

УКРАЇНА



# ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 79972

**СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ  
МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ**

Видано внаслідок Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі"

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 13.05.2013.

Голова Державної служби  
інтелектуальної власності України

М.В. Ковчія



(19) UA

(51) МПК  
G01B 17/02 (2006.01)

(21) Номер заявки: u 2012 12606

(22) Дата подання заявки: 05.11.2012

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 13.05.2013

(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: 13.05.2013, Бюл. № 9

(72) Винахідники:  
Куц Юрій Васильович, UA,  
Найда Володимир Львович,  
UA,  
Олійник Юрій Анатолійович,  
UA,  
Монченко Олена  
Володимирівна, UA

(73) Власник:  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
пр. Комарова, 1, м. Київ,  
03680, UA

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб ультразвукового вимірювання товщини матеріалів та виробів, що включає формування акустичного зонduючого сигналу, введення його в об'єкт контролю (ОК), приймання сигналу після його поширення в ОК, визначення фазових характеристик зонduючого і відбитого сигналів, обчислення товщини об'єкту за часом затримки сигналу та відомою швидкістю поширення сигналу, який відрізняється тим, що для формування акустичного зонduючого сигналу використовують фазоманіпульований радіоімпульсний сигнал, а затримку поширення сигналу вимірюють як різницю часових положень стрибків фазових характеристик зонduючого та відбитого сигналів.

(11) 79972

Пронумеровано, прошито металевими  
люверсами та скріплено печаткою  
2 арк.  
13.05.2013



Уповноважена особа

(підпис)



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **79972** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01B 17/02** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2012 12606</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>05.11.2012</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>13.05.2013</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>13.05.2013, Бюл.№ 9</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Куц Юрій Васильович (UA), Найда Володимир Львович (UA), Олійник Юрій Анатолійович (UA), Монченко Олена Володимирівна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)</b></p>
---	--

**(54) СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИМІРЮВАННЯ ТОВЩИНИ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ**

(57) Реферат:

Спосіб ультразвукового вимірювання товщини матеріалів та виробів включає формування акустичного зонduючого сигналу за допомогою фазоманіпульованого радіоімпульсного сигналу, а затримку поширення сигналу вимірюють як різницю часових положень стрибків фазових характеристик зонduючого та відбитого сигналів.

**UA 79972 U**

Корисна модель належить до луна-імпульсної ультразвукової товщинометрії і призначена для прецизійного вимірювання товщини матеріалів та виробів.

Відомий спосіб луна-імпульсної ультразвукової товщинометрії, що включає формування зондуємого радіоімпульсного сигналу, введення його в об'єкт контролю (ОК), приймання донного сигналу після його проходження через ОК, обчислення товщини ОК за відомою швидкістю поширення сигналу в ОК та часом поширення, який визначається за затримкою між обвідними зондуємого та донного сигналів [1].

Недоліком даного способу є наявність значної похибки, яка пов'язана з кінцевою тривалістю ультразвукового імпульсу і залежить від періоду коливань. В результаті дії випадкових чинників вимірювання часу поширення сигналу може бути виконано з похибкою що може сягати періоду коливань. Для зменшення похибки вимірювання за цим способом підвищують крутість фронту зондуємих імпульсів, що потребує розширення смуги частот, що, в свою чергу, призводить до зниження чутливості [2].

Найбільш близьким аналогом до корисної моделі, що заявляється, є спосіб луна-імпульсної ультразвукової товщинометрії, що включає формування акустичного зондуємого радіоімпульсного сигналу, введення його в ОК, приймання сигналу після його поширення в об'єкті, обчислення його товщини за часом затримки сигналу та відомою швидкістю поширення, у якому визначається фазова характеристика суми зондуємого і відбитого сигналу, а затримка поширення сигналу в ОК вимірюється за часовим положенням спотворення фазової характеристики сигналу (ФХС), яке виникає внаслідок накладання зондуємих та відбитих радіоімпульсів [3].

