

УДК 677.017

В.Г. ЗДОРЕНКО, С.В. БАРИЛКО, О.В. БАРИЛКО,  
С.М. ЛІСОВЕЦЬ, Т.В. ЛЕБЕДЮК  
Київський національний університет технологій та дизайну

### ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО БЕЗКОНТАКТНОГО МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ТКАЦТВА

*В даній роботі розглянуто існуючі контактні методи визначення технологічних параметрів, які впливають на процес ткацтва. Обґрунтована доцільність застосування ультразвукового безконтактного методу з використанням значення амплітуди відбитої ультразвукової хвилі для визначення натягу основи і сили прибою ниток утку в процесі ткацтва. Наведено результати теоретичних досліджень.*

*Ключові слова: сила прибою, натяг основи, поверхнева густина, ультразвуковий безконтактний метод.*

В.Г. ЗДОРЕНКО, С.В. БАРИЛКО, Е.В. БАРИЛКО,  
С.Н. ЛІСОВЕЦЬ, Т.В. ЛЕБЕДЮК  
Киевский национальный университет технологий и дизайна

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА

*В данной работе рассмотрены существующие контактные методы определения технологических параметров, влияющих на процесс ткачества. Обоснована целесообразность применения ультразвукового бесконтактного метода с использованием значения амплитуды отражённой ультразвуковой волны для определения натяжения основы и силы прибоя нитей утка в процессе ткачества. Приведены результаты теоретических исследований.*

*Ключевые слова: сила прибоя, натяжение основы, поверхностная плотность, ультразвуковой бесконтактный метод.*

V.G. ZDORENKO, S.V. BARYLKO, O.V. BARYLKO,  
S.N. LISOVETS, T.V. LEBEDYK  
Kyiv National University of Technologies and Design

### RESEARCH OF APPLICATION ULTRASONIC CONTACTLESS METHOD OF DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR WEAVING PROCESS

*In this work the existing contact methods of determination of the technological parameters influencing weaving process are considered. The expediency of application of an ultrasonic contactless method with use of value of amplitude of the reflected ultrasonic wave for definition of tension of basis and force of surf of threads of weft in the course of weaving is proved. Results of theoretical researches are given.*

*Keywords: surf force, basis tension, surface density, ultrasonic non-contact method.*

#### Постановка проблеми

В теперішній час на сучасному етапі розвитку науки і техніки методи визначення різних технологічних параметрів текстильних матеріалів переважно є контактними і руйнівними. Так, наприклад, для визначення поверхневої густини текстильних матеріалів використовується стандартний метод вирізання зразка з його наступним зважуванням. Зрозуміло, що такий метод не дозволяє оперативно контролювати значення поверхневої густини і призводить до появи браку текстильного матеріалу. Для визначення товщини текстильних матеріалів також необхідно вирізання зразків з наступним вимірюванням контактним товщиноміром. При цьому похибка вимірювання товщини суттєво залежить від контактного тиску на зразок і може досягати 30%. А, наприклад, на виробництві натяг ниток вимірюють механічними пристроями, у яких використовується взаємодія нитки з роликками. При цьому збільшення швидкості нитки призводить до збільшення її обривності, що в свою чергу призводить до появи браку і збільшення простоїв технологічного обладнання.

Також відомий безконтактний метод визначення поверхневої густини текстильних матеріалів із

застосуванням радіоактивного випромінювання. Однак такі пристрої потребують калібрування при зниженні активності джерела випромінювання. Крім того, на результат вимірювань впливають фізико-механічні параметри текстильних матеріалів, що не дозволяє отримати високу точність вимірювань.

Для визначення натягу ниток також відомі електромеханічні пристрої, у яких перетворювач натягу нитки в електричний сигнал виконаний у вигляді пружного елемента у формі консольної балки, на поверхнях якої закріплені п'єзодатчики, що з'єднані у мостову схему. Вони дозволяють виміряти рівнодіючу, яка прикладається до ниток провідника, що охоплюється ниткою. Крім того, за останній час розроблені безконтактні оптичні пристрої, в яких використовується примусова вібрація нитки за допомогою спеціальної форсунки з наступним визначенням частоти коливань за допомогою фотоприймача.

