу, відносно лінії з'єднання датчиків, ця похибка буде збільшуватися, а її збільшення буде відбуватися

UA (19)
38524 (11)
U (13)

за не лінійним законом. Іншими словами, в залежності від товщини або діаметру виробу і глибини залягання наскрізного дефекту відносно лінії з'єднання датчиків та відстані між датчиками похибка визначення місцезнаходження акустичного випромінювання за енергетичним центром тяжіння тільки позитивного пікового сигналу ВКФ може зростати в 1,5 - 2 рази і більше.

В основу корисної моделі покладена задача такого удосконалення способу визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробках, при якому за рахунок спочатку інверсії негативної складової взаємної кореляційної функції, а потім визначення пікового сигналу з отриманням положення в часі його енергетичного центру ваги підвищується точність та достовірність визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ. Поставлена задача вирішується тим, що у способі визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробках, що включає встановлення на об'єкті контролю двох датчиків, реєстрацію сигналів акустичної емісії з одночасним вимірюванням положення в часі енергетичного центру ваги пікового сигналу у взаємній кореляційній функції, за яким визначають місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробках, згідно винаходу, спочатку проводять інверсію негативної складової взаємної кореляційної функції, а потім визначають піковий сигнал, за параметрами якого визначають місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ у виробках.

Сукупність ознак, що заявляється, спрямована на те, щоб зменшити похибку та підвищити достовірність визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовищ, оскільки при будь-якому положенні наскрізного дефекту по товщині виробу відносно лінії, що з'єднує приймальні датчики, інверсія негативної складової взаємної кореляційної функції дозволяє однозначно визначити її піковий сигнал за параметрами якого визначають місцезнаходження наскрізного дефекту, що обумовлює збільшення точності та достовірності вимірів.

Можливість вирішення цієї задачі обумовлена наступним. Припустимо, що на об'єкті контролю розміщені два датчики, відстань між якими дорівнює L (фіг.1). При цьому в проміжку між ними на лінії, що з'єднує датчики, є джерело випромінювання сигналів акустичної емісії (наскрізний дефект), які виникають при витоку середовища. Для розрахунку взаємної кореляційної функції вважається, що сигнал першим приймає датчик 2, тобто він є базовим. Розрахунки місцезнаходження джерела випромінювання з використанням часової затримки прибуття сигналів на датчики відносно начала координат (фіг. 1) проводяться згідно виразу

$$\ell_{x0} = \frac{1}{2} + \frac{(\tau_z - T_{\max})}{2} c, \quad (1)$$

де ℓ_{x0} - відстань від початку координат "0" до джерела випромінювання (фіг. 1);

L - відстань між датчиками;

τ_z - часова затримка прибуття сигналів, яка визначається за взаємною кореляційною функцією при базовому датчику 2;

T_{\max} - максимальний час проходження сигналів між датчиками, який дорівнює $T_{\max} = L/c$;

c - швидкість розповсюдження акустичних хвиль в матеріалі виробу.

Безумовно, що при існуванні складної форми наскрізного дефекту, що приводить до розширення частотного діапазону випромінювання, а також присутність достатньо багатьох факторів (різноманітні завади, неоднорідність структури матеріалу виробу, дисперсія швидкості звуку та інші), які в кінцевому підсумку впливають на перекручення форми взаємної кореляційної функції, вимірювання часової затримки за положенням енергетичного центру ваги пікового сигналу взаємної кореляційної функції (τ_z , фіг. 2), який має однозначне визначення, приводить до збільшення точності встановлення місцезнаходження джерела випромінювання. Згідно наведених умов піковий сигнал знаходиться в позитивній складовій ВКФ (фіг. 2). При цьому негативна складова не враховується.

