

УДК 677.017

ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГУ НИТОК БЕЗКОНТАКТНИМ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В ТЕКСТИЛЬНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

С.В. Барилко, кандидат технічних наук

Київський національний університет технологій та дизайну

Ключові слова: натяг нитки, амплітудні співвідношення, ультразвукові хвилі, поверхнева густина, текстильні полотна.

Однією з найважливіших задач для підприємств легкої промисловості є підвищення якості текстильної продукції та її конкурентоспроможності. У наш час якість різних текстильних полотен залежить від головних технологічних параметрів, забезпечення яких і дає можливість отримати її належний рівень. Одним із головних таких параметрів є поверхнева густина. Дотримання відповідної поверхневої густини залежить від натягу ниток на текстильних машинах, на яких виробляються полотна. Від надмірного натягу ниток може відбуватися їх обривність на технологічному обладнанні, що призводить до браку полотна, до простоїв текстильних машин і втрати коштів та часу на їх повторний запуск. Оскільки сьогодні системи регулювання натягу ниток на різних текстильних машинах в основному є тільки механічними, то це не дає можливості визначати фактичне значення цього параметру в процесі роботи таких систем і відповідно до цього вносити правильне коригування з необхідною точністю, що може суттєво впливати на якість готової продукції. Створення ультразвукових безконтактних методів та засобів визначення натягу ниток на різних текстильних машинах дозволить забезпечити оперативний технологічний контроль цього параметру та забезпечить зворотній зв'язок із системами регулювання натягу ниток, які будуть налаштовуватися під фактичне значення цього параметру. Зазначене дозволить усунути недоліки систем регулювання натягу ниток та підвищити якість і конкурентоспроможність готових текстильних полотен.

Рух ниток з певним натягом по робочим органам трикотажних машин представляє собою рух по направляючим різної форми. Якщо розглянути таку взаємодію нитки з циліндричною направляючою з радіусом кривизни R [1], то можна для визначення натягу, за зміною діаметра нитки та її щільності (може змінюватися за рахунок зменшення міжволоконної пористості матеріалу), використовувати амплітудні співвідношення ультразвукових хвиль [2-7], що взаємодіють з ниткою. В загальному вигляді залежність для визначення натягу ведучої гілки нитки за амплітудними співвідношеннями ультразвукових хвиль, що пройшли волокна матеріалу, до хвиль, які тільки падають на нього при його взаємодії з робочими органами трикотажних машин, можна подати так:

$$\begin{aligned}
 P_1 = P_0 + & \left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right) \left(e^{\mu_T \varphi_T} - 1 \right) \times \\
 & \times \left(R + 2Z_1 \left(1 - P_0 \cdot \left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right) \right) \times \right. \\
 & \times \left. \left(\frac{P_0 2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} + E_1 b_T \right) \times \right. \\
 & \times \left. \left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right)^2 \right)^{-1} \cdot \left. \frac{\sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right)^{-1} \times \quad (1) \\
 & \times \left(P_0 - \frac{B_0}{2} \left(R + 2Z_1 \left(1 - P_0 \cdot \left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right) \right) \times \right. \right. \\
 & \times \left. \left. \left(\frac{P_0 2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} + E_1 b_T \right) \times \right. \right. \\
 & \times \left. \left. \left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right)^2 \right)^{-1} \right) \cdot \left. \frac{\sqrt{\frac{1}{|W_{T3.}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right)^{-2} \Bigg)
 \end{aligned}$$

