



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **132500** (13) **U**  
(51) МПК (2018.01)  
**G01N 29/00**  
**G01N 33/36** (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

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

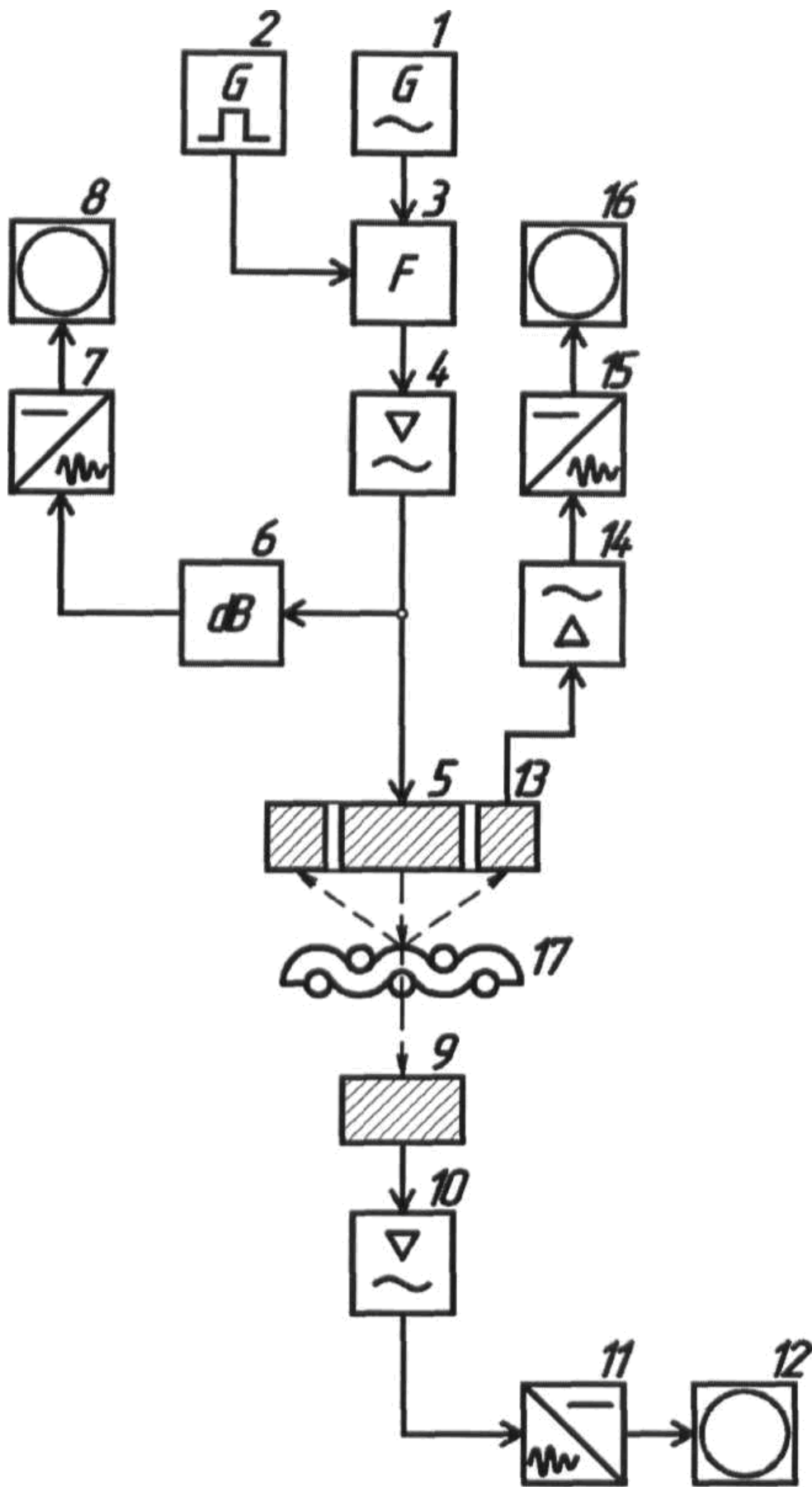
<p>(21) Номер заявки: <b>u 2018 10131</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>11.10.2018</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.02.2019</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.02.2019, Бюл.№ 4</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Здоренко Валерій Георгійович (UA), Барилко Сергій Віталійович (UA), Барилко Олена Вікторівна (UA), Лісовець Сергій Миколайович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ,</b> вул. Немировича-Данченка, 2, м. Київ-11, 01011 (UA)</p>
---	--

