

COMPREHENSIVE EVALUATION OF MATERIAL PROPERTIES SUIT

PEREHODKO O., BEREZHENKO S.

Kyiv National University of Technologies and Design

Purpose. Complex studies of initial and acquired properties suiting materials.

Methods. Research methods based on methods and devices for evaluating the visco - elastic properties of the method of shifting, dynamic performance evaluation bending stiffness and efficiency impact processes of modification materials energy state organs and systems of organs.

Results. Influence of parameters of gluing (temperature and time) on the durability of glutinous connection; investigated visco - elastic properties of source materials and packages based on them; defined local area machining of parts jacket with bioactive components.

Scientific novelty. Carried out a comprehensive assessment of visco - elastic properties of costume materials and first proposed modification of local areas jacket colloidal solution CuI and assess their impact on the functional state of human organs.

The practical significance. On the basis of comprehensive studies carried out the comparative characteristics of primary and acquired properties that must be considered in the manufacture of clothing, the local zone defined machining of parts jacket with bioactive components.

Keywords: *visco - elastic, modification, antibacterial, energy state, dynamic performance.*

УДК 677.017

ЗДОРЕНКО В. Г., БАРИЛКО С. В.

Київський національний університет технологій та дизайну

КИСЕЛЬОВ В. Б.

Академія муніципального управління

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗГАСАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ ХВИЛЬ ПРИ БЕЗКОНТАКТНОМУ КОНТРОЛІ ТОВЩИНИ ПОЛІМЕРНОГО ПОКРИТТЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета. Дослідити згасання ультразвукових хвиль при безконтактному контролі композиційних матеріалів.

Методика. У роботі використаний безконтактний ультразвуковий метод контролю товщини полімерного покриття текстильних матеріалів, який враховує згасання ультразвукових хвиль.

Результати. Обґрунтовано, що згасанням ультразвукового сигналу для більшості тканин можна знехтувати у порівнянні із згасанням у матеріалі полімерного покриття. Наведено результат і досліджень впливу товщини полімерного покриття та тканини на згасання ультразвукового сигналу.

Наукова новизна. Отримано залежність і амплітуд ультразвукових хвиль, яка проходить крізь полімерне покриття, та яка проходить крізь тканину, а також хвиль, які відбиваються від покриття та від ниток тканини з врахуванням згасання.

Практична значимість. Запропоновано обирати оптимальну частоту ультразвукових коливань для зменшення їхнього згасання при безконтактному контролі товщини полімерного покриття.

Ключові слова: полімерне покриття, текстильні матеріали, ультразвуковий сигнал, згасання, амплітуда хвиль.

Вступ. На сьогоднішній день є необхідність у безконтактному ультразвуковому контролі [1] композиційних матеріалів, які можуть функціонувати за рахунок стабільних у часі адгезійних зв'язків [2] між різними текстильними матеріалами та нанесеними на них полімерними покриттями. Враховуючи, що амплітуда є відносно стабільним параметром ультразвукових хвиль, за допомогою якої можливо точно визначати різні параметри композиційних матеріалів, зокрема, і товщину полімерного покриття, то в такому випадку постає необхідність у дослідженні згасання самого ультразвукового сигналу в матеріалах, що контролюються.

Постановка завдання. За допомогою ультразвукового амплітудного методу [3] можна визначати товщину покриття, яке може наноситися на текстильні матеріали. Такими матеріалами часто є технічні тканини. Знаючи, як згасає амплітуда хвиль, які взаємодіють з цими тканинами, можна забезпечити оперативний технологічний контроль товщини полімерного покриття, яке наноситься на поверхню тканого полотна. Контролювати зазначений параметр можна тільки проаналізувавши як згасають амплітуди хвиль, які проходять крізь полімерне покриття, та що відбиваються від нього, а також зробивши аналогічний аналіз для амплітуд хвиль, що взаємодіють із тканиною.