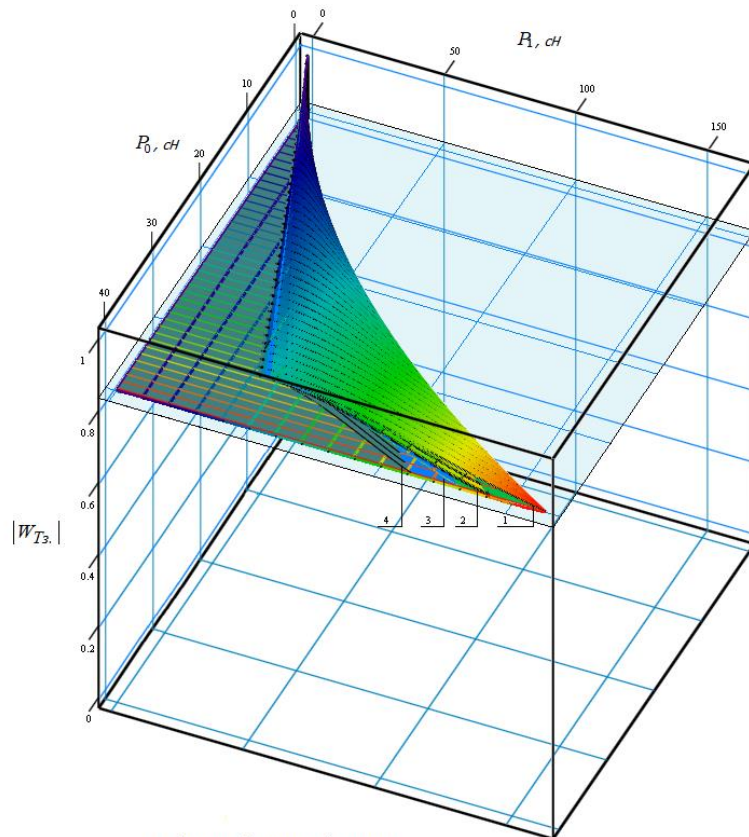
де $|W_{T3}|$ – амплітудні співвідношення ультразвукових хвиль, що пройшли
волокна матеріалу нитки, до хвиль, які тільки падають на неї;
 Z_1 – акустичний опір повітря;
 f – частота ультразвукових коливань;
 ρ_2 – об’ємна щільність нитки;
 ν_3 – кут між напрямком частини хвиль, що огинають нитку, та її
поверхнею;
 P_0, P_1 – натяг веденої та ведучої гілок нитки;
 R – радіус кривизни циліндричної направляючої;
 μ_T – коефіцієнт тертя нитки;
 φ_T – кут обхвату ниткою направляючої поверхні;
 E_1 – модуль пружності нитки при стисненні;
 b_T – відносна деформація поперечного перерізу в точці виходу
нитки з направляючої до початку попереднього зміщення;
 B_0 – коефіцієнт жорсткості нитки при згині.

Для визначення самого діаметру нитки d або її радіусу r за допомогою ультразвукових хвиль можна скористатися наступними виразами:

$$d = \frac{4Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos \nu_3}, \text{ або } r = \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_{T3}|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos \nu_3}. \quad (2)$$

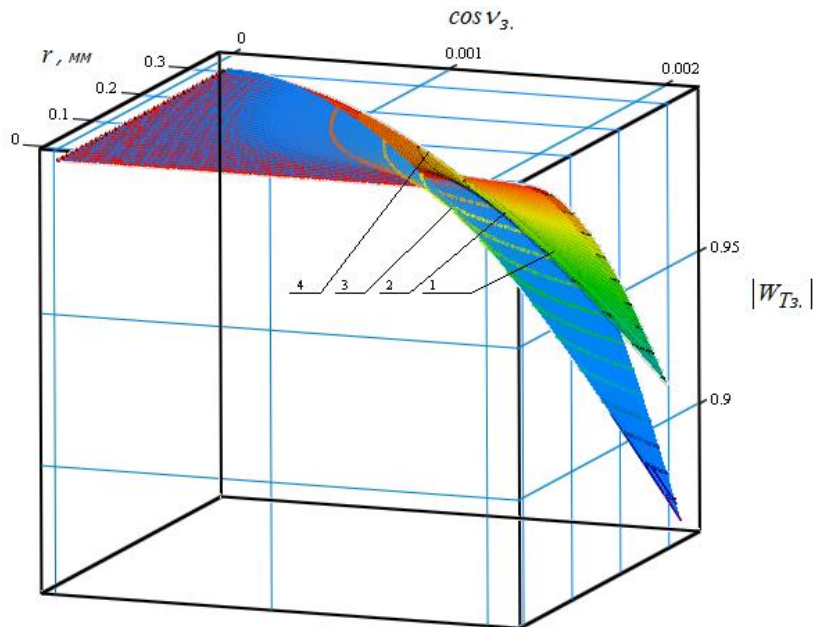
На практиці для підвищення чутливості ультразвукових хвиль до зміни діаметру нитки доцільно застосовувати малопотужні датчики та відповідні до них хвилеводи.