**(54) УЛЬТРАЗВУКОВИЙ СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**(57) Реферат:**

Ультразвуковий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, який полягає у тому, що випромінюють в текстильний матеріал перпендикулярно до його поверхні ультразвукові хвилі, приймають ультразвукові хвилі, які пройшли текстильний матеріал, перетворюють прийняті ультразвукові хвилі в електричну напругу і визначають об'ємну щільність текстильного матеріалу. Одночасно з прийомом ультразвукових хвиль, які пройшли текстильний матеріал, приймають ультразвукові хвилі, які відбилися від текстильного матеріалу, перетворюють відбиті ультразвукові хвилі в електричну напругу, за значенням цієї напруги визначають розмір пор і середній діаметр ниток текстильного матеріалу.

UA 132500 U



Фиг.

Корисна модель належить до текстильної промисловості, а саме до ультразвукового способу визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів.

Відомий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, який полягає у тому, що радіоактивне випромінювання падає на зразок текстильного матеріалу з певною товщиною, а за зміною інтенсивності радіоактивного випромінювання, яке пройшло крізь такий зразок, визначається його об'ємна щільність [Шумиловский Н.Н., Мельцер Л.В. Применение ядерных излучений в устройствах автоматического контроля технологических процессов. - М.-Л.: Госэнергоиздат, 1958. - С. 60-66]. Проте такий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів має невелику точність, здійснює шкідливий вплив радіоактивного випромінювання на людину і вимагає обов'язкової подальшої утилізації джерел радіоактивного випромінювання.

Відомий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, який полягає у тому, що ультразвукова хвиля з незмінною амплітудою падає на зразок текстильного матеріалу з певною товщиною, а за зміною амплітуди ультразвукової хвилі, яка пройшла крізь такий зразок, визначається його об'ємна щільність [Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах (2-е изд.). -М.: Наука, 1973. - С. 38-66]. Проте такий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів не враховує зміни амплітуди ультразвукової хвилі, яка пройшла крізь такий зразок, як від зміни розмірів пор такого зразка, так і від зміни середнього діаметра ниток такого зразка.

Відомий також ультразвуковий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, який полягає у тому, що випромінюють в текстильний матеріал перпендикулярно до його поверхні ультразвукові хвилі, приймають ультразвукові хвилі, які пройшли текстильний матеріал, перетворюють прийняті ультразвукові хвилі в електричну напругу і визначають об'ємну щільність текстильного матеріалу. Об'ємну щільність текстильного матеріалу визначають за значенням електричної напруги [А. с СРСР № 1617356 А1, МПК G01N 29/00, 1990 р.]. Проте такий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів не враховує вплив на ультразвукові хвилі, які пройшли крізь такий текстильний матеріал, як зміни розмірів пор такого текстильного матеріалу, так і зміни середнього діаметра ниток такого текстильного матеріалу.

В основу корисної моделі поставлена задача створення такого ультразвукового способу визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, в якому введення нових операцій і зміна умов виконання існуючих операцій забезпечувало б можливість підвищити роздільну здатність і вірогідність визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів.

Поставлена задача вирішується тим, що в ультразвуковому способі визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, який полягає у тому, що випромінюють в текстильний матеріал перпендикулярно до його поверхні ультразвукові хвилі, приймають ультразвукові хвилі, які пройшли текстильний матеріал, перетворюють прийняті ультразвукові хвилі в електричну напругу і визначають об'ємну щільність текстильного матеріалу, згідно з корисною моделлю, одночасно з прийомом ультразвукових хвиль, які пройшли текстильний матеріал, приймають ультразвукові хвилі, які відбилися від текстильного матеріалу, перетворюють відбиті ультразвукові хвилі в електричну напругу, за значенням цієї напруги визначають розмір пор і середній діаметр ниток текстильного матеріалу, а об'ємну щільність текстильного матеріалу визначають згідно з наступною формулою:

$$\rho^{(k)} = \frac{4\rho_{\text{сп}} \sqrt{\left( \frac{1}{|W^{(k)}|^2} - 1 \right) \frac{|V^{(3)}|K_p^{(3)}}{|V^{(k)}|K_p^{(k)}K^{(3)}}}}{\pi^2 l_C^{(3)} f \cos(v)}$$