До недоліків пристроїв з використанням рівнодіючої слід віднести залежність показів таких пристроїв від коефіцієнту тертя нитки, а пристроїв з використанням вібрації нитки – від низьких неінформативних параметрів (лінійна щільність нитки і її фізико-механічні параметри) та складність застосування оптичних приладів у виробничих приміщеннях, що обумовлено значним їх запиленням.

Таким чином, проведений аналіз показав, що найбільш перспективним методом визначення технологічних параметрів текстильних матеріалів є безконтактний ультразвуковий метод. При цьому текстильний матеріал опромінюється ультразвуковими хвилями і значення технологічного параметру визначається за амплітудним співвідношенням ультразвукової хвилі, що пройшла крізь текстильний матеріал або відбилася від нього, до падаючої хвилі. Подальший розвиток ультразвукових приладів визначення технологічних параметрів текстильних матеріалів полягає у створенні наукових основ проектування адаптивних приладів із застосуванням обробки вимірювальної інформації, що дозволяє виключити вплив зміни фізико-механічних параметрів матеріалу і параметрів навколишнього середовища на результат вимірювань.

Створення ультразвукових безконтактних приладів технологічного контролю дозволить оптимізувати параметри технологічних процесів виробництва текстильних матеріалів, підвищити якість і конкурентоздатність готової продукції, а створення математичних моделей, що пов'язуватимуть технологічні параметри текстильних матеріалів з амплітудними характеристиками відбитих і поглинутих ультразвукових хвиль, дозволить проаналізувати, спрогнозувати і покращити якісні характеристики виробів безпосередньо в процесі їх виробництва.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Для оперативного технологічного контролю, за своїми можливостями, можуть використовуватися радіоізотопні методи і засоби [1]. Але, враховуючи їх недоліки, які пов'язані в основному із шкідливим впливом радіоактивного випромінювання на людину і необхідністю її захисту від нього, широкого застосування вони в промисловості не знайшли. Пневматичні методи і засоби [2] можуть застосовуватися для визначення різних технологічних параметрів у процесі ткацтва. Однак, до недоліків пневматичних методів і засобів необхідно віднести: низьку чутливість, малий діапазон вимірюваної величини і складність експлуатації. Також можна застосовувати для визначення основних технологічних параметрів текстильних матеріалів оптичні методи і засоби [3]. Їх можна використовувати для визначення зміни пористості виробів із текстильних матеріалів за зміною інтенсивності оптичного випромінювання, яке надходить від джерела освітлення. Проте їх основними недоліками є: мала чутливість до вимірюваної величини і похибки, які виникають при значній запиленості навколишнього середовища.

Отже, доцільним є використання ультразвукових методів і засобів [4], які прості в експлуатації, мають високу точність вимірювання, а також надійні в роботі протягом тривалого часу. Тому безконтактні ультразвукові методи і засоби можна використовувати для подальшого проектування і створення складних автоматизованих систем для визначення основних технологічних параметрів тканих полотен в умовах виробництва.

#### **Формулювання мети дослідження**

Для безконтактного контролю різних технологічних параметрів для процесу ткацтва необхідно використовувати один або декілька інформативних параметрів ультразвукового сигналу з метою підвищення чутливості і роздільної здатності. За зміною амплітуди відбитої від текстильного матеріалу ультразвукової хвилі відносно амплітуди хвилі, яка падає на цей матеріал, можна визначати натяг ниток основи і силу прибою ниток утку в процесі ткацтва (за зміною діаметрів ниток, відстаней між ними та між їх волокнами, що відповідають певній амплітуді відбитої хвилі).

