

Винахід відноситься до неруйнівних випробувань матеріалів і будівель та може бути використаний для визначення їх фізико-механічних властивостей.

Актуальність запропонованого винаходу полягає у тому, що в промисловості застосовують цифрові вимірювачі швидкості пружних хвиль. А, як відомо, вони реєструють не момент вступу хвилі, а момент досягнення фронтом хвилі деякого рівня (наприклад, рівень перемикавання триггеру). Таким чином, для точного вимірювання швидкості необхідно скорегувати виміряний час розповсюдження пружних хвиль. На розв'язок цієї задачі і спрямований спосіб, який пропонується.

Відомий спосіб визначення початку відліку при вимірюванні часу розповсюдження акустичних хвиль в матеріалі (а.с.СРСР №1035504 МКВ⁴ G01N29/00, G01H5/00, яке надрук. 15.08.83р.), яке полягає в тому, що випромінюють та приймають акустичний сигнал, перетворюють його в електричний, встановлюють два рівня електричного сигналу, які однакові за значенням і протилежні за знаком та визначають початок відліку прийому акустичного сигналу шляхом зменшення часу досягнення фронтом електричного сигналу першого рівня на час корекції, який визначають як половину інтервалу часу зміни сигналу від першого до другого рівня.

Недоліком цього способу є те, що його можна застосувати тільки для сигналів, у котрих перша та друга півхвилі однакові. Але під час імпульсного збудження акустичних хвиль ця умова не виконується. Тому спосіб дає огріхи.

Найбільш близьким по технічній суті до способу, який заявляється, є спосіб коректування початку відліку при вимірюванні часу розповсюдження акустичних хвиль в матеріалі (а.с.СРСР №945667, МКВ³ G01N29/00, G01H5/00, яке надрук. 11.12.80р.), яке полягає в тому, що фіксують час прийому акустичного сигналу по досягненню першого встановленого рівня, фіксують час прийому акустичного сигналу по досягненню другого встановленого рівня, який перевищує перший у два рази та коректують початок відліку часу прийому акустичного сигналу зменшенням його на проміжок часу, за який досягаються сигналом встановлені рівні.

Очевидно, що цей спосіб базується на лінійній апроксимації фронту сигналу, який приймають. Ця апроксимація вірна для

$$t \sim \varepsilon(0) \quad (1)$$

де t - час, $\varepsilon(0)$ - мала область поблизу нуля.

Перший рівень можна встановити таким, щоб виконувалася умова (1). Але другий рівень привносить більше відхилення від умови (1). Це пов'язано, наприклад, із зменшенням амплітуди сигналу. Таким чином, недоліком цього способу є помилка, яка виникає і збільшується при зменшенні амплітуди сигналу, особливо в середовищах з великим поглинанням, наприклад, в ґрунтах.

Технічною задачею, яку вирішує винахід, є підвищення достовірності у визначенні фізико-механічних властивостей матеріалів та при проведенні дефектоскопії будівельних споруд, що приводить до покращення якості будівництва і реконструкції споруд.

Суть способу вимірювання часу розповсюдження акустичних коливань в матеріалах полягає в тому, що в матеріал, який досліджують, випромінюють акустичні коливання, приймають їх після проходження через матеріал, встановлюють два рівня електричного сигналу, вимірюють час досягнення переднім фронтом прийнятого коливання першого рівня та визначають час корекції. При цьому другий рівень встановлюють рівним амплітуді першої півхвилі сигналу. Час розповсюдження акустичних коливань визначають за формулою

$$t = t_1 - \frac{U_1}{U_2 \cdot \omega}, \quad (2)$$

де t_1 - час досягнення переднім фронтом першого рівня; U_1, U_2 - перший та другий рівні електричного сигналу; ω - циклічна частота сигналу.

Операцію „другий рівень встановлюють рівним амплітуді першої півхвилі сигналу” на практиці можна здійснити по-різному. Наприклад, 1) вимірюють амплітуду першої півхвилі сигналу, а величину другого рівня вважають рівною амплітуді першої півхвилі. Або, 2) прийнятий сигнал підсилюють підсилювачем з автоматичним регулюванням підсилення, який встановлює амплітуду першої півхвилі сигналу рівною величині другого рівня (такий підсилювач застосовується в приладі УК-10ПМС).