Для того, щоб точно визначати товщину полімерного покриття, необхідно враховувати, що ультразвуковий сигнал, який проходить крізь композиційний матеріал представляє собою суперпозицію сигналів [4]. Без покриття більша частина ультразвукових хвиль проходить в основному крізь пори тканини [5], і в такому випадку загальне згасання ультразвукового сигналу буде меншим ніж згасання хвиль в схожому однорідному матеріалі. Виходячи з наведеного, необхідно визначити наскільки відрізняється амплітуда ультразвукового сигналу, який пройшов або відбився від контрольованих матеріалів покриття та тканини, з врахуванням згасання амплітуди сигналу та без його врахування. Зазначене краще проаналізувати, розглянувши спочатку окремо проходження та відбиття ультразвукових хвиль від самого полімерного покриття, а потім вже і для самої тканини.

Результати дослідження. Для спрощення аналізу розповсюдження ультразвукових хвиль розглянемо полімерне покриття та саму тканину як окремі прошарки різних матеріалів, які розміщені в повітряному середовищі.

Розглянемо проходження та відбивання плоскої ультразвукової хвилі при її нормальному падінні в середовищі суцільного полімерного покриття, яке витісняє повітря товщиною h_2 . Процес проходження будемо розглядати з урахуванням багаторазових відбивань хвилі на межах шару матеріалу, використовуючи принцип суперпозиції.

Знайдемо спочатку комплексний коефіцієнт проходження для покриття $W_{нок.}$, а потім для тканини $W_{тк.}$ у повітряному середовищі. Нехай тиск у падаючій хвилі дорівнює P_0 , а в тій, що пройшла матеріал полімерного покриття – P_n . Для визначення коефіцієнту проходження $W_{нок.}$ необхідно знайти відношення тиску у хвилі, що пройшла крізь шар полімеру, до тиску у хвилі, яка падає на нього. Акустичний опір середовища, з якого падає

хвиля, дорівнює Z_1 , матеріалу полімерного покриття – Z_2 , матеріалу ниток основи тканини – Z_3 , матеріалу ниток утку – Z_4 , середовища, в яке падає хвиля після проходження – Z_5 ($Z = \rho c$, де ρ і c відповідно щільність середовища і швидкість розповсюдження в ньому ультразвукової хвилі).

Представимо окремо саме покриття як полімерну плівку, яка розміщується у повітряному середовищі. Тиск у хвилі після проходження шару плівки можна подати у вигляді суперпозиції тисків у хвилях, а комплексний коефіцієнт проходження можна записати так:

$$W_{\text{пок.}} = \frac{P_n}{P_0} = W_{12} W_{25} e^{jK_2 h_2} \sum_{n=0}^{\infty} (V_{25} V_{21} e^{2jK_2 h_2})^n, \quad (1)$$

або

$$W_{\text{пок.}} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)(Z_2 + Z_5)e^{-jK_2 h_2} - (Z_2 - Z_5)(Z_2 - Z_1)e^{jK_2 h_2}}, \quad (2)$$

$$W_{\text{пок.}} = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 Z_2 + Z_2 Z_5)(e^{jK_2 h_2} + e^{-jK_2 h_2}) + (Z_1 Z_5 + Z_2^2)(e^{-jK_2 h_2} - e^{jK_2 h_2})}. \quad (3)$$

Якщо по обидва боки контрольованого шару плівки знаходиться одне і теж середовище ($Z_1 = Z_5$), то

$$W_{\text{пок.}} = \frac{4Z_1 Z_2}{2Z_1 Z_2 (e^{jK_2 h_2} + e^{-jK_2 h_2}) + (Z_1^2 + Z_2^2)(e^{-jK_2 h_2} - e^{jK_2 h_2})}, \quad (4)$$

зробивши перетворення виразу (4), отримаємо:

$$W_{\text{пок.}} = \frac{4}{2(e^{jK_2 h_2} + e^{-jK_2 h_2}) + \left(\frac{Z_2}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_2}\right)(e^{-jK_2 h_2} - e^{jK_2 h_2})}, \quad (5)$$

із врахуванням згасання α в матеріалі полімеру, залежність (5) можна подати так:

$$W_{\text{пок.}} = \frac{4}{2\left(e^{-\alpha h_2 + j\frac{\omega h_2}{c_2}} + e^{\alpha h_2 - j\frac{\omega h_2}{c_2}}\right) + \left(\frac{Z_2}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_2}\right)\left(e^{-\alpha h_2 + j\frac{\omega h_2}{c_2}} - e^{\alpha h_2 - j\frac{\omega h_2}{c_2}}\right)}. \quad (6)$$