де  $\rho^{(k)}$  - об'ємна щільність контрольованого текстильного матеріалу (кг/м<sup>3</sup>);

$|W^{(k)}|$  - модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль через контрольований текстильний матеріал;

$|V^{(k)}|$  - модуль комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових хвиль від контрольованого текстильного матеріалу;

$|V^{(3)}|$  - модуль комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових хвиль від зразкового текстильного матеріалу;

$K_p^{(k)}$  - коефіцієнт контрольованого текстильного матеріалу, який враховує як особливості структури цього матеріалу, так і його розміщення в просторі;

$K_p^{(3)}$  - коефіцієнт зразкового текстильного матеріалу, який враховує як особливості структури цього матеріалу, так і його розміщення в просторі;

5  $K^{(3)}$  - коефіцієнт зразкового текстильного матеріалу, який враховує як відстані і об'єм повітря між нитками цього матеріалу, так і деформацію структури цього матеріалу;

$f$  - частота ультразвукових хвиль (Гц);

$\rho_p$  - об'ємна щільність повітря (кг/м<sup>3</sup>);

$c_p$  - швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в повітрі (м/с);

10  $l_c^{(3)}$  - середня довжина сторони квадратної наскрізної пори зразкового текстильного матеріалу (м);

$\nu$  - кут між напрямом розповсюдження ультразвукових хвиль і нормаллю до поверхні текстильного матеріалу (рад).

15 Прийом ультразвукових хвиль, які пройшли текстильний матеріал, одночасно з прийомом ультразвукових хвиль, які відбилися від текстильного матеріалу, перетворення ультразвукових хвиль в електричну напругу дозволяє виключити вплив як розміру пор текстильного матеріалу, так і середнього діаметра ниток текстильного матеріалу на визначення об'ємної щільності текстильного матеріалу.

20 На кресленні представлена структурна схема пристрою, який реалізує запропонований ультразвуковий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів.

25 Пристрій містить генератор гармонійних коливань 1 і генератор прямокутних коливань 2, виходи яких з'єднані з входами формувача зондуєчих пакетів 3, вихід формувача зондуєчих пакетів 3 з'єднаний через підсилювач потужності 4 з випромінюючою частиною роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5 і входом атенюатора 6, вихід атенюатора 6 з'єднаний через піковий детектор 7 з входом вольтметра 8, вихід приймаючого п'єзоперетворювача 9 з'єднаний через підсилювач потужності 10 і піковий детектор 11 з входом вольтметра 12, вихід приймаючої частини роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13 з'єднаний через підсилювач потужності 14 і піковий детектор 15 з входом вольтметра 16, текстильний матеріал позначений позицією 17. Текстильний матеріал 17 може бути як контрольованим (для якого об'ємна щільність визначається), так і зразковим (об'ємна щільність якого приймається в якості зразка).

30 Пристрій працює наступним чином. Електричні коливання з виходу генератора гармонійних коливань 1 перетворюються за допомогою генератора прямокутних коливань 2 і формувача зондуєчих пакетів 3 у пакети електричних коливань, які підсилюються підсилювачем потужності 4 і надходять на випромінюючу частину роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5. Контрольований текстильний матеріал 17 вводиться між випромінюючою частиною роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5 і приймаючим п'єзоперетворювачем 9, створюючи таким чином вимірювальний ультразвуковий канал. Пакети ультразвукових коливань, які випромінюються випромінюючою частиною роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5, після проходження ними контрольованого текстильного матеріалу 17 надходять на приймаючий п'єзоперетворювач 9, де перетворюються в пакети електричних коливань. Пакети електричних коливань, які сформувалися за допомогою приймаючого п'єзоперетворювача 9, підсилюються підсилювачем потужності 10 і надходять на вхід пікового детектора 11, де перетворюються у постійну напругу  $U_1^{(k)}$ , яка надходить на вхід вольтметра 12.

45 Постійна напруга  $U_1^{(k)}$  є пропорційною модулю  $|W^{(k)}|$  комплексного коефіцієнта  $W^{(k)}$  проходження пакетів ультразвукових коливань крізь контрольований текстильний матеріал 17. Комплексний коефіцієнт  $W^{(k)}$  - це співвідношення амплітуд ультразвукових хвиль, які пройшли контрольований текстильний матеріал, і ультразвукових хвиль, які випромінюються в контрольований текстильний матеріал. Модуль  $|W^{(k)}|$  комплексного коефіцієнта проходження  $W^{(k)}$  пакетів ультразвукових коливань визначається наступним чином:

$$|W^{(k)}| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{K^{(k)} \eta^{(k)} f \cos(v)}{\rho \Gamma c \pi} \right)^2}}, \quad (1)$$

де  $K^{(k)}$  - коефіцієнт, який належить до контрольованого текстильного матеріалу 17 і який враховує як відстані і об'єм повітря між нитками цього матеріалу, так і деформацію структури цього матеріалу;  $\eta^{(k)}$  - поверхнева щільність контрольованого текстильного матеріалу 17.