Креслення пояснюють суть винаходу. На фіг.1 показана перша півхвиля двох сигналів, які відрізняються тільки амплітудами ($U_M > U'_M$) U_1 та U_2 стали рівні, по досягненню яких першою півхвилею сигналу відбувається вимірювання часу розповсюдження сигналу. Відповідно до прототипу $U_2 = 2U_1$, $\varepsilon(0)$ - мала область поблизу нуля, в межах якої має місце лінійна апроксимація синусоїди. t_1 - час зміни сигналу з амплітудою U_M від 0 до U_1 ; t_2 - те ж від U_1 до U_2 ; t_1' - час зміни сигналу з амплітудою U'_M від 0 до U_1 ; t_2' - те ж від U_1 до U_2 . На фіг.2 показаний фрагмент сигналу, який приймається. Нуль осі часу відповідає моменту випромінювання. U_1 - рівень реєстрації часу розповсюдження сигналу. U_2 - рівень, який відповідає амплітуді першої півхвилі. t - час між моментом випромінювання та вступом сигналу в точку прийому, t_1 - час між моментом випромінювання та моментом досягнення фронтом сигналу рівня U_1 ; t_0 - час корекції. На фіг.3 показаний фрагмент сигналу, який реєструється. Нуль осі часу поміщено у точку прийому. Пунктирною лінією показано синусоїду, першою півхвилею якої є перша півхвиля прийнятого сигналу. Показана також пряма, яка апроксимує передній фронт сигналу, який приймається. Рівні U_1 та U_2 такі ж як і на фіг.2. На фіг.4 показана залежність помилки лінійної апроксимації переднього фронту сигналу, який приймається від рівня реєстрації (за умови одиничної амплітуди першої півхвилі).

Спосіб, який пропонується базується на лінійній апроксимації переднього фронту сигналу, який реєструється. На фіг.4 показана залежність помилки лінійної апроксимації переднього фронту від рівня реєстрації (тобто, рівня U_1) за умови одиничної амплітуди першої півхвилі. Помилка стає більшою 1%, починаючи з рівня 0,25. Тому рівень U_1 необхідно встановлювати, наскільки це можливо, менше рівня U_2 , але все ж більшим рівня шумів.

Відмінність способу, який пропонується, полягає в тому, що другий рівень встановлюють рівним амплітуді першої півхвилі сигналу, а час розповсюдження акустичних хвиль визначають за формулою (2). Це дозволяє точніше визначати початок відліку акустичної хвилі, оскільки більш точніше може бути виконана умова (1), тому що використовується тільки один рівень реєстрації (рівень U_1). А другий рівень, який дорівнює амплітуді першої півхвилі сигналу, використовується для підрахунку часу корекції. Крім того, завдяки застосуванню формули (2) виключаються додаткові вимірювання, які, в загальному випадку, також можуть привнести похибку.

Спосіб, який пропонується здійснюється таким чином.

В дослідний матеріал випромінюють акустичні коливання. Момент випромінювання є початком відліку осі часу на фіг.2. Приймають акустичні коливання після їх проходження через дослідний матеріал. Встановлюють рівень U_1 та вимірюють час t_1 між моментом випромінювання та моментом досягнення переднім фронтом прийнятого коливання цього рівня (див.фіг.2). Рівень U_2 встановлюють рівним амплітуді першої півхвилі сигналу. Легко бачити (див.фіг.2), що дійсний час t розповсюдження акустичного сигналу через матеріал дорівнює

$$t = t_1 - t_0 \quad (3)$$

де t_0 - час корекції.

Щоб визначити час корекції звернемося до фіг.3, на якому передній фронт прийнятого сигналу (який являє собою частину синусоїди $U = U_2 \sin \omega t$) апроксимується лінійною функцією $U = U_2 \omega t$. Розглянемо прямокутний трикутник $\triangle OBC$. В ньому відомі катет $|BC|$ та кут $\angle BOC$. Тоді другий катет

$$|OC| = |BC| \operatorname{ctg} \angle BOC. \quad (4)$$

Підставимо значення

$$|BC| = |AQ| = U_1,$$

$$\operatorname{tg} \angle BOC = U_2 \omega$$

І остаточно отримуємо

$$t_0 = |OC| = \frac{U_1}{U_2 \omega}. \quad (5)$$

Підставляючи (5) в (3) отримуємо формулу (2).

Технічною перевагою способу, який пропонується є більша точність вимірювання часу розповсюдження акустичних коливань. Крім того, застосування способу дозволяє вводити час корекції в пристрій, який його реалізує, без додаткових вимірювань. Для цього в пристрої застосовують систему автоматичного регулювання підсилення першої амплітуди сигналу (як, наприклад, в ультразвуковому приладі УК-10ПМС), на виході якої амплітуда першої півхвилі дорівнює величині U_2 . Встановлюють рівень U_1 реєстрації, наприклад, в десять разів меншим рівня U_2 . Тоді час корекції на частоті, наприклад, $\omega = 100 \text{сек}^{-1}$ буде дорівнювати $t_0 = 1 \text{мсек}$. Ця величина може бути введеною до пристрою як стала поправка.

