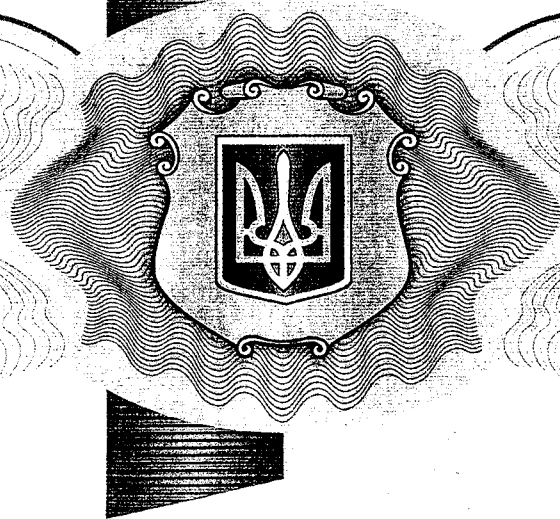


УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 54323

**СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
ТОВЩИНИ БАГАТОШАРОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ**

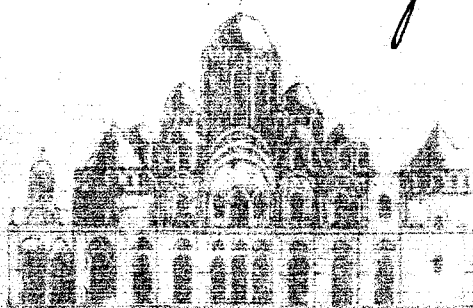
Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні моделі 10.11.2010.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

A handwritten signature in black ink, appearing to read "M.V. Paladiy".

М.В. Паладій



(21) Номер заявки: **u 2010 03644**
(22) Дата подання заявки: **30.03.2010**
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.11.2010**
(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **10.11.2010, Бюл. № 21**

(72) Винахідники:
**Єременко Володимир
Станіславович, UA,
Куц Юрій Васильович, UA,
Монченко Олена
Володимирівна, UA,
Суслов Євгеній Федорович,
UA**

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

(54) Назва корисної моделі:

**СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТОВЩИНИ БАГАТОШАРОВИХ МАТЕРІАЛІВ
ТА ВИРОБІВ**

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів, що включає формування акустичного зонduючого радіоімпульсного сигналу, введення його в об'єкт, визначення його товщини за часом затримки сигналу та відомою швидкістю розповсюдження, який відрізняється тим, що вимірюють миттєву частоту прийнятого сигналу, а затримку розповсюдження сигналу в об'єкті контролю визначають за часовим положенням стрибка миттєвої частоти в момент накладання зонduючого та донного сигналів.

(11) 54323

Пронумеровано, прошито металевими
люверсами та скріплено печаткою
2 арк.
10.11.2010



Уповноважена особа

(підпис)



УКРАЇНА

(19) UA (11) 54323 (13) U
(51) МПК (2009)
G01B 17/00МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТОВЩИНИ БАГАТОШАРОВИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИРОБІВ

1

2

(21) u201003644

(22) 30.03.2010

(24) 10.11.2010

(46) 10.11.2010, Бюл.№ 21, 2010 р.

(72) ЄРЕМЕНКО ВОЛОДИМИР СТАНІСЛАВОВИЧ,
КУЦЬ ЮРІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, МОНЧЕНКО ОЛЕНА
ВОЛОДИМИРІВНА, СУСЛОВ ЄВГЕНІЙ ФЕДОРОВИЧ

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) Спосіб ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів, що вклю-

чає формування акустичного зонduючого радіоімпульсного сигналу, введення його в об'єкт, визначення його товщини за часом затримки сигналу та відомою швидкістю розповсюдження, який відрізняється тим, що вимірюють миттєву частоту прийнятого сигналу, а затримку розповсюдження сигналу в об'єкті контролю визначають за часовим положенням стрибка миттєвої частоти в момент накладання зонduючого та донного сигналів.