Наведені у статті результати теоретичних досліджень визначення натягу ниток основи і сили прибою ниток утку в процесі ткацтва за допомогою ультразвукового безконтактного методу дають можливість зменшити обривність ниток і прості технологічного обладнання. Проведені дослідження є достатньо важливими для сучасного виробництва тканих полотен і в майбутньому дозволять вдосконалити як ткацькі верстати, так і інше подібне обладнання (наприклад, машини для виробництва трикотажу) із застосуванням безконтактних технологій визначення фактичного натягу ниток в процесі

ткацтва.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Для того, щоб описати процес взаємодії ультразвукових хвиль із нитками полотна у процесі ткацтва, необхідно розглянути основні залежності [5], які пов'язані з однією із основних технологічних операцій на ткацькому верстаті, що забезпечує процес формування тканини заданої будови. Такою операцією є прибій ниток утоку, під час якого натяг основи  $Q_o$  в зоні формування тканини можна виразити наступною залежністю:

$$Q_o = Q_T \frac{\left(1 + k \frac{d_o}{d_y} (\sin(\alpha_o) + \sin(\alpha))\right) \left(1 + 2k \frac{d_o}{d_y} \sin(\alpha)\right)^{n-1}}{(1-\delta)\cos(\alpha)} e^{\frac{\mu r_y \beta \phi}{(r_o+r_y)\sin(\beta)}}, \quad (1)$$

де  $Q_T$  – натяг тканини;  $d_o$  – діаметр ниток основи;  $d_y$  – діаметр ниток утоку;  $r_o$  – радіус ниток основи;  $r_y$  – радіус ниток утоку;  $n$  – кількість ниток утоку у зоні формування тканини;  $\alpha_o$  – половина кута зіву при прибої;  $\alpha$  – кут обхвату поверхні нитки утоку ниткою основи;  $\beta$  – кут нахилу уточної нитки в тканині;  $\phi$  – сумарний кут обхвату уточних ниток у зоні формування тканини;  $\mu$  – коефіцієнт тертя між ниткою і направляючою;  $\delta$  – коефіцієнт напруженості ниток основи при відсутності натягу тканини;  $k$  – комплексний коефіцієнт.

Силу прибою ниток утоку  $P$  можна виразити наступною залежністю:

$$P = Q_T \left[ \frac{\left(1 + k \frac{d_o}{d_y} (\sin(\alpha_o) + \sin(\alpha))\right) \left(1 + 2k \frac{d_o}{d_y} \sin(\alpha)\right)^{n-1} \cos(\alpha_o)}{(1-\delta)\cos(\alpha)} e^{\frac{\mu r_y \beta \phi}{(r_o+r_y)\sin(\beta)}} - 1 \right]. \quad (2)$$

Сумарний кут  $\phi$  обхвату ниток утоку у зоні формування тканини можна виразити наступною залежністю:

$$\phi = \left[ \frac{2\alpha(r_o+r_y)\sin(\beta)}{2\alpha\mu r_y\beta + (r_o+r_y)\sin(\beta)\ln\left(1 + 2k \frac{d_o}{d_y} \sin(\alpha)\right)} \right] \ln \left[ \frac{Q_o(1-\delta) \cdot \left(1 + 2k \frac{d_o}{d_y} \sin(\alpha)\right)^{\frac{\alpha_o+\alpha}{2\alpha}} \cos(\alpha)}{Q_T \left(1 + k \frac{d_o}{d_y} (\sin(\alpha_o) + \sin(\alpha))\right)} \right]. \quad (3)$$

Залежність (3) можна виразити ще й таким чином:

$$\phi = \alpha_o + \alpha + 2\alpha(n-1). \quad (4)$$

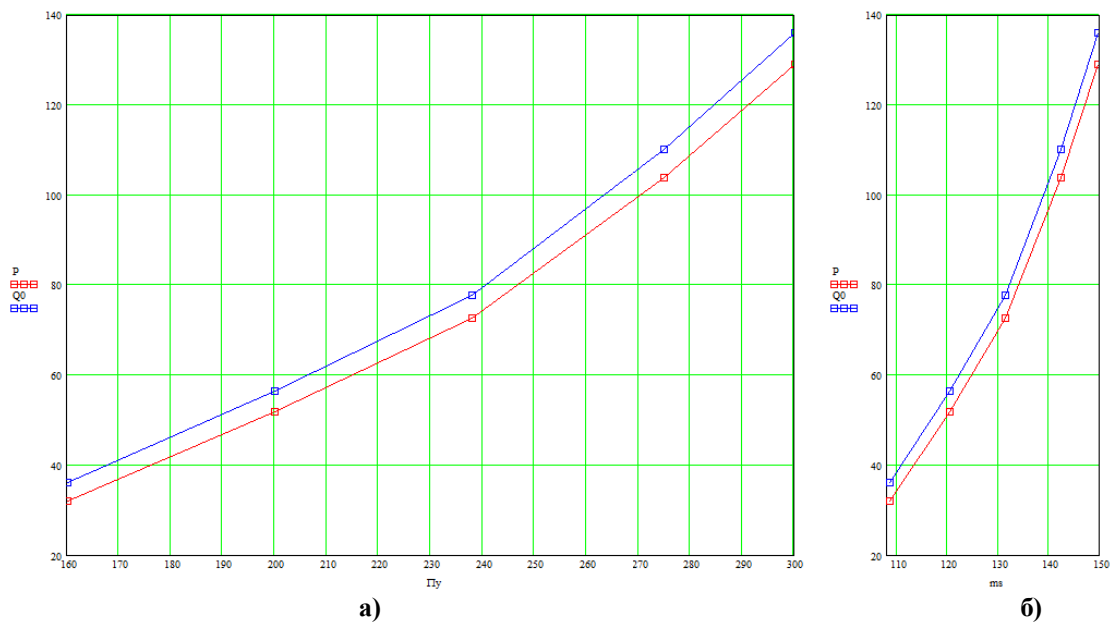
Із виразу (4) можна визначити кількість  $n$  ниток утоку у зоні формування тканини і представити у наступному вигляді:

$$n = 1 + \frac{\phi - (\alpha_o + \alpha)}{2\alpha}. \quad (5)$$

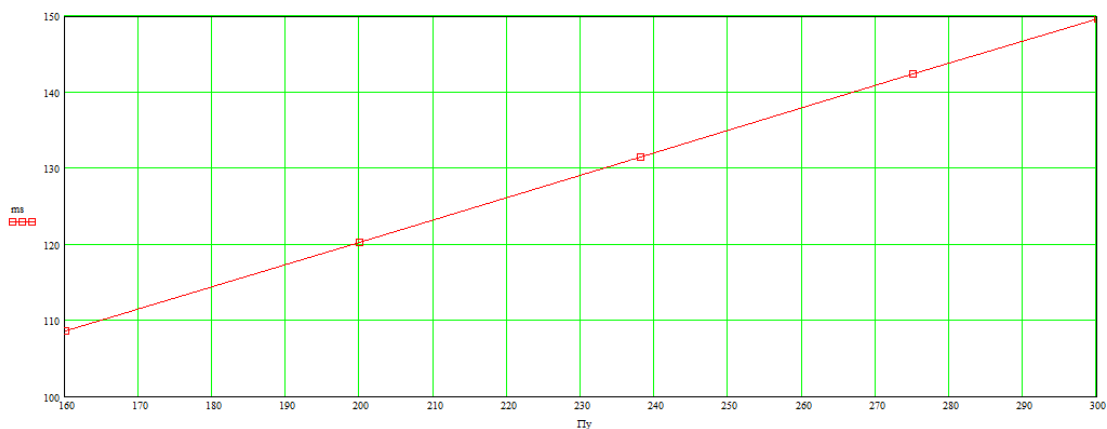
Наприклад, для тканини полотняного переплетіння на рис. 1 показані графіки залежностей сили прибою ниток утоку  $P$  і натягу ниток основи  $Q_o$  від параметра  $P_y$  (кількості ниток утоку на 1 дм) і від поверхневої густини  $m_s$  тканого полотна. При цьому параметри  $P_o = 246 \text{ дм}^{-1}$  (кількість ниток основи на 1 дм),  $T_o = 25,0 \text{ текс}$  (лінійна щільність ниток основи),  $T_y = 29,4 \text{ текс}$  (лінійна щільність ниток утоку),  $r_o = 0,099 \text{ мм}$ ,  $r_y = 0,107 \text{ мм}$ ,  $Q_T = 4 \text{ сН}$ ,  $k = 0,75$ ,  $\mu = 0,5$  і  $n = 4,25$ . На рис. 2 показано зміну