На рисунку 1,а показана поверхня, що відображає залежність амплітудних співвідношень ультразвукових хвиль $|W_{T3}|$ від натягу P_0 веденої та P_1 ведучої гілки нитки, а на рисунку 1,б показана поверхня, що відображає залежність амплітудних співвідношень ультразвукових хвиль $|W_{T3}|$ від умовного радіуса нитки r та параметру $\cos \nu_3$, який показує вплив частини хвиль, що огинають нитку та її волокна (якщо присутня велика міжволоконна пористість). Слід зазначити, що на рисунку 1 показані поверхні для різних матеріалів (бавовни, віскозних ниток, капронових ниток, вовни), які відображають залежність амплітуд тих ультразвукових хвиль, що огинають нитку (оскільки це більша частина ультразвукового сигналу, за яким амплітудний детектор засобу визначення натягу нитки фіксує напругу, що пропорційна амплітуді хвиль, які надійшли на датчик). Частину ультразвукового сигналу, що проходить безпосередньо крізь структуру самої нитки, теж можна використовувати для визначення зміни міжволоконної пористості ниток.



- 1 - бавовняний текстильний матеріал;
- 2 - віскозний текстильний матеріал;
- 3 - капроновий текстильний матеріал;
- 4 - вовняний текстильний матеріал.

а



б

Рисунок 1 – Поверхні, що відображають залежність амплітудних співвідношень хвиль $|W_{T3}|$ від впливових параметрів різних ниток: а – залежність $|W_{T3}|$ від параметрів натягу P_0 та P_1 для різних ниток; б – залежність $|W_{T3}|$ від параметрів r та $\cos V_3$ для різних ниток

Наведені поверхні дозволять спростити отримані вирази для практичного втілення безконтактних засобів контролю натягу нитки з використанням спеціальних хвилеводів, реалізація яких показана на рисунку 2.