Цей спосіб має обмеження, пов'язані зі співвідношенням між вимірюваною товщиною матеріалу й тривалістю зондуємого імпульсу. Вимірювання затримки по ФХС, у цілому, дозволяє підвищити точність вимірювання, однак, за певних умов, чутливість цього способу залежить від співвідношення фаз зондуємого і відбитого сигналів, а також товщини ОК і тривалості сигналу, що вимагає додаткового підстроювання частоти сигналу для кожного ОК.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб ультразвукового вимірювання товщини матеріалів та виробів.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб ультразвукового вимірювання товщини матеріалів та виробів включає формування акустичного зондуємого сигналу, введення його в ОК, приймання сигналу після його поширення в ОК, визначення фазових характеристик зондуємого і відбитого сигналів, обчислення товщини об'єкту за часом затримки сигналу та відомою швидкістю поширення сигналу, у якому згідно з корисною моделлю формують фазоманіпульований акустичний зондуємих сигнал, а затримку поширення сигналу вимірюють як різницю часових положень стрибків фазових характеристик зондуємого та відбитого сигналів.

Введення і отримання ультразвукового сигналу з ОК відбувається за допомогою суміщеного п'єзоелектричного перетворювача.

На фіг. 1. зображено блок-схему пристрою, який реалізує запропонований спосіб і який містить: 1- програмований генератор сигналів, 2 - суміщений п'єзоелектричний перетворювач П211-5-П20, 3 - одноканальний дефектоскоп Socomate USPC 3100 LA, 4 - персональний комп'ютер, 5 - блок математичного забезпечення.

На фіг. 2 зображено типові сигнали ультразвукової товщинометрії: фіг. 2.а - зондуємих та відбитий сигнали; фіг. 2.б, в - графік розрахованої фазової характеристики сигналу  $\tilde{\Phi}(t)$  та її похідної  $\frac{\partial \tilde{\Phi}(t)}{\partial t}$ ; фіг. 2.г - графік обвідної  $A(t)$  сигналу  $u(t)$ ; фіг. 2.д - графік функції  $\frac{\partial \tilde{\Phi}(t)}{\partial t}$  стробованої за обвідною  $A(t)$ .

Спосіб реалізується на прикладі відомих функціональних блоків та пристроїв (див. фіг. 1). Генератором 1 формують фазоманіпульований радіоімпульсний сигнал виду

$$u(t) = \begin{cases} U \sin 2\pi f t, & t \in [0, \tau_1] \\ -U \sin 2\pi f t, & t \in [\tau_1, \tau_2] \\ 0, & t \notin [\tau_1, \tau_2] \end{cases}, \quad (1)$$

де  $U$  - амплітуда сигналу,  $f$  - частота заповнення радіоімпульсу,  $\tau_1$  - момент маніпуляції фази,  $\tau_2$  - тривалість радіоімпульсу,  $T_n$  - період повторення радіоімпульсів.

Сигнал  $u(t)$  подають на суміщений п'єзоелектричний перетворювач 2, який перетворює електричний сигнал в акустичний. Прийнятий після поширення в ОК акустичний сигнал перетворюють тим же перетворювачем 2 в електричний і подають на дефектоскоп 3. Останній формує вибірки зондуємого і відбитого сигналів і передає їх для аналізу та подальшої обробки в

блок 4. Алгоритм обробки та відтворення отриманих результатів виконують за допомогою математичного забезпечення 5.

ФХС визначають за допомогою перетворення Гільберта [4] за формулою:

$$\tilde{\Phi}(t) = \arctg \frac{\hat{u}(t)}{u(t)} + K[u(t), \hat{u}(t)], \quad (2)$$

де  $K$  - оператор, що усуває стрибки фази в точках переходу через границі інтервалів  $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ . Якщо використовується радіоімпульсний зонduючий сигнал з гармонічною несучою, фазова характеристика неспотвореного сигналу є лінійною функцією часу виду  $\Phi(t) = 2\pi ft + \varphi_n$ ,  $\varphi_n$  - початкова фаза.

Після фазової маніпуляції фазова характеристика такого сигналу містить стрибок у момент часу, який відповідає виконанню маніпуляції. Цей момент оцінюють за положенням у часі максимуму похідної  $\frac{\partial \tilde{\Phi}(t)}{\partial t}$ .

Додатково виконують стробування ФХС за обвідною аналізованого сигналу (фіг. 2 г, д).

$$A(t) = \sqrt{u(t)^2 + \hat{u}(t)^2}, \quad (3)$$

Викладене вище підтверджують експериментальні результати, отримані за допомогою пристрою (фіг. 1), отримані під час вимірювання товщини.

З графіка (фіг.2 а-д) видно, що часове положення стрибків фаз відповідають моментам приймання зонduючого та відбитого імпульсів. Таким чином, визначаючи часове положення стрибків фаз зонduючого та відбитого сигналів, можна визначити  $\tau_n$  - час поширення

ультразвукового сигналу в ОК. Невідома товщина ОК розраховується за формулою  $d = \frac{v\tau_n}{2}$ , де  $v$  - швидкість поширення сигналу в ОК.