поверхневої густини  $m_s$  тканини від параметра  $\Pi_y$  для розглянутого вище випадку. Також для розглянутого вище випадку на рис. 3 показано залежності зміни кута обхвату  $\alpha$  поверхні ниток утоку основою від параметру  $\Pi_y$  та від поверхневої густини  $m_s$  тканини при формуванні тканини на ткацькому верстаті. Оскільки натяг ниток основи і силу прибою ниток утоку в процесі ткацтва можна визначати безконтактно за зміною діаметрів ниток і відстаней між ними, то вираз для залежності амплітуди ультразвукової хвилі, яка пройшла крізь основу із врахуванням діаметрів самих ниток можна виразити наступною залежністю:

$$|W_o| = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{2\pi f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) d_o \frac{\pi}{4} \cos(\nu_o) \right)^2}}, \quad (6)$$



**Рис. 1.** Залежності натягу ниток основи  $Q_o$  [cH] і сили прибою ниток утоку  $P$  [cH] від заповнення ниток утоку  $\Pi_y$  [dm<sup>-1</sup>] і від поверхневої густини тканини  $m_s$  [g/m<sup>2</sup>]:  
 а) – залежності  $Q_o$  і  $P$  від  $\Pi_y$ ; б) – залежності  $Q_o$  і  $P$  від  $m_s$



**Рис. 2.** Залежність поверхневої густини тканини  $m_s$  [g/m<sup>2</sup>] від заповнення ниток утоку  $\Pi_y$  [dm<sup>-1</sup>]

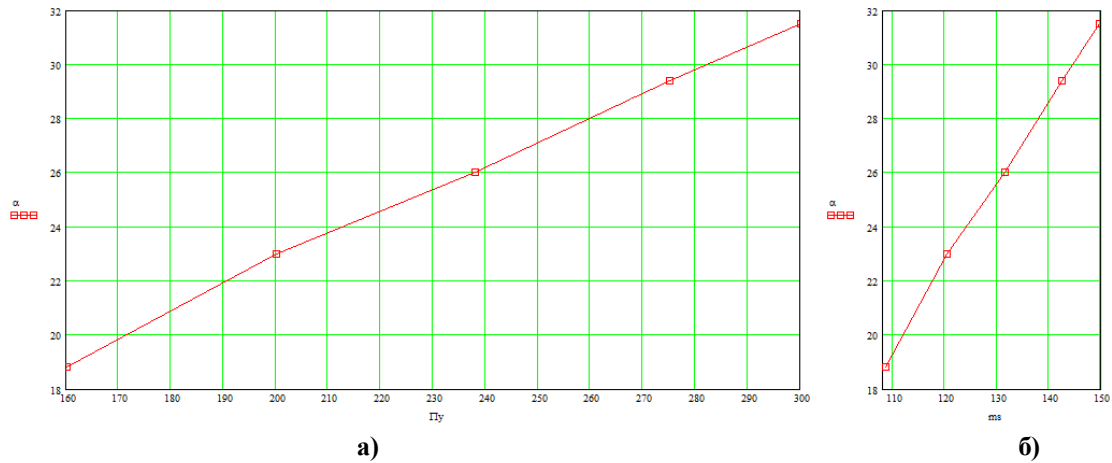


Рис. 3. Залежності зміни кута обхвату  $\alpha$  [град] поверхні ниток утоку нитками основи від заповнення ниток утоку  $P_y$  [дм<sup>-1</sup>] і від поверхневої густини  $m_s$  [г/м<sup>2</sup>]:

а) – залежність  $\alpha$  від  $P_y$ ; б) – залежність  $\alpha$  від  $m_s$

де  $|W_o|$  – модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукового сигналу крізь нитки основи;  $f$  – частота ультразвукових коливань;  $Z_1$  – акустичний опір повітря;  $Z_2$  – акустичний опір текстильного матеріалу;  $c_2$  – швидкість розповсюдження ультразвукового сигналу в текстильному матеріалі;  $v_o$  – кут між вектором ультразвукової хвилі, яка відбивається від ниток основи у бік проходження сигналу, і самими нитками.