Після перетворення отримали вираз для комплексного коефіцієнта $W_{\text{пок.}}$ проходження, який вноситься полімерною плівкою. Модуль комплексного коефіцієнту проходження із урахуванням згасання α можна записати тоді як:

$$|W|_2 = \frac{1}{\sqrt{\left(\operatorname{ch} \alpha h_2 + \frac{(Z_2/Z_1)^2 + 1}{2Z_2/Z_1} \operatorname{sh} \alpha h_2 \right)^2 \cos^2 \frac{\omega h_2}{c_2} + \left(\operatorname{sh} \alpha h_2 + \frac{(Z_2/Z_1)^2 + 1}{2Z_2/Z_1} \operatorname{ch} \alpha h_2 \right)^2 \sin^2 \frac{\omega h_2}{c_2}}}. \quad (7)$$

Провівши аналогічні перетворення, можна отримати вираз для модуля коефіцієнта відбиття від полімерної плівки з урахуванням згасання:

$$|V|_2 = \frac{\frac{(Z_2/Z_1)^2 - 1}{2Z_2/Z_1} \sqrt{\operatorname{sh}^2 \alpha h_2 \cos^2 \frac{\omega h_2}{c_2} + \operatorname{ch}^2 \alpha h_2 \sin^2 \frac{\omega h_2}{c_2}}}{\sqrt{\left(\operatorname{ch} \alpha h_2 + \frac{(Z_2/Z_1)^2 + 1}{2Z_2/Z_1} \operatorname{sh} \alpha h_2 \right)^2 \cos^2 \frac{\omega h_2}{c_2} + \left(\operatorname{sh} \alpha h_2 + \frac{(Z_2/Z_1)^2 + 1}{2Z_2/Z_1} \operatorname{ch} \alpha h_2 \right)^2 \sin^2 \frac{\omega h_2}{c_2}}}. \quad (8)$$

Без врахування згасання $\alpha = 0$ модуль коефіцієнта проходження можна записати так:

$$|W|_{02} = \frac{1}{\sqrt{\cos^2 \frac{\omega h_2}{c_2} + \left(\frac{(Z_2/Z_1)^2 + 1}{2Z_2/Z_1} \sin \frac{\omega h_2}{c_2} \right)^2}}, \quad (9)$$

а для модуля коефіцієнта відбиття при $\alpha = 0$ вираз (8) можна подати як:

$$|V|_{02} = \frac{\frac{(Z_2/Z_1)^2 - 1}{2Z_2/Z_1} \sin \frac{\omega h_2}{c_2}}{\sqrt{\cos^2 \frac{\omega h_2}{c_2} + \left(\frac{(Z_2/Z_1)^2 + 1}{2Z_2/Z_1} \right)^2 \sin^2 \frac{\omega h_2}{c_2}}}. \quad (10)$$

Відносні зміни амплітуд ультразвукових хвиль, що спричиняються згасанням сигналу в матеріалі полімеру, можна подати так:

$$\delta_{|W|_2} = \frac{|W|_2 - |W|_{02}}{|W|_{02}} \cdot 100\%, \quad \delta_{|V|_2} = \frac{|V|_2 - |V|_{02}}{|V|_{02}} \cdot 100\%. \quad (11)$$

На рис. 1 наведено відносні зміни амплітуд коливань, що спричиняються згасанням сигналу, від співвідношення товщини h_2 полімерної плівки до довжини λ_2 ультразвукової хвилі в її матеріалі.