Даний спосіб дає можливість прецизійного вимірювання товщини матеріалів та виробів.

Джерела інформації:

1. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. - М. Машиностроение 1981. - 240 с., ил. - (Библиотека приборостроителя). - 173 с.

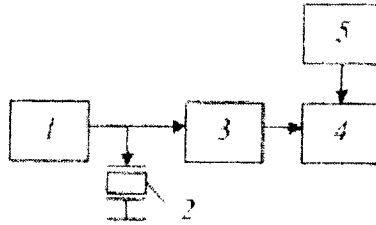
2. Неразрушающий контроль. В 5 кн. Кн. 2. Акустические методы контроля: Практ. пособие / И.Н. Ермолов, Н.П. Алешин, А.И. Потапов; Под ред. В.В. Сухорукова. - М: Высш. шк, 1991 - 283 с.: ил. - 236 с - 237 с.

3. Куц Ю.В., Єременко Б.С., Монченко О.В. Спосіб ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів. - Патент №18441, МПК G01B 17/00. - u200604354; Заявлено 18.04.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.-3 с.

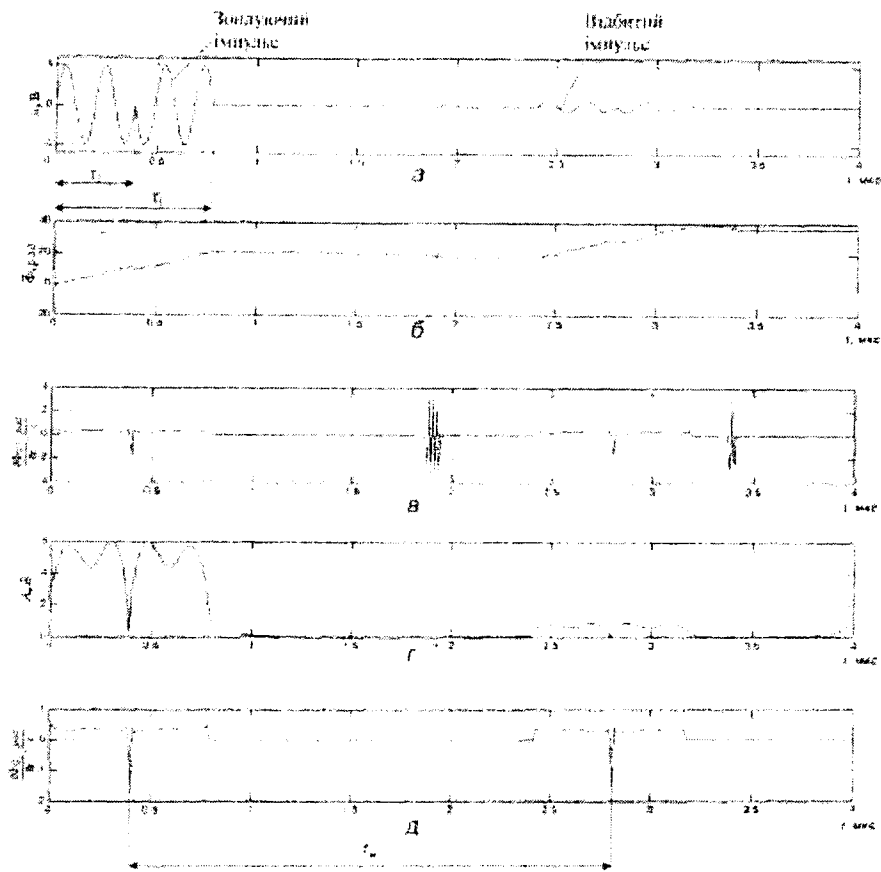
4. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 540 с - 471 с.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб ультразвукового вимірювання товщини матеріалів та виробів, що включає формування акустичного зонduючого сигналу, введення його в об'єкт контролю (ОК), приймання сигналу після його поширення в ОК, визначення фазових характеристик зонduючого і відбитого сигналів, обчислення товщини об'єкту за часом затримки сигналу та відомою швидкістю поширення сигналу, який **відрізняється** тим, що для формування акустичного зонduючого сигналу використовують фазоманіпульований радіоімпульсний сигнал, а затримку поширення сигналу вимірюють як різницю часових положень стрибків фазових характеристик зонduючого та відбитого сигналів.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка В. Мацело

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