Із залежності (6) діаметр ниток основи  $d_o$  можна виразити наступною залежністю:

$$d_o = \frac{\sqrt{\frac{1}{|W_o|^2} - 1}}{\frac{\pi^2 f}{2c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right) \cos(v_o)}. \quad (7)$$

Модуль комплексного коефіцієнту відбиття ультразвукової хвилі від тканини у зоні її формування у процесі ткацтва  $|V|$  можна виразити наступною залежністю:

$$|V| = \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \left( \frac{K m_s f \cos(v)}{Z_1} \right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{Z_1}{K m_s f \cos(v)} \right)^2}}. \quad (8)$$

Якщо визначати діаметр ниток основи  $d_o$  безконтактним методом за допомогою відбитої ультразвукової хвилі, знаючи залежність, яка описує взаємний зв'язок хвиль, які відбиваються, і хвиль, які проходять крізь текстильний матеріал [6], можна з виразу (7) отримати діаметр ниток основи  $d_o$  ще й так:

$$d_o = \frac{2|V_o|K_p}{\sqrt{1 - |V_o|^2} \cos(v_o) \frac{\pi^2 f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right)}, \quad (9)$$

де  $|V_o|$  – модуль комплексного коефіцієнта відбиття ультразвукового сигналу від ниток основи;  $K_p$  – коефіцієнт, який характеризує надходження відбитого ультразвукового сигналу до ультразвукового приймача коливань від структурних показників ниток полотен і їхнього положення відносно самого ультразвукового приймача.

Подвійний середній діаметр ниток тканини  $d_c$  можна визначити тоді наступним чином:

$$2d_c = \frac{2|V|K_p}{\sqrt{1-|V|^2} \cos(v) \frac{\pi^2 f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right)}. \quad (10)$$

Розглянуті вище залежності дають змогу визначити діаметр ниток утоку  $d_y$ . Отже, діаметр ниток утоку  $d_y$  за допомогою двох відбитих ультразвукових сигналів можна визначити наступним чином:

$$d_y = \frac{2 \left( \frac{|V|}{\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} - \frac{|V_o|}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} \right) K_p}{\frac{\pi^2 f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right)}. \quad (11)$$

Тоді співвідношення діаметрів ниток основи і ниток утоку тканини через амплітудні залежності ультразвукових хвиль можна подати так:

$$\frac{d_o}{d_y} = \frac{|V_o|}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o) \left( \frac{|V|}{\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} - \frac{|V_o|}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} \right)}. \quad (12)$$

Звідси

$$\frac{d_o}{d_y} = \frac{1}{\frac{|V| \sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)}{|V_o| \sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} - 1}. \quad (13)$$

За зміною амплітуд відбитих ультразвукових хвиль можна безконтактно визначити зміну діаметрів ниток тканини, але для цього необхідно забезпечити правильне розташування ультразвукових датчиків відносно самих ниток основи і ниток утоку враховуючи їх переплетіння таким чином, щоб ультразвукові хвилі можна було легко детектувати за допомогою приймаючої частини вимірювального приладу.

Отже, самі ультразвукові випромінювач і приймач необхідно розташовувати так, щоб не відбувалося перевідбивання ультразвукових хвиль з їх подальшим накладанням на результуючий інформативний сигнал.

Тому у результаті усі ці прийняті заходи із використанням ультразвукових хвиль, які взаємодіють з нитками основи і нитками утоку тканого полотна, дають можливість отримати наступне співвідношення:

$$\frac{r_y}{r_o + r_y} = \frac{|V| - \frac{|V_o| \sqrt{1-|V|^2} \cos(v)}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)}}{|V|} = 1 - \frac{|V_o| \sqrt{1 + \left( \frac{Z_1}{K m_s f \cos(v)} \right)^2} \sqrt{1 - \frac{1}{1 + \left( \frac{Z_1}{K m_s f \cos(v)} \right)^2} \cos(v)}}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)}. \quad (14)$$

Якщо наведені залежності (13) і (14) підставити в (1) і (2), то можна отримати вирази для натягу ниток основи  $Q_o$  в зоні формування тканини і для сили прибою ниток утоку  $P$  в процесі ткацтва, які можна визначати за амплітудами двох відбитих ультразвукових хвиль:

$$Q_o = Q_T \frac{\left( \frac{1 + k \frac{\sin(\alpha_o) + \sin(\alpha)}{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} \right)^{n-1} \left( \frac{1 + 2k \frac{\sin(\alpha)}{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} \right)^{n-1}}{(1-\delta) \cdot \cos \alpha} \times \exp \left( \frac{\mu \beta \phi \left( |V| - \frac{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} \right)}{|V| \sin(\beta)} \right), \tag{15}$$