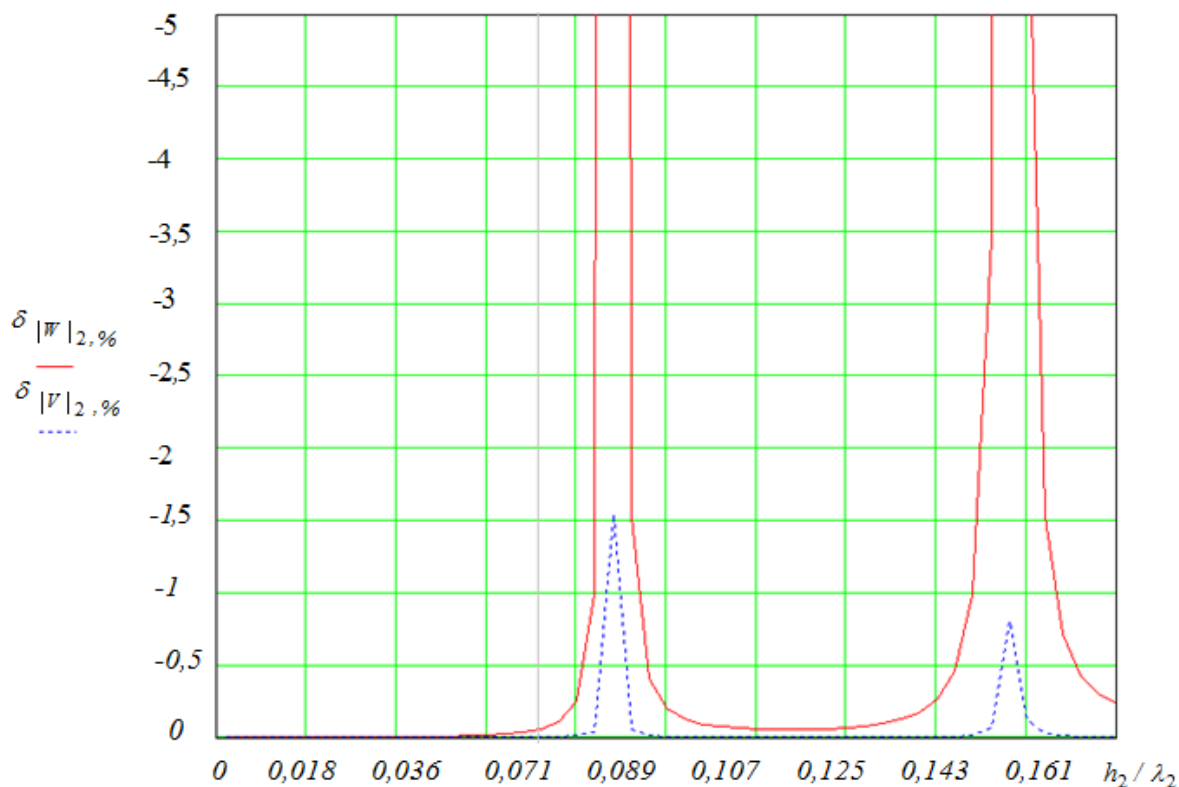


Рис. 1. Залежності відносних змін $\delta_{|R|_2, \%}$ та $\delta_{|V|_2, \%}$ від параметру h_2 / λ_2 при $\alpha = 10 \text{ м}^{-1}$

З рис. 1 видно, що для зменшення впливу згасання необхідно обирати оптимальну частоту ультразвукових коливань, на якій воно найменше.

Тепер розглянемо проходження та відбивання плоскої ультразвукової хвилі при її нормальному падінні на тканину. Процес проходження будемо розглядати з урахуванням багаторазових відбивань хвилі на межах ниток тканини та повітря, використовуючи принцип суперпозиції. Амплітуду ультразвукового сигналу, який пройшов крізь тканину, що має нитки основи з діаметром d_o і нитки утку з діаметром d_y , можна представити комплексним коефіцієнтом проходження так:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{мк.}} = & \left(g'_1 W_{13} W'_{35} + g'_2 W''_{13} W_{35} \right) \cdot e^{jK_2 d_o \frac{\pi}{4}} + \\
 & + \left(g'_3 W'_{13} W_{34} W_{45} + g'_4 W'_{14} W_{43} W_{35} \right) \cdot e^{2jK_{34} d_c \frac{\pi}{4}} \times \\
 & \times \left(1 - \left((g'_1 + g'_2) \cdot V_{35} V_{31} \cdot e^{2jK_2 d_o \frac{\pi}{4}} + (g'_3 (1 - (1 - V_{31} V_{45}) (1 + V_{34}) (1 + V_{43})) + \right. \right. \\
 & \left. \left. + g'_4 (1 - (1 - V_{41} V_{35}) (1 + V_{43}) (1 + V_{34}))) \cdot e^{4jK_{34} d_c \frac{\pi}{4}} \right) \right)^{-1},
 \end{aligned} \tag{12}$$