Для порівняння точності способу, який запропоновано з відомими були проведені розрахунки при слідуючи умовах. Матеріал - ґрунт порушеної структури, швидкість пружних хвиль у якому $v = 500 \text{м/с}$. Відстань між випромінювачем та приймачем сигналу $\ell = 1 \text{м}$. Тоді справжній час розповсюдження $t_{\text{спр}} = 2 \text{мсек}$.

Сигнал, який приймається є синусоїда, яка монотонно загасає та має одиничну амплітуду першої півхвилі

$$U(t) = e^{-at} \sin \omega t$$

Частота $\omega = 10 \text{сек}^{-1}$. Помилка, яку дають способи, які порівнюються підраховувалася за формулою

$$\Delta = \left| \frac{t_{\text{спр}} - t}{t_{\text{спр}}} \right| \cdot 100\% \quad (6)$$

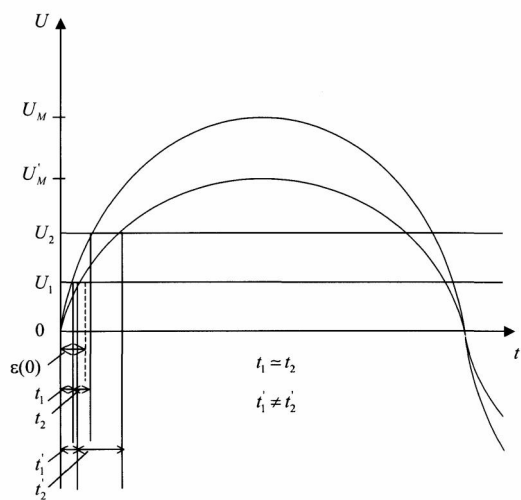
Результати подано у таблицю.

Таблица

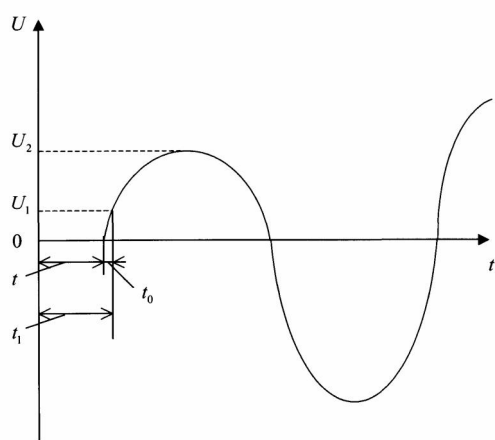
$\alpha \setminus \Delta$	А. с. 945667	А. с. 1035504	А. с. 1456866	Спосіб, який заявляється
0,1	6,2%	15,5%	47,3%	1,3%
0,25	7,8%	40,9%	45,9%	2,1%
0,35	8,7%	56,7%	45,2%	2,6%

Як видно з таблиці, помилка, яку вносить спосіб, який заявляється найменша.

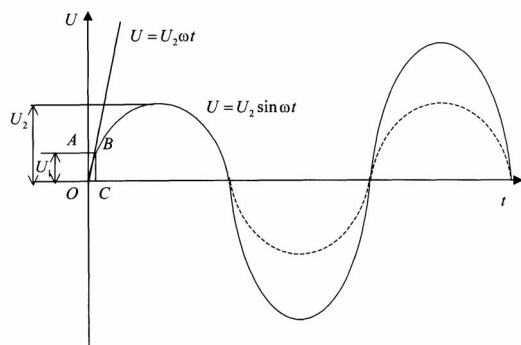
Завдяки можливості більш точного визначення початку відліку, підвищується точність вимірювання часу розповсюдження акустичних коливань. Це дозволяє з більшою вірогідністю визначати фізико-механічні властивості матеріалів та проводити дефектоскопію будівельних споруд, що приводить до підвищення якості будівництва і відновлення споруд.



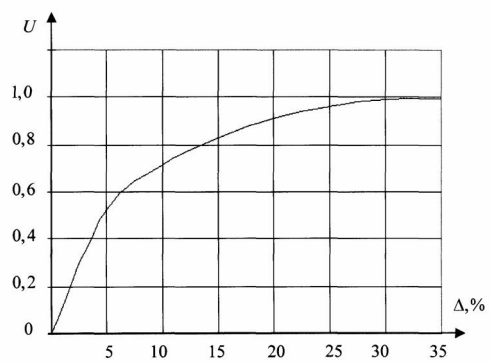
Фиг. 1.



Фиг. 2.



Фиг. 3.



Фиг. 4.