Корисна модель відноситься до лунаімпульсної ультразвукової товщинометрії і призначена для вимірювання товщини в композиційних та багат шарових конструкціях з різними акустичними характеристиками шарів.

Відомий спосіб луна-імпульсної ультразвукової товщинометрії, що включає формування зонduючого радіоімпульсного сигналу, введення його в об'єкт контролю (ОК) через ультразвукову лінію затримки (ЛЗ), прийом донного сигналу після його проходження через ОК та ЛЗ, визначення його обвідної, обчислення товщини ОК по відомій швидкості розповсюдження сигналу в ОК та ЛЗ та часу розповсюдження сигналу в ОК, який визначається по затримці між обвідними зонduючого та донних сигналів [1].

Найбільш близьким по технічній суті до способу, що заявляється, є спосіб ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів, що містить формування акустичного зонduючого радіоімпульсного сигналу, введення його в ОК, приймання сигналу після його розповсюдження в об'єкті, обчислення його товщини по часу затримки сигналу та відомій швидкості розповсюдження, у якому згідно з корисною моделлю визначається фазова характеристика суми зонduючого і відбитого сигналу, а затримка розповсюдження сигналу в ОК вимірюється по часовому положенню спотвореної фазової характеристики сигналу (ФХС) [2]. Недоліком вказаного способу є часова похибка визначення моменту

збурення ФХС пов'язана із швидкістю зміни ФХС, яка в свою чергу залежить від фазового зсуву між зонduючим і прийнятим сигналами та відношення їх амплітуд.

В основу способу, що заявляється, покладено задачу підвищення точності ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів шляхом визначення миттєвої частоти суми зонduючого і донних сигналів та виявленням її збурення забезпечити вимірювання товщини багат шарових об'єктів з плоско-паралельним шарами.

Спосіб ультразвукового вимірювання товщини багат шарових матеріалів та виробів, що включає формування акустичного зонduючого радіоімпульсного сигналу, введення його в об'єкт, визначення його товщини за часом затримки сигналу та відомою швидкістю розповсюдження. Згідно з винаходом вимірюється миттєва частота суми зонduючого та прийнятого сигналів, а затримка розповсюдження сигналу в об'єкті контролю визначення за часовим положенням стрибка послідовності значень миттєвої частоти.

На Фіг.1 зображено типові сигнали ультразвукової товщинометрії: Фіг.1а зонduючий, Фіг.1б донний, Фіг.1в суперпозиція зонduючого і донного сигналів, де на інтервалі $t \in (0,04; 0,11)$ відбувається накладання донного сигналу на зонduючий. Миттєву частоту сигналу визначають за допомогою так званого аналітичного сигналу, який утворюється з вихідного дійсного сигналу $P(t)$ і являє собою ком-

(13) U

(11) 54323

(19) UA

плексний сигнал $G(t)=P(t)+j\tilde{P}(t)$, дійсна частина якого є вихідним сигналом, а уявна частина - Гільберт образом цього сигналу [3]

$$\tilde{P}(t) = H[P(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{P(\tau)}{\pi(t-\tau)} d\tau.$$

Даний комплексний сигнал представляють в полярних координатах як:

$$G(t)=A(t)\cdot\exp[jQ(t)],$$

де $A(t)$ і $Q(t)$ відповідно модуль та аргумент аналітичного сигналу. Функція $A(t)$ описує огинаючу вихідного сигналу $X(t)$

$$A(t) = \sqrt{r^2(t) + \tilde{r}^2(t)}$$

а функція $Q(t)$ задає миттєву фазу сигналу в залежності від часу $Q(t) = \arctg \left[\frac{\tilde{P}(t)}{P(t)} \right]$.