- 5 Постійну напругу  $U_1^{(k)}$ , з урахуванням коефіцієнтів передачі різних ланок пристрою, можна визначити наступним чином:

$$U_1^{(k)} = K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{K^{(k)} \eta^{(k)} f \cos(v)}{\rho \Gamma c \pi} \right)^2}} U_m, \quad (2)$$

- 10 де  $U_m$  - амплітуда напруги генератора гармонійних коливань 1;  $K_1$  - коефіцієнт передачі формувача зондуєчих пакетів 3;  $K_2$  - коефіцієнт передачі підсилювача потужності 4;  $K_3$  - коефіцієнт перетворення випромінюючої частини роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5 і приймаючого п'єзоперетворювача 9;  $K_4$  - коефіцієнт передачі підсилювача потужності 10;  $K_5$  - коефіцієнт передачі пікового детектора 11.

Пакети електричних коливань після підсилення їх підсилювачем потужності 4 також надходять на вхід атенюатора 6, де вони послаблюються і надходять на вхід пікового детектора

- 15 7. Там вони перетворюються в постійну напругу  $U_0^{(k)}$ , яка надходить на вхід вольтметра 8.

Постійна напруга  $U_0^{(k)}$  є пропорційною амплітуді пакетів ультразвукових коливань, які випромінюються випромінюючою частиною роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5.

Постійну напругу  $U_0^{(k)}$  з урахуванням коефіцієнтів передачі різних ланок пристрою, можна визначити наступним чином:

20 
$$U_0^{(k)} = K_1 K_2 K_6 K_7 U_m, \quad (3)$$

де  $K_6$  - коефіцієнт передачі атенюатора 6;  $K_7$  - коефіцієнт передачі пікового детектора 7.

Пакети ультразвукових коливань, які відбилися від контрольованого текстильного матеріалу 17, надходять на приймаючу частину роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13, де перетворюються в пакети електричних коливань.

- 25 Пакети електричних коливань, які сформувалися за допомогою приймаючої частини роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13, підсилюються підсилювачем потужності 14 і надходять на вхід пікового детектора 15, де перетворюються у постійну напругу  $U_2^{(k)}$ , яка надходить на вхід вольтметра 16.

- 30 Постійна напруга  $U_2^{(k)}$  є пропорційною добутку модуля  $|V^{(k)}|$  комплексного коефіцієнта  $V^{(k)}$  відбиття пакетів ультразвукових коливань і коефіцієнта  $K_p^{(k)}$ , який характеризує залежність амплітуди пакетів ультразвукових коливань, які надходять на приймаючу частину роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13, як від особливостей структури контрольованого текстильного матеріалу 17, так і від його розміщення в просторі. Комплексний коефіцієнт  $V^{(k)}$  - це співвідношення амплітуд ультразвукових хвиль, які відбилися від контрольованого текстильного матеріалу, і ультразвукових хвиль, які випромінюються в контрольований текстильний матеріал.

35 Модуль  $|V^{(k)}|$  комплексного коефіцієнта відбиття  $V^{(k)}$  пакетів ультразвукових коливань визначається наступним чином:

$$|V^{(k)}| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{\rho_{\text{пс}}}{K^{(k)} \eta^{(k)} f \cos(\nu)} \right)^2}} \quad (4)$$

Постійну напругу  $U_2^{(k)}$  з урахуванням коефіцієнтів передачі різних ланок пристрою, можна визначити наступним чином:

$$U_2^{(k)} = K_1 K_2 K_8 K_9 K_{10} \frac{K_p^{(k)}}{\sqrt{1 + \left( \frac{\rho_{\text{пс}}}{K^{(k)} \eta^{(k)} f \cos(\nu)} \right)^2}} U_m \quad (5)$$

де  $K_8$  - коефіцієнт перетворення випромінюючої частини роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 5 і приймаючої частини роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13;  $K_9$  - коефіцієнт передачі підсилювача потужності 14;  $K_{10}$  - коефіцієнт передачі пікового детектора 15.