де W і V – відповідні коефіцієнти проходження і відбиття хвиль на межах відповідних середовищ (перший індекс позначає середовище, з якого падає хвиля, а

другий – середовище, в яке проходить, або, від якого відбивається хвиля; верхніми позначками над індексом показано скільки разів відбувалось накладання хвиль);

N – кількість перевідбивань хвиль, що дорівнює $0, 1, 2, 3, \dots, \infty$;

K_3 – хвильове число матеріалу ниток основи;

K_{34} – середнє хвильове число ниток основи і утоку;

$g_1 \div g_4$ – коефіцієнти площі, на яку падають ультразвукові коливання;

$d_o \frac{\pi}{4}, 2d_c \frac{\pi}{4}$ – величини, що визначають середню відстань проходження і згасання ультразвукового сигналу в матеріалі ниток основи, основи і утоку разом, де d_c – середній діаметр ниток основи та утоку тканини.

Враховуючи залежність (12), модуль комплексного коефіцієнта проходження для тканини можна представити так:

$$|W|_3 = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \alpha \left(\frac{Z_3}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_3}\right) d_{oy} \frac{\pi}{4} \cos \nu\right)^2 + \left(\frac{2\pi f}{c_3} \left(\frac{Z_3}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_3}\right) d_{oy} \frac{\pi}{4} \cos \nu\right)^2}}, \quad (13)$$

де d_{oy} – сума діаметрів нитки основи та утоку тканини; ν – кут між вектором хвилі, що відбивається від тканини у бік приймаючого перетворювача, та самою тканиною.

Коли немає згасання в матеріалі тканини $\alpha = 0$, залежність (13) можна подати як:

$$|W|_{03} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{2\pi f}{c_3} \left(\frac{Z_3}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_3}\right) d_{oy} \frac{\pi}{4} \cos \nu\right)^2}}. \quad (14)$$

Із залежності (14) можна виразити суму діаметрів нитки основи та нитки утоку, яка дорівнює товщині тканини $d_{oy} = h_3$ з п'ятою фазою будови:

$$d_{oy} = h_3 = \sqrt{\frac{1}{|W|_{03}^2} - 1} \left(\frac{\pi^2 f}{2c_3} \left(\frac{Z_3}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_3}\right) \cos \nu\right)^{-1}. \quad (15)$$

Модуль комплексного коефіцієнту відбиття $|V|_3$, знаючи, що відношення акустичних опорів $Z_1 / Z_3 \ll 1$, можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned}
 |V|_3 = & \left(1 + \left(1 - \left(ch \frac{\alpha h_3 \pi \cos \nu}{4} + \frac{Z_3}{2Z_1} \cdot sh \frac{\alpha h_3 \pi \cos \nu}{4} \right) \cdot 2 \cos \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right) \times \right. \\
 & \times \left(\left(\left(ch \frac{\alpha h_3 \pi \cos \nu}{4} + \frac{Z_3}{2Z_1} \cdot sh \frac{\alpha h_3 \pi \cos \nu}{4} \right) \cdot \cos \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right)^2 + \right. \\
 & \left. \left. + \left(\left(sh \frac{\alpha h_3 \pi \cos \nu}{4} + \frac{Z_3}{2Z_1} \cdot ch \frac{\alpha h_3 \pi \cos \nu}{4} \right) \cdot \sin \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right)^2 \right)^{-1} \right)^{\frac{1}{2}}.
 \end{aligned} \tag{16}$$

Коли немає згасання, яке може спричинитися матеріалом тканини, $\alpha = 0$, тоді залежність (16) можна подати так:

$$|V|_{03} = \sqrt{1 + \frac{1 - 2 \cdot \cos \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3}}{\left(\cos \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right)^2 + \left(\frac{Z_3}{2Z_1} \cdot \sin \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right)^2}}. \tag{17}$$