Миттєва фаза визначена лише на інтервалі $\left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$ тому для розрахунку повної кумулятивної фази застосовують перетворення наступного вигляду:

$$Q(t) = \arctg \left[\frac{\tilde{P}(t)}{P(t)} \right] + \frac{\pi}{2} \left[2 - \text{sign} \tilde{P}(t) (1 + \text{sign} \tilde{P}(t)) \right].$$

Розрахунок миттєвої частоти сигналу виконують за формулою

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \frac{dQ(t)}{dt}.$$

Блок схема пристрою, що реалізує запропонований спосіб аналогічна схемі представлений у [2] і зображена на Фіг.2. Схема містить у собі 1 - генератор синусоїдальних коливань Г4-102, 2 - формувач радіоімпульсного сигналу, 3 - підсилювач потужності, 4 - суміщений п'єзоелектричний перетворювач П111-5.0-К3-001, 5 - цифровий осцилограф GDS-840S, 6 - персональний комп'ютер, 7 - блок магнетичного забезпечення.

Для радіоімпульсного зонduючого сигналу з гармонічною несучою миттєва частота лишається незмінною на всій тривалості його існування, однак при суміщенні в часі зонduючого і донного сигналів миттєва частота $f(t)$ суперпозиції сигналів має стрибок у точці накладання. Як видно з Фіг.3 на інтервалі часу $t \in [0,04; 0,041]$ миттєва частота стрибкоподібно змінюється на ≈ 12 Гц. Таким чином, визначаючи часове положення стрибка частоти виконується визначення $\tau_{роз}$ - час розповсюдження ультразвукового сигналу в ОК. Невідома товщина ОК розраховується за форму-

лою $d = \frac{v\tau_{роз}}{2}$, де v - швидкість поширення ультразвукових коливань в середовищі.

В прототипі початковий момент приходу відбитого сигналу визначають по стрибку фазової характеристики, що оцінюється за різницевою функцією $\delta Q(t) = \tilde{Q}(t) - Q(t)$ (Фіг.4), де $\tilde{Q}(t)$ - фазова характеристика суміші зонduючого і прийнятих сигналів, $Q(t) = 2\pi ft$ - фазова характеристика несучої зонduючого радіоімпульсу.

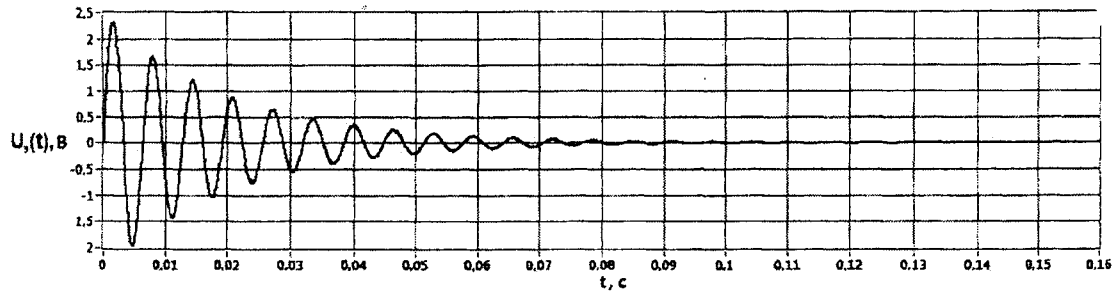
Швидкість наростання $\delta Q(t)$ в момент накладання зонduючого і донного сигналів значно поступається швидкості зміни миттєвої частоти $f(t)$, особливо, при малих значеннях фазових зсувів. Внаслідок цього виникає часова похибка Δt_1 , яка залежить не тільки від фазового зсуву між зонduючим і донним сигналом, але й від відношення їх амплітуд.

На Фіг.5, як приклад, показано графіки залежності похибки Δt_1 від фазового зсуву ϕ між зонduючим та донним сигналами на проміжку часу рівному одному періоду несучої частоти зонduючого сигналу при співвідношенні амплітуд зонduючого та донного сигналів $10/1$, де пунктирною лінією показано похибку визначення моменту часу $\tau_{роз}$ за допомогою стрибка фазової характеристики, а неперервною - за допомогою стрибка миттєвої частоти.