Виключити вплив зміни розміру  $q^{(k)}$  пор контрольованого текстильного матеріалу 17 на результат вимірювання можна, забезпечивши контроль зміни коефіцієнта  $K^{(k)}$ , який в основному змінюється із зміною як відстані і об'єму повітря між нитками контрольованого текстильного матеріалу 17, так і з деформацією структури контрольованого текстильного матеріалу 17.

Зміну коефіцієнта  $K^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17 можна пов'язати із зміною амплітуди пакетів ультразвукових коливань, які відбиваються від контрольованого текстильного матеріалу 17 і надходять на приймаючу частину роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13, відносно амплітуди пакетів ультразвукових коливань, які відбиваються від зразкового текстильного матеріалу і надходять на приймаючу частину роздільно-суміщеного п'єзоперетворювача 13 раніше.

Визначити зміну коефіцієнта  $K^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17 можна за зміною постійної напруги  $U_2^{(k)}$  (при дослідженні контрольованого текстильного матеріалу 17) відносно постійної напруги  $U_2^{(3)}$  (при дослідженні зразкового текстильного матеріалу 17).

Знаючи, що розмір  $q^{(k)}$  пор контрольованого текстильного матеріалу 17 безпосередньо пов'язаний з коефіцієнтом  $K^{(k)}$  їх співвідношення можна визначити наступним чином:

$$\frac{|V^{(k)}| K_p^{(k)}}{|V^{(3)}| K_p^{(3)}} = \frac{q^{(3)}}{q^{(k)}} = \frac{K^{(k)}}{K^{(3)}} \quad (6)$$

де  $q^{(3)}$  - розмір пор зразкового текстильного матеріалу 17.

Враховуючи вираз (6), можна визначити коефіцієнт  $K^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17 через постійні напруги  $U_2^{(k)}$  та  $U_2^{(3)}$  наступним чином:

$$K^{(k)} = \frac{|V^{(k)}| K_p^{(k)}}{|V^{(3)}| K_p^{(3)}} = K^{(3)} \frac{U_2^{(k)}}{U_2^{(3)}} = K^{(3)} \quad (7)$$

де коефіцієнт  $K^{(3)}$  зразкового текстильного матеріалу 17 в процесі вимірювання визначається лише один раз.

Оскільки об'ємна щільність  $\rho^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17 безпосередньо пов'язана з його поверхневою щільністю  $\eta^{(k)}$ , то їх взаємний зв'язок можна визначити наступним чином:

$$\rho^{(k)} = \frac{4K^{(k)}\eta^{(k)}}{\pi^2 d_{Oy}^{(k)}}, \quad (8)$$

де  $d_{Oy}^{(k)}$  - сума діаметрів ниток основи і утку контрольованого текстильного матеріалу 17.

Тоді, із урахуванням залежності (8), об'ємну щільність  $\rho^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17 можна визначати наступним чином:

$$\rho^{(k)} = \frac{4\rho_{псп} \sqrt{\frac{1}{|W^{(k)}|^2} - 1}}{\pi^2 d_{Oy}^{(k)} f \cos(\nu)}. \quad (9)$$

Так як середній діаметр  $d_C^{(k)}$  ниток основи і ниток утку контрольованого текстильного матеріалу 17

$$d_C^{(k)} = \frac{d_{Oy}^{(k)}}{2}, \quad (10)$$

то

$$\rho^{(k)} = \frac{2\rho_{псп} \sqrt{\frac{1}{|W^{(k)}|^2} - 1}}{\pi^2 d_C^{(k)} f \cos(\nu)}. \quad (11)$$

Для того, щоб виключити вплив середнього діаметра  $d_C^{(k)}$  ниток контрольованого текстильного матеріалу 17 на результат визначення об'ємної щільності  $\rho^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17, необхідно середній діаметр  $d_C^{(k)}$  ниток контрольованого текстильного матеріалу 17 якимось чином визначити.