Для тканин нерівність $(\pi^2 f h_3 \cos \nu)/(2c_3) \ll 1$ справджується, тоді вираз (17) можна записати у вигляді:

$$|V|_{03} = \left(\frac{Z_3}{2Z_1} \cdot \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right) \left(\sqrt{1 + \left(\frac{Z_3}{2Z_1} \cdot \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right)^2} \right)^{-1}. \tag{18}$$

Відносні зміни амплітуд ультразвукових хвиль, що спричиняються згасанням сигналу в матеріалі тканини, можна подати так:

$$\begin{aligned}
 \delta_{|W|_3} &= \frac{|W|_3 - |W|_{03}}{|W|_{03}} \cdot 100\% = \left(|W|_3 \sqrt{1 + \left(\frac{Z_3}{2Z_1} \cdot \frac{\pi^2 f h_3 \cos \nu}{2c_3} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\%, \\
 \delta_{|V|_3} &= \frac{|V|_3 - |V|_{03}}{|V|_{03}} \cdot 100\% = \left(|V|_3 \sqrt{1 + \left(\frac{2Z_1}{Z_3} \cdot \frac{2c_3}{\pi^2 f h_3 \cos \nu} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\%.
 \end{aligned} \tag{19}$$

На рис. 2 наведено відносні зміни амплітуд коливань, що спричиняються згасанням сигналу, від співвідношення товщини h_3 тканини із середніми відстанями між центрами ниток 0,6 мм до довжини λ_3 ультразвукової хвилі в її матеріалі.

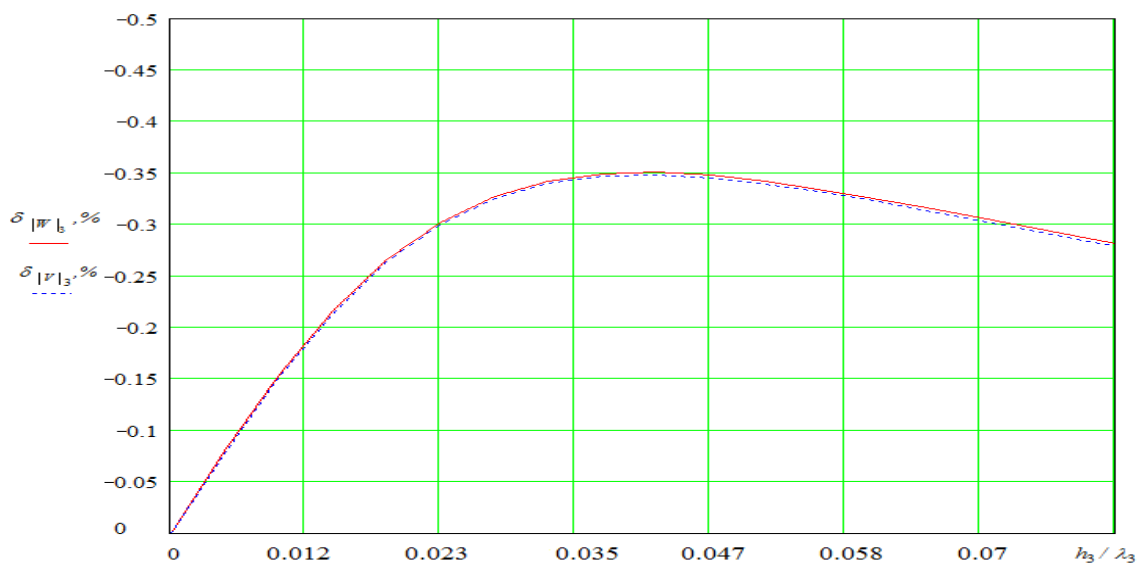


Рис. 2. Залежності відносних змін $\delta |W|_3, \%$; $\delta |V|_3, \%$
від параметру h_3 / λ_3 , при значенні коефіцієнту згасання $\alpha = 10 \text{ м}^{-1}$

З рис. 1 та рис. 2 видно, що згасання в матеріалі тканини набагато менше, ніж згасання в полімерному матеріалі, тому ним для даних композиційних матеріалів можна знехтувати.