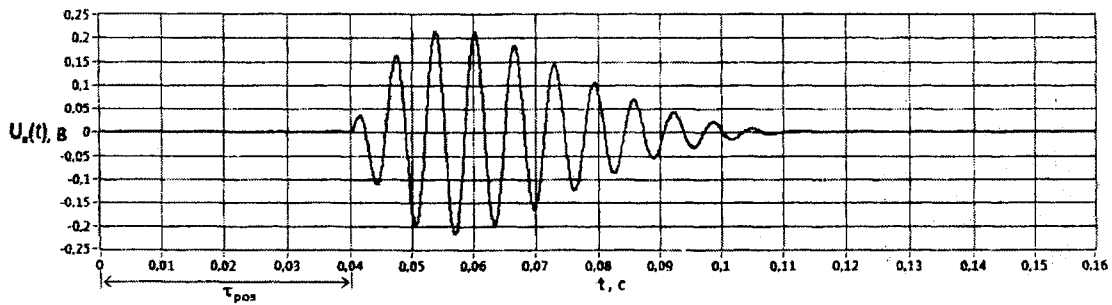
З графіка на Фіг.5 видно, що у всьому інтервалі значень, в областях з малими фазовими зсувами між зонduючим та донним сигналами максимальні значення похибки Δt_1 для способу визначення моменту приходу донного сигналу за допомогою стрибка миттєвої частоти в 3,5-4 рази менше за похибку для способу визначення цього моменту за допомогою стрибка ФХС.

Джерела інформації

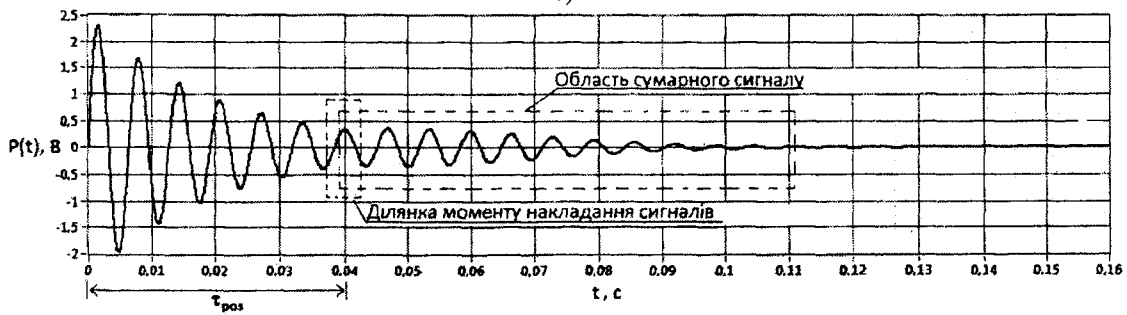
1. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. М.: Машиностроение 1981. - 240с., ил. - (Библиотека приборостроителя). -173с.
2. Пат. 18441 Україна МПК G 01 B 17/00 Спосіб ультразвукового вимірювання товщини багатотварових матеріалів та виробів / В.С. Єременко, Ю.В. Куц, О.В. Монченко - №u200604354; заявлено 18.04.2006р. Опуб. 15.11.2006р., Бюл. №11.
3. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 540С. 471с.