Реальні виробки, крім лінійного розміру мають інший розмір - товщину або діаметр. Тому джерело випромінювання може знаходитися не на лінії, що з'єднує приймальні датчики, а на деякій глибині по товщині виробу (ℓ_{x2} , фіг. 3). Таке розташування джерела випромінювання приводить, перш за все, до виникнення методичної похибки вимірювань дійсного його положення, яка в лінійній постановці задачі може бути врахована згідно виразу

$$\Delta \ell_{x0} = \ell_{x0} - 0,5 \left[\sqrt{(L + \ell_{x0})^2 + \ell_{x2}^2} - \sqrt{(L - \ell_{x0})^2 + \ell_{x2}^2} \right], \quad (2)$$

З виразу (2) слід, що похибка дорівнює нулю при наступних умовах

$$\Delta \ell_{x0} = 0 \begin{cases} \text{при } \ell_{x0} = 0 \text{ та в будь-якому } \ell_{x2}, \\ \text{при } \ell_{x2} = 0 \end{cases}$$

Якщо зростають значення ℓ_{x0} та ℓ_{x2} , то похибка зростає.

Таким чином можливо враховувати максимальну похибку, яка визначається габаритами виробу, тобто необхідно використовувати вираз (2) при відомому максимальному значенні координати ℓ_{x2} , яка дорівнює розміру виробу або його товщині. Тоді розрахункова координата джерела акустичного випромінювання з максимальною похибкою повинна мати значення $\ell_{x0} \pm \Delta \ell_{x0}$. При цьому $\Delta \ell_{x0}$ розраховується з урахуванням максимального розміру виробу по товщині. Це виконується тоді, коли достовірно визначена часова затримка прибуття сигналів на датчики, тобто достовірно визначено піковий сигнал взаємної кореляційної функції та часове положення його енергетичного центру ваги.

Однак розташування джерела випромінювання по товщині виробу, з урахуванням не лінійних процесів розповсюдження акустичних хвиль та впливу різних факторів, приводить до того, що відбувається перерозподіл пікового сигналу у взаємної кореляційної функції з позитивної

до негативної складової взаємної кореляційної функції (фіг. 4, а). Мова йде про абсолютне значення амплітуди пікового сигналу взаємної

кореляційної функції, тобто $|K_{\max 2}| > K_{\max 1}$. Не врахування негативної складової взаємної кореляційної функції приводить до того, що при визначенні місцезнаходження джерела випромінювання за часовим положенням енергетичного центра ваги тільки позитивного пікового сигналу виникає додаткова похибка Δl_{x0} . Це обумовлено не достовірним визначенням самого пікового сигналу у взаємної кореляційної функції, тобто за рахунок різниці часових положень енергетичних центрів ваги $\Delta \tau_z = |\Delta \tau_{z2} - \Delta \tau_{z1}|$ пікових сигналів В і А в негативній і позитивній складових ВКФ (фіг. 4, б).

В даному випадку розрахункова координата джерела акустичного випромінювання з максимальною похибкою буде мати значення $l_{x0} \pm \Delta l_{x0} \pm \Delta l_{x0}$. Однак, якщо проводити інверсію негативної складової (фіг. 4, б), то піковий сигнал в ВКФ буде мати однозначне визначення. Годі за часовим положенням його енергетичного центру ваги однозначно визначається і часова затримка з відсутністю похибки невизначеності пікового сигналу, тобто додаткової похибки Δl_{x0} розрахунку місцезнаходження джерела акустичного випромінювання.

Таким чином, не виникає сумнівів, що використання спочатку інверсії негативної складової ВКФ, а потім визначення пікового сигналу, за яким визначають часове положення енергетичного центру ваги, є ефективним засобом визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовища в об'єктах контролю.