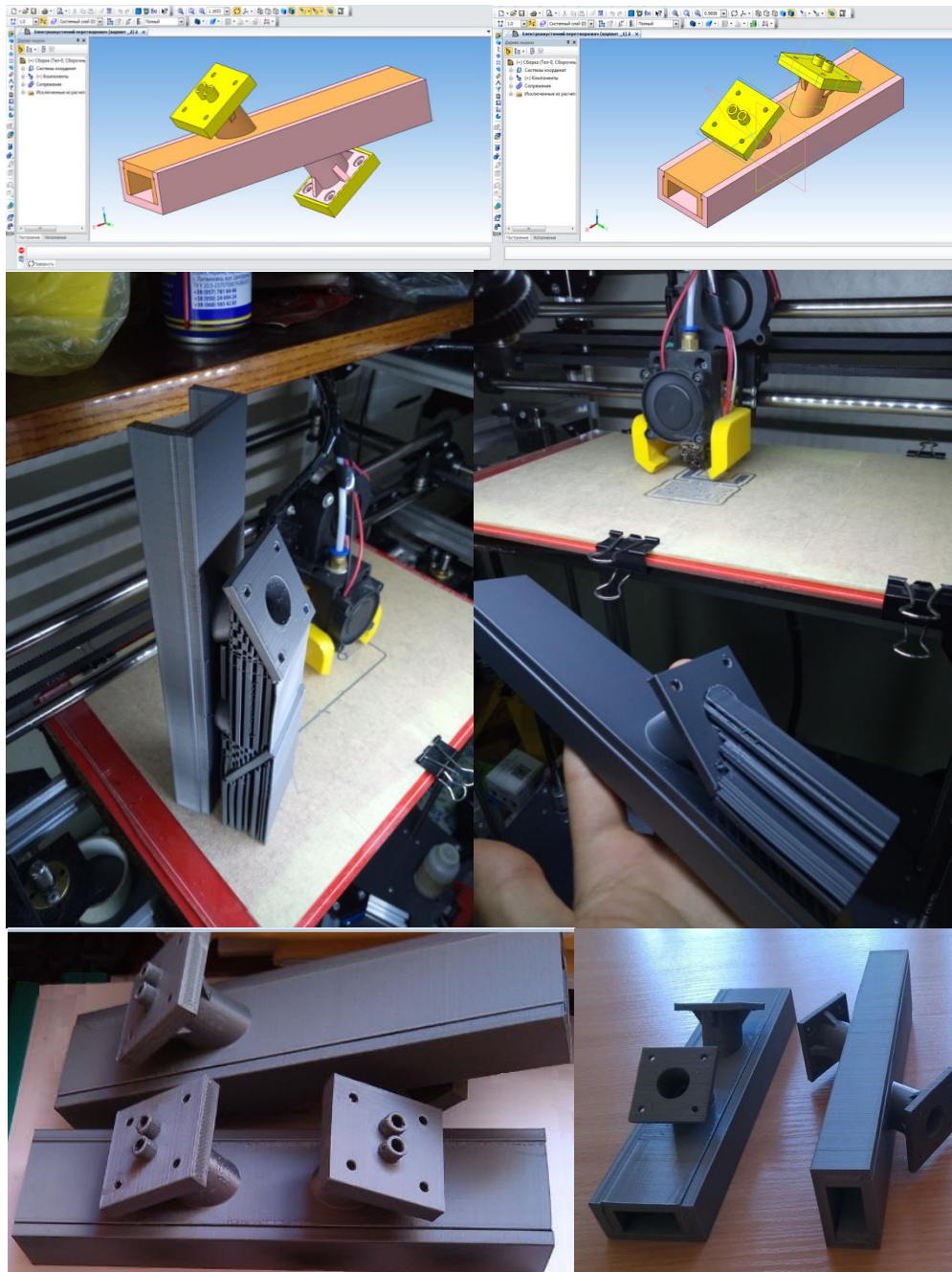
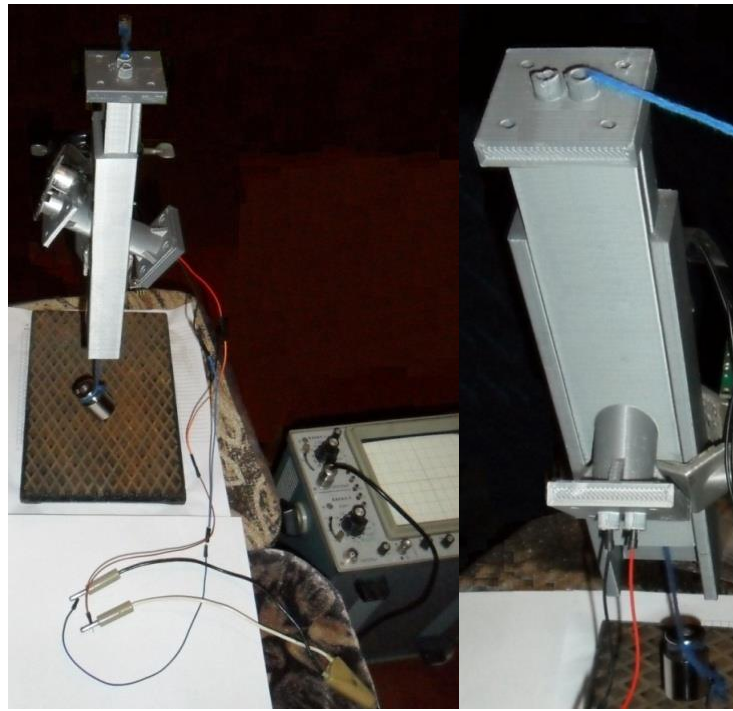
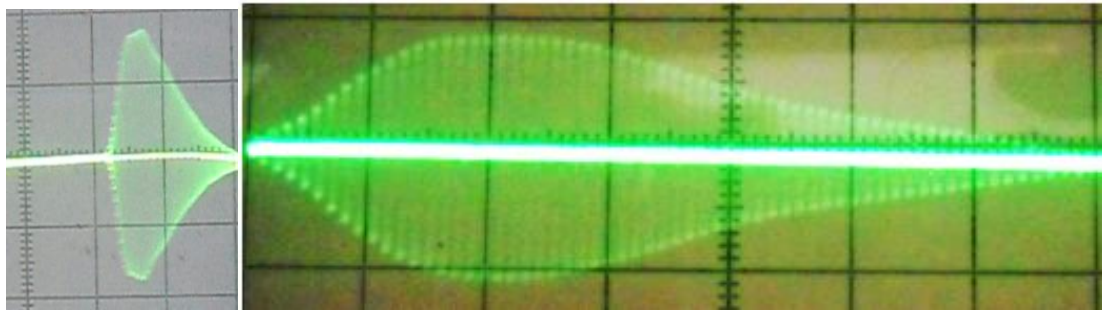


Рисунок 2 – Проектування та 3D друк хвилеводів для ультразвукових датчиків визначення натягу ниток