а)

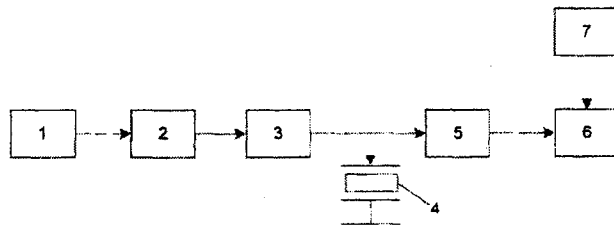


б)

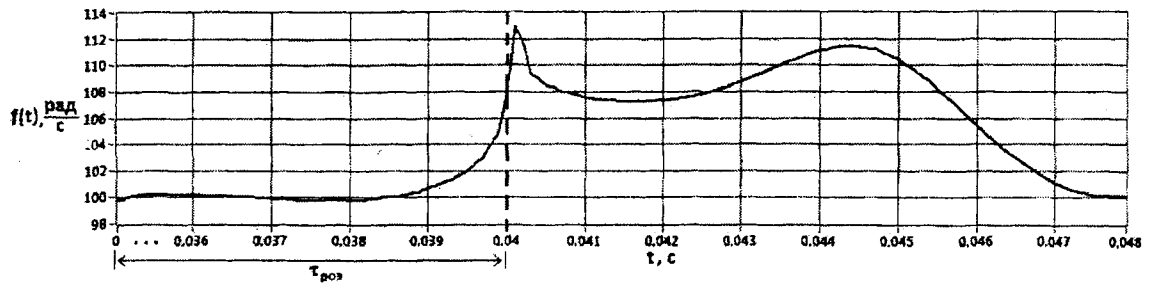


в)

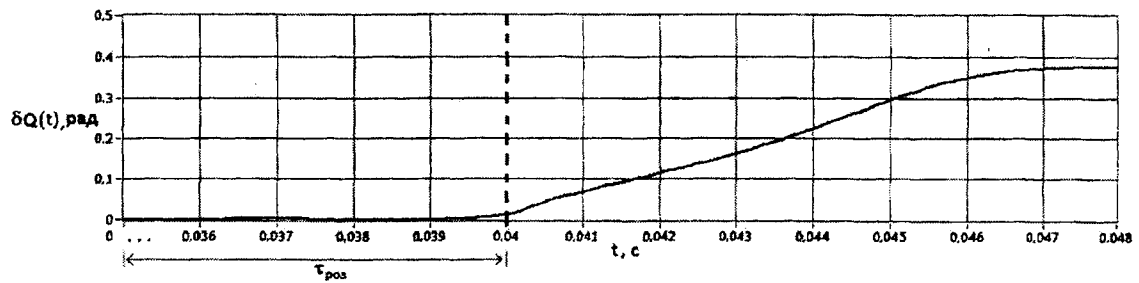
Фіг.1



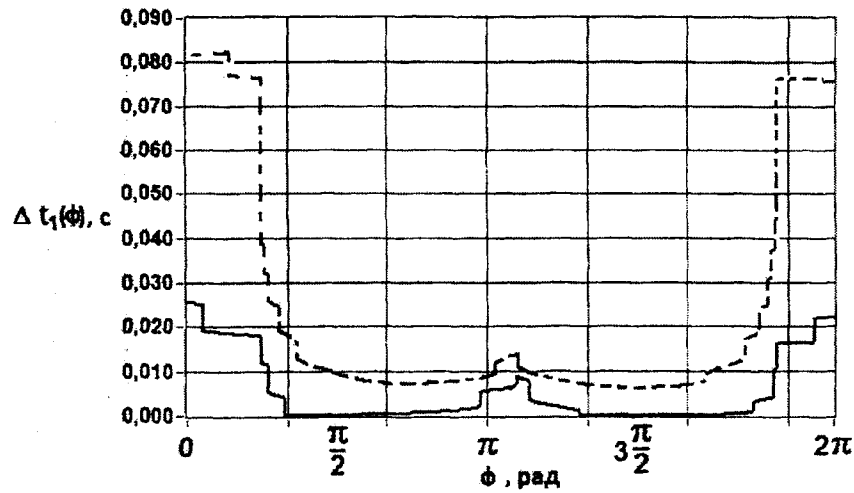
Фіг.2



Фіг.3



Фіг.4



Фіг.5