

УДК 677.017

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДА ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НАТЯГУ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Здоренко В. Г., Защепкіна Н. М., Барилко С. В., Артемчук В. І., Григорчук М. О.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна
E-mail: poo4ta@bigmir.net

Для можливості вимірювання натягу текстильних стрічок, натягу ниток з великою лінійною густиною, а також натягу полотняних структур, існує можливість використання інформаційних параметрів ультразвукових хвиль, які проходять волокна матеріалу у повздовжньому напрямку. Найкраще обирати такий інформаційний параметр хвиль як амплітуда [1-3]. Цей параметр хвиль має більше переваг в застосуванні як для поперечного прозвучування, так і для повздовжнього прозвучування матеріалу, якщо порівнювати його з іншими параметрами ультразвукового сигналу. Із збільшенням натягу досліджуваного текстильного матеріалу елементарні волокна у ньому починають однаково випрямлятися та упорядковуватися в його структурі. Це призводить до зміни швидкості [4] розповсюдження ультразвукових хвиль у волокнах матеріалу та до зміни амплітуди хвиль, які розповсюджуватися повздовжньо по самих волокнах матеріалу. Амплітуда ультразвукових хвиль, що взаємодіє з таким матеріалом зазнає згасання в його структурі [5], яке описується відповідним коефіцієнтом α_z , що залежить від упорядкованості волокон при натязі [6] текстилю.

Зміну амплітуди ультразвукових хвиль, що розповсюджуються в текстильному матеріалі, можна показати за зміною модуля комплексного коефіцієнта проходження хвиль. Приймаючи текстильний матеріал з шириною B_m та лінійною густиною T_m , можна пов'язати його з амплітудними параметрами хвиль через модуль комплексного коефіцієнта повздовжнього проходження як:

$$|W_{\text{нос.}}| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \alpha_z \frac{c_2 T_m}{2\pi \rho_1 c_1 B_m}\right)^2 + \left(\frac{T_m f}{B_m \rho_1 c_1}\right)^2}} \quad (1)$$

де c_2 – швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль в структурі текстильного матеріалу; f – частота ультразвукових хвиль; $\rho_1 c_1$ – об'ємна густина та відповідно швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль у повітряному середовищі. Зважаючи на те, що коефіцієнт згасання хвиль α_z , може змінюватися залежно від натягу текстильного матеріалу, що пов'язано із зміною ступеня розсіювання хвиль в його структурі, то запишемо наближено цей параметр як добуток початкового коефіцієнту згасання α_{0z} , хвиль та співвідношення початкового натягу матеріалу до його кінцевого значення P_n/P_k :

$$\alpha_z \approx \alpha_{0z} \frac{P_k}{P_k} \quad (2)$$

Підставивши залежність (2) в (1), покажемо модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль ще так:

$$|W_{nos.}| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \alpha_{0z} \frac{P_k c_2 T_m}{2\pi P_k \rho_1 c_1 B_m}\right)^2 + \left(\frac{T_m f}{B_m \rho_1 c_1}\right)^2}} \quad (3)$$

Значення швидкості розповсюдження хвиль в структурі матеріалу теж можна подати як:

$$c_2 = \frac{2\pi P_k \rho_1 c_1 B_m \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{|W_{nos.}|^2} - \left(\frac{T_m f}{B_m \rho_1 c_1}\right)^2} - 1\right)}{\alpha_{0z} P_k T_m} \quad (4)$$

а поточний кінцевий натяг текстильного матеріалу можна тоді показати так:

$$P_k = \frac{\alpha_{0z} P_k c_2 T_m}{2\pi \rho_1 c_1 B_m \cdot \left(\sqrt{\frac{1}{|W_{nos.}|^2} - \left(\frac{T_m f}{B_m \rho_1 c_1}\right)^2} - 1\right)} \quad (5)$$

На рис. 1 наведено поверхню залежності зміни модуля $|W_{nos.}|$ від зміни натягу P_k та лінійної густини T_m матеріалу, а також зміну c_2 хвиль від натягу P_k [4, 5].