Спосіб проілюстровано на фіг. 1, фіг. 2, фіг. 3, фіг. 4. На фіг. 1 наведено загальну схему визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовища при розташуванні джерела випромінювання на лінії, що з'єднує приймальні датчики: L - відстань між датчиками, встановленими на об'єкті контролю; 0 - початок координат; l_{x0} - відстань від початку координат "0" до джерела випромінювання при базовому датчику 2, яка визначається за виразом (1); c - швидкість розповсюдження акустичних хвиль в матеріалі виробу. На фіг. 2 наведено взаємна кореляційна функція, за позитивною складовою пікового сигналу якої визначається часове положення енергетичного центру ваги: K_{\max} - пікова амплітуди позитивної складової взаємної кореляційної функції; τ_z - часове положення енергетичного центру ваги пікового сигналу позитивної складової ВКФ. На фіг. 3 наведено загальну схему визначення місцезнаходження витоку рідкого або газового середовища при розташуванні джерела випромінювання по товщині виробу відносно лінії, що з'єднує приймальні датчики: L - відстань між датчиками, встановленими на об'єкті контролю; 0 - початок координат; l_{x0} - відстань від початку координат "0" до джерела випромінювання при базовому датчику 2, яка визначається за виразом (1); c - швидкість розповсюдження акустичних хвиль в матеріалі виробу; l_{x2} - відстань між лінією, що

з'єднує приймальні датчики та місце розташування джерела витоку рідкого або газового середовища по товщині виробу. На фіг. 4 наведено взаємні кореляційні функції: а - вихідна взаємна кореляційна функція: $K_{\max 1}$ - пікова амплітуди позитивної складової взаємної кореляційної функції; $K_{\max 2}$ - пікова амплітуди негативної складової взаємної кореляційної функції; б - взаємна кореляційна функція після інверсії негативної складової вихідної взаємної кореляційної функції: А, В - відповідно, пікові сигнали позитивної та негативної складових взаємної кореляційної функції; $K_{\max 1}$, $K_{\max 2}$ - відповідно, пікові амплітуди позитивної та негативної складових взаємної кореляційної функції; τ_{z1} , τ_{z2} - відповідно, часові положення енергетичних центрів ваги пікових сигналів позитивної та негативної складової взаємної кореляційної функції; $\Delta \tau_z = |\Delta \tau_{z2} - \Delta \tau_{z1}|$ - абсолютне значення різниці часових положень енергетичних центрів ваги негативної та позитивної складових взаємної кореляційної функції.

Приклад конкретної реалізації способу, що заявляється.

Визначалося місцезнаходження свища, який утворився в трубі, що знаходилась під тиском повітря. Свищ мав неправильну форму наскрізного дефекту. Діаметр труби складав 500мм, товщина стінки - 10мм. Труба була виготовлена зі сталі 0Х18Н10Т. Швидкість звуку в матеріалі труби складає 5120м/с. Тиск повітря в трубі становив 8 атмосфери. На трубі були встановлені два датчика, згідно фіг. 1, між якими знаходився свищ. Відстань L між датчиками складала 50м, а відстань l_{x0} від початку координат "0" до свища становила 24м. Він був розташований на відстані 500мм від лінії, що з'єднує датчики, по товщині виробу, тобто на зворотній стороні труби від лінії, що з'єднує датчики. При витоку скрізь свищ повітря утворювалось випромінювання сигналів акустичної емісії, які реєструвались за допомогою датчика 1 і датчика 2 з наступною їх обробкою. При цьому обробка виконувалась у двох випадках. В першому випадку, вимірювання часової затримки за часовим положенням енергетичного центру ваги пікового сигналу позитивної складової взаємної кореляційної функції з подальшим визначенням місцезнаходження свища, згідно виразу (1), з урахуванням систематичної похибки на глибину розташування джерела випромінювання по товщині виробу, згідно виразу (2). У другому випадку, вимірювання часової затримки за часовим положенням енергетичного центру ваги пікового сигналу з інвертованою складовою взаємної кореляційної функції, згідно виразу (1), з урахуванням систематичної похибки на глибину розташування джерела випромінювання по товщині виробу, згідно виразу (2). Вимірювання проводились в нормальних кліматичних умовах. Абсолютне значення систематичної похибки визначення місцезнаходження джерела випромінювання складає $\pm 0,06$ м. Статистична обробка результатів вимірювань показала, що у першому випадку відносно початку координат "0" місцезнаходження свища становило $l_{x0} = 23,1 \pm 0,082$ м, а з урахування