Висновки. Проведений аналіз показав, що впливом згасання для більшості тканин можна знехтувати. Тому на точність визначення товщини полімерного покриття текстильних матеріалів в основному впливає згасання ультразвукових хвиль в матеріалі покриття. Для зменшення згасання в композиційних матеріалах необхідно обирати частоту ультразвукових коливань, на якій воно буде найменшим, в діапазоні, який підходить для безконтактного контролю.

Список використаної літератури

1. Шкарлет Ю. М. Бесконтактные методы ультразвукового контроля / Ю. М. Шкарлет. – М.: Машиностроение, 1974. – 57 с.
2. Пасічник М. В. Розробка композиції для тканин з полімерним покриттям / М. В. Пасічник, І.М. Куліш, Г. С. Сарібеков // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – 5/6 (47). – С. 8–12.
3. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах / Л. М. Бреховских. – М.: Наука, 1973. – 343 с.
4. Здоренко В. Г. Дослідження безконтактного ультразвукового контролю поверхневої щільності тканин полотняного переплетіння / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко // Вісник КНУТД. – 2011. – №4(60). – С. 27–31.
5. Здоренко В. Г. Ультразвуковий контроль поверхневої щільності тканин / В. Г. Здоренко, С. В. Барилко // Вісник ХНУ. – 2012. – №1. – С. 82–88.

Рекомендовано до публікації д.т.н., проф. Щербань В. Ю.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАТУХАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН ПРИ БЕСКОНТАКТНОМ КОНТРОЛЕ ТОЛЩИНЫ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЗДОРЕНКО В. Г., БАРЫЛКО С. В.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

КИСЕЛОВ В. Б.

Академия муниципального управления

Цель. Исследовать затухание ультразвуковых волн при бесконтактном контроле композиционных материалов.

Методика. В работе использован бесконтактный ультразвуковой метод контроля толщины полимерного покрытия текстильных материалов, учитывающий затухание ультразвуковых волн.

Результаты. Обосновано, что затуханием ультразвукового сигнала для большинства тканей можно пренебречь по сравнению с затуханием в материале полимерного покрытия. Приведены результаты исследований влияния толщины полимерного покрытия и ткани на затухание ультразвукового сигнала.

Научная новизна. Получены зависимости амплитуд ультразвуковых волн, которая проходит сквозь полимерное покрытие, и которая проходит сквозь ткань, а также волн, которые отражаются от покрытия и от нитей ткани с учетом затухания.

Практическая значимость. Предложено выбирать оптимальную частоту ультразвуковых колебаний для уменьшения их затухания при бесконтактном контроле толщины полимерного покрытия.

Ключевые слова: *полимерное покрытие, текстильные материалы, ультразвуковой сигнал, затухание, амплитуда волн.*

RESEARCH OF ATTENUATION OF ULTRASONIC WAVES AT THE NON-CONTACT CONTROL OF THICKNESS OF THE POLYMER COATING

ZDORENKO V. G., BARYLKO S. V.

Kiev National University of Technologies & Design

KISELOV V. B.

Academy of Municipal Management

Purpose. Investigate the attenuation of ultrasonic waves for non-contact control of composite materials.

Methodology. In this work non-contact ultrasonic method of control of thickness of the polymer coating of textile materials is used, this method considers the attenuation of ultrasonic waves.

Findings. Attenuation of ultrasonic signal for most fabrics can be neglected in comparison with the attenuation in a polymer coating and that is proved. Results researches of influence of thickness of polymer coating and fabric on attenuation of ultrasonic signal are resulted.

Originality. In article considered dependences of amplitudes of ultrasonic waves, one of them, that passing through the polymer coating, other of them, that passing through the fabric, and other waves, that reflecting from the polymer coating and from the fabric, with attenuation.

Practical value. Optimal frequency of ultrasonic waves to decreasing attenuation of signal for non-contact control of thickness of the polymer coating was suggested.

Keywords: *polymer coating, textile materials, ultrasonic signal, attenuation, amplitude of waves.*