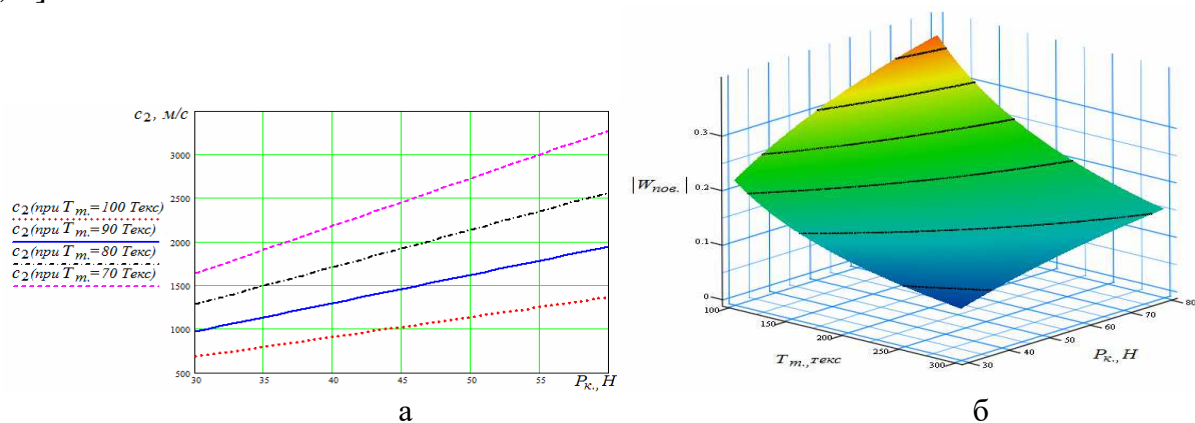


Рис. 1. Залежності інформаційних параметрів ультразвукових хвиль $|W_{nos.}|$ та c_2 від зміни натягу P_k та лінійної густини T_m текстильного матеріалу: а – залежності c_2 хвиль від натягу P_k текстильних матеріалів із значною міжволоконною пористістю; б – поверхня залежності зміни модуля $|W_{nos.}|$ повздовжнього проходження ультразвукових хвиль крізь текстильний матеріал від зміни його натягу P_k та лінійної густини T_m .

Показано, що при збільшенні параметру лінійної густини T_m контрольованого текстильного матеріалу амплітуда ультразвукових хвиль, яка пропорційна модулю комплексного коефіцієнта проходження $|W_{nos.}|$, буде зменшуватись, а при збільшенні натягу P_k матеріалу, навпаки, амплітуда буде збільшуватись [6]. Також показано, що швидкість розповсюдження

ультразвукових хвиль c_2 буде збільшуватися у волокнах матеріалу із збільшенням його натягу P_x .

Висновки. Проведені теоретичні дослідження залежностей амплітуди ультразвукових хвиль та швидкості їх розповсюдження в текстильних нитках, стрічках та полотняних структурах від зміни натягу в процесі їх виробництва. Проведений аналіз показує, що повздовжнє розповсюдження ультразвукових хвиль в текстильному матеріалі дає можливість крім амплітуди додатково використовувати параметр зміни швидкості c_2 розповсюдження хвиль у структурі волокон матеріалу. За цим параметром та амплітудою хвиль можна визначати поточний натяг P_x текстильного матеріалу для технологічних потреб на виробництві ультразвуковим методом, що відкриває нові можливості для нього у вимірвальних технологіях, які сьогодні широко застосовуються у світі.

Ключові слова: ультразвуковий метод, швидкість розповсюдження хвиль, амплітуда хвиль, натяг текстильного матеріалу.

Література

- [1] V. Zdorenko, O. Kuzymchuk, S. Barylko, et al, “The use of ultrasonic method for determining the basis weight of textile materials”, *The Journal of The Textile Institute*, vol. 109, P. 410-418, 2018.
- [2] В. Г. Здоренко та С. В. Барилко, “Дослідження проходження імпульсного ультразвукового сигналу крізь тканину при контролі поверхневої щільності”, *Вісник Хмельницького національного університету*, № 3, с. 90 – 96, 2013.
- [3] В. Г. Здоренко та С. В. Барилко, “Ультразвуковий контроль поверхневої щільності тканин”, *Вісник Хмельницького національного університету*, № 1, с. 82 – 88, 2012.
- [4] Ю. В. Кандрин, О. В. Цымбалист и Н. П. Воробьев, “Скорость распространения ультразвуковых колебаний в волоконной среде”, *Вестник АГАУ*, № 1, с. 95–98, 2011.
- [5] А. Ф. Костюков, “Метод контроля технологических параметров сельскохозяйственных волокон с помощью ультразвука”, *Вестник АГАУ*, № 1, с. 96–99, 2013.
- [6] В. Г. Здоренко, С. В. Барилко, О. В. Барилко, С. М. Лісовець, Т. В. Лебедюк, “Дослідження застосування ультразвукового безконтактного методу визначення технологічних параметрів для процесу ткацтва”, *Вісник Херсонського національного технічного університету*, №4(67), с. 152 – 161, 2018.