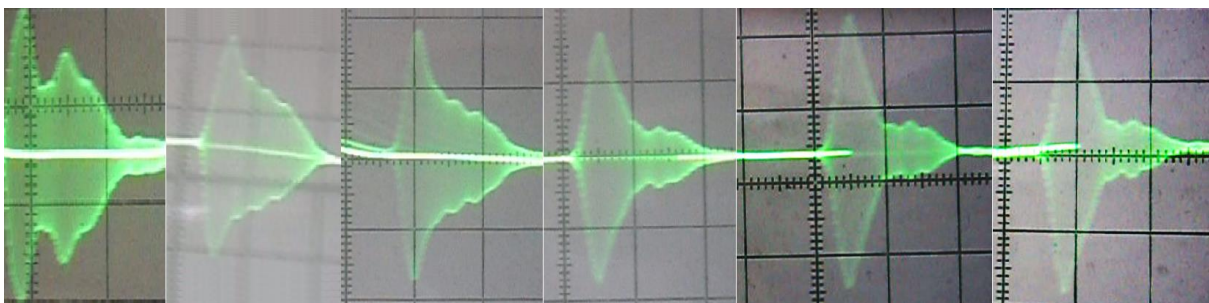
Безконтактне визначення натягу нитки за допомогою хвилеводу показано на рисунку 3.



а



б



Без нитки

$P = 0$

$P = 19,6 \text{ сН}$

$P = 49 \text{ сН}$

$P = 68,6 \text{ сН}$

$P = 98 \text{ сН}$

в

Рисунок 3 – Безконтактне визначення натягу нитки у хвилеводі:

а – пропускання імпульсного ультразвукового сигналу крізь нитку у хвилеводі без перевідбивань; б – вигляд імпульсного ультразвукового сигналу, який пройшов тільки крізь повітря у хвилеводі без перевідбивань; в – вигляд імпульсних ультразвукових сигналів складної форми з двома піками амплітуд, за якими визначається натяг та зміна міжволоконної пористості нитки, після проходження та перевідбивань хвиль у хвилеводі

З рисунку 3,в можна побачити, що збільшення амплітуди першого піку ультразвукового сигналу складної форми показує збільшення величини натягу та зменшення умовного діаметру нитки відповідно до поверхонь зображених на рисунку 1,б, а зменшення другого піку ультразвукового сигналу показує зменшення міжволоконної пористості нитки із зростанням її натягу та деформації.

Висновки. В процесі досліджень було встановлено, що за допомогою імпульсних ультразвукових сигналів можна визначати натяг ниток різного сировинного складу. Зазначене дасть можливість використовувати безконтактні ультразвукові методи та засоби для оперативного контролю натягу ниток в процесі виробництва різних текстильних полотен. Це дасть можливість у майбутньому підвищити якість, за рахунок дотримання в регламентованих межах поверхневої густини полотен із необхідною точністю, та конкурентоспроможність вітчизняної продукції в текстильній промисловості.

Список використаних джерел

1. Щербань В.Ю. Механика нити / В.Ю. Щербань, О.Н. Хомяк, Ю.Ю. Щербань – К.: Бібліотека офіційних видань, 2002. – 196 с.
2. Здоренко В.Г. Дослідження застосування ультразвукового безконтактного методу визначення технологічних параметрів для процесу ткацтва / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко, О.В. Барилко, С.М. Лісовець, Т.В. Лебедюк // Вісник ХНТУ. – 2018. – №4(67). – С. 152 – 161.
3. Здоренко В.Г. Технологічний контроль текстильних матеріалів / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко, О.В. Барилко // Метрологія та прилади. – 2017. – №5. – С. 86 – 88.
4. Здоренко В.Г. Технологічний контроль пористості текстильних матеріалів із складною структурою / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко, А.С. Дяченко // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2017. – №1. – С. 105 – 112.
5. Здоренко В.Г. Контроль технологічних параметрів тканини за допомогою ультразвукового адаптивного пристрою / В.Г. Здоренко, С.В. Барилко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2013. – №3. – С. 7 – 11.
6. Лісовець С.М. Контроль властивостей тканинних і трикотажних матеріалів амплітудно-фазовими акустичними методами / С.М. Лісовець, С.В. Барилко: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції [«Мехатронні системи: інновації та інжиніринг»], (Київ, 15 червня 2018 р.) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К., 2018. – С. 70.
7. Барилко С.В. Технологічний контроль натягу ниток основи безконтактним методом / С.В. Барилко, В.Г. Здоренко, С.М. Лісовець: тези доповідей Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених [«Молодь - науці і виробництву - 2018: Інноваційні технології легкої промисловості»], (Херсон, 17-18 травня 2018 р.) / М-во освіти і науки України, ХНТУ. – Х., 2018. – С. 32 – 34.