Як показують результати експериментальних досліджень, співвідношення середнього діаметра  $d_C^{(k)}$  ниток контрольованого текстильного матеріалу 17 і середньої довжини  $l_C^{(k)}$  сторони квадратної наскрізної пори в контрольованому текстильному матеріалі 17 можна описати наступним чином:

$$\sqrt{K^{(k)}} = \frac{d_{Oy}}{l_C^{(k)}} = \frac{2d_C}{l_C^{(k)}}. \quad (12)$$

Звідси середній діаметр  $d_C^{(k)}$  ниток контрольованого текстильного матеріалу 17 буде визначатися наступним чином:

$$d_C^{(k)} = \frac{l_C^{(3)} \sqrt{K^{(k)}}}{2} = \frac{l_C^{(3)} \sqrt{\frac{|V^{(k)}| K_p^{(k)}}{|V^{(3)}| K_p^{(3)}} K^{(3)}}}{2}, \quad (13)$$

де середня довжина  $l_C^{(3)}$  сторони квадратної наскрізної пори зразкового текстильного матеріалу 17 в процесі вимірювання визначається лише один раз. Як також показують результати експериментальних досліджень, для контрольованих текстильних матеріалів 17 з поверхневою щільністю  $\eta^{(k)}$ , яка лежить в діапазоні від 120 до 280 г/м<sup>2</sup>, при виконанні умови більшості середньої довжини  $l_C^{(3)}$  сторони квадратної наскрізної пори зразкового текстильного матеріалу 17 за середню довжину  $l_C^{(k)}$  сторони такої ж квадратної наскрізної пори контрольованого текстильного матеріалу 17 ( $l_C^{(3)} > l_C^{(k)}$ ) середній діаметр  $d_C^{(k)}$  ниток

контрольованого текстильного матеріалу 17 можна визначити досить точно з відносною похибкою не більше 5 %.

За напругами  $U_0^{(k)}$ ,  $U_1^{(k)}$ ,  $U_2^{(k)}$  і  $U_2^{(3)}$ , які пропорційні амплітудам пакетів ультразвукових коливань, що взаємодіють з контрольованим і зразковим текстильними матеріалами, з урахуванням зміни коефіцієнта  $K^{(k)}$  і при виконанні умови

$$\frac{\rho_{псп}}{f \cos(v)} = \text{const} \quad (14)$$

об'ємна щільність  $\rho^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17, після підстановки середнього діаметра  $d_C^{(k)}$  з виразу (13) в вираз (11), буде визначитися наступним чином:

$$\rho^{(k)} = \frac{4\rho_{псп} \sqrt{\left( \frac{1}{|W^{(k)}|^2} - 1 \right) \frac{|V^{(3)}|K_p^{(3)}}{|V^{(k)}|K_p^{(k)}K^{(3)}}}}{\pi^2 l_C^{(3)} f \cos(v)} =$$

$$= \frac{4\rho_{псп} \sqrt{\left( \left( \frac{U_0^{(k)}}{U_1^{(k)}} \right)^2 - 1 \right) \frac{U_2^{(3)}}{U_2^{(k)}K^{(3)}}}}{\pi^2 l_C^{(3)} f \cos(v)} \quad (15)$$

Таким чином, маючи значення  $\rho_{псп}$ ,  $c_{п}$ ,  $l_C^{(3)}$ ,  $f$ ,  $v$ ,  $U_0^{(k)}$ ,  $U_1^{(k)}$ ,  $U_2^{(k)}$ ,  $U_2^{(3)}$  і  $K^{(3)}$ , можна визначити об'ємну щільність  $\rho^{(k)}$  контрольованого текстильного матеріалу 17.

Ультразвуковий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів дозволяє здійснити наступне:

- визначити об'ємну щільність текстильних матеріалів безконтактно як в процесі їх виготовлення, так і в процесі їх експлуатації.
- виключити вплив як зміни розмірів пор текстильних матеріалів, так і зміни середнього діаметра ниток текстильних матеріалів на результат вимірювання.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Ультразвуковий спосіб визначення об'ємної щільності текстильних матеріалів, при якому випромінюють в текстильний матеріал перпендикулярно до його поверхні ультразвукові хвилі, приймають ультразвукові хвилі, які пройшли текстильний матеріал, перетворюють прийняті ультразвукові хвилі в електричну напругу і визначають об'ємну щільність текстильного матеріалу, який **відрізняється** тим, що одночасно з прийомом ультразвукових хвиль, які пройшли текстильний матеріал, приймають ультразвукові хвилі, які відбилися від текстильного матеріалу, перетворюють відбиті ультразвукові хвилі в електричну напругу, за значенням цієї напруги визначають розмір пор і середній діаметр ниток текстильного матеріалу, а об'ємну щільність текстильного матеріалу визначають згідно з наступною формулою:

$$\rho^{(k)} = \frac{4\rho_{псп} \sqrt{\left( \frac{1}{|W^{(k)}|^2} - 1 \right) \frac{|V^{(3)}|K_p^{(3)}}{|V^{(k)}|K_p^{(k)}K^{(3)}}}}{\pi^2 l_C^{(3)} f \cos(v)}$$

де  $\rho^{(k)}$  - об'ємна щільність контрольованого текстильного матеріалу (кг/м<sup>3</sup>);

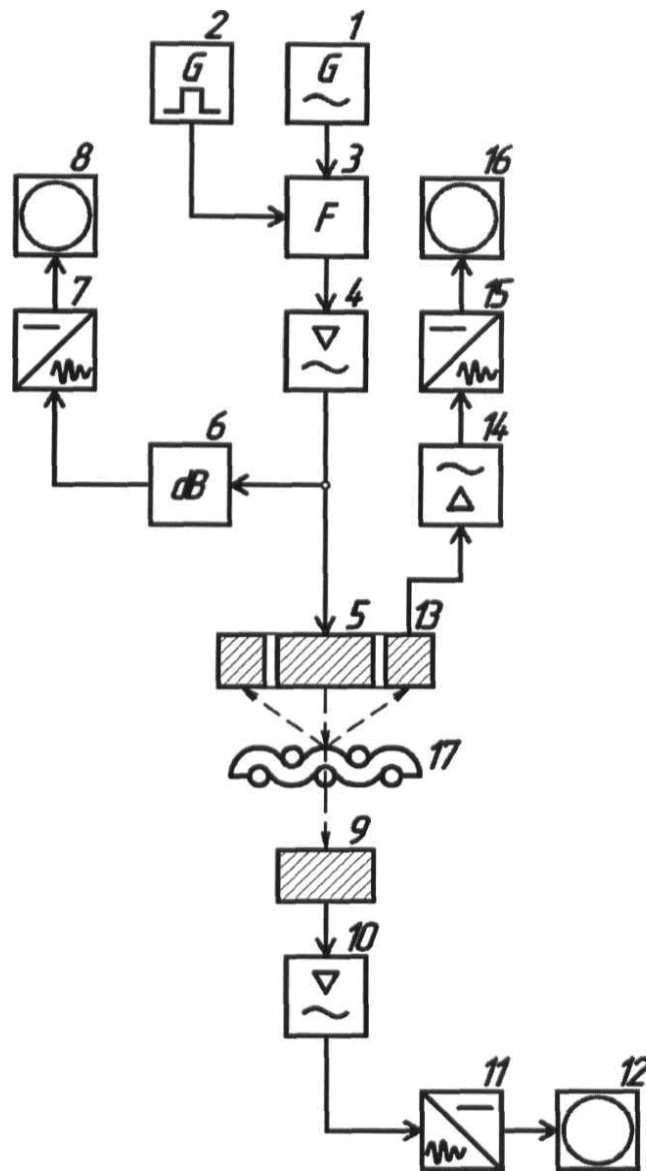
$|W^{(k)}|$  - модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль через контрольований текстильний матеріал;

$|V^{(k)}|$  - модуль комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових хвиль від контрольованого

текстильного матеріалу;



- $|V^{(3)}|$  - модуль комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукових хвиль від зразкового текстильного матеріалу;
- $K_p^{(k)}$  - коефіцієнт контрольованого текстильного матеріалу, який враховує як особливості структури цього матеріалу, так і його розміщення в просторі;
- 5  $K_p^{(s)}$  - коефіцієнт зразкового текстильного матеріалу, який враховує як особливості структури цього матеріалу, так і його розміщення в просторі;
- $K^{(3)}$  - коефіцієнт зразкового текстильного матеріалу, який враховує як відстані і об'єм повітря між нитками цього матеріалу, так і деформацію структури цього матеріалу;
- 10  $f$  - частота ультразвукових хвиль (Гц);
- $\rho_p$  - об'ємна щільність повітря (кг/м<sup>3</sup>);
- $c_p$  - швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в повітрі (м/с);
- $l_c^{(3)}$  - середня довжина сторони квадратної наскрізної пори зразкового текстильного матеріалу (м);
- 15  $\nu$  - кут між напрямом розповсюдження ультразвукових хвиль і нормаллю до поверхні текстильного матеріалу (рад).



---

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601