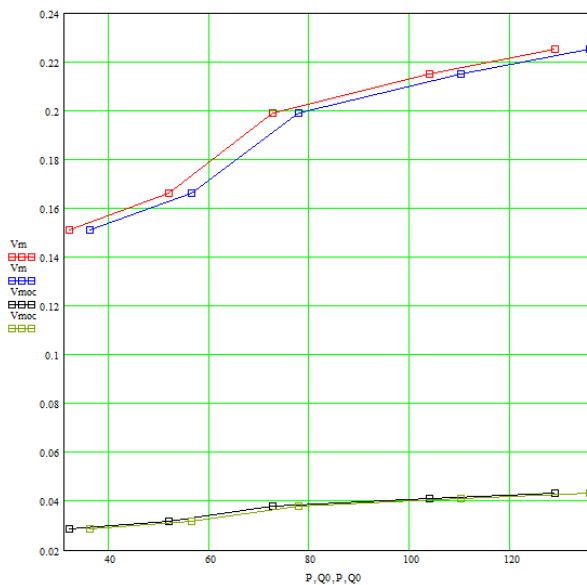
$$P = Q_T \frac{\left( \frac{1 + k \frac{\sin(\alpha_o) + \sin(\alpha)}{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} \right)^{n-1} \left( \frac{1 + 2k \frac{\sin(\alpha)}{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} \right)^{n-1} \cos(\alpha_o)}{(1-\delta) \cos(\alpha)} \times \exp \left( \frac{\mu \beta \phi \left( |V| - \frac{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} \right)}{|V| \sin(\beta)} \right) - 1. \tag{16}$$

З урахуванням залежностей (15) і (16) кількість ниток утоку у зоні формування тканини тоді можна визначити наступним чином:

$$n = 1 + \frac{1}{2\alpha} \cdot \left( \frac{2\alpha |V| \sin(\beta)}{\sqrt{1-|V|^2} \cos(v) \frac{\pi^2 f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right)} \left( \frac{2\alpha \mu \beta \left( \frac{|V|}{\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} - \frac{|V_o|}{\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} \right)}{\frac{\pi^2 f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right)} \right) + \frac{|V| \sin(\beta)}{\sqrt{1-|V|^2} \cos(v) \frac{\pi^2 f}{c_2} \left( \frac{Z_2}{2Z_1} + \frac{Z_1}{2Z_2} \right)} \ln \left( \frac{1 + 2k \frac{\sin(\alpha)}{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o)} - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)} \right) \right)^{-1} \times$$

$$\times \ln \left( \frac{Q_o(1-\delta) \left( 1 + 2k \frac{\sin(\alpha)}{\frac{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o) - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)}} \right)^{\frac{\alpha_o+\alpha}{2\alpha}} \cos(\alpha)}{Q_T \left( 1 + k \frac{\sin \alpha_o + \sin \alpha}{\frac{|V|\sqrt{1-|V_o|^2} \cos(v_o) - 1}{|V_o|\sqrt{1-|V|^2} \cos(v)}} \right)} \right) - (\alpha_o + \alpha). \quad (17)$$

За проведеними дослідженнями отримано криві, які показують характер зміни двох співвідношень відбитих від переплетіння ниток основи і ниток утоку ультразвукових хвиль до амплітуди падаючої на полотно ультразвукової хвилі в залежності від зміни сили прибою  $P$  (позначення графіку на рис. 4  $\square\square\square$ ) і в залежності від зміни натягу ниток основи  $Q_o$  (позначення графіку на рис.4  $\square\square\square$ ). Також за дослідженнями отримано криві, що показують характер зміни двох співвідношень відбитих від самих тільки ниток основи ультразвукових хвиль до амплітуди падаючої на поверхню ниток ультразвукової хвилі в залежності від зміни сили прибою  $P$  (позначення графіку на рис. 4  $\square\square\square$ ) і в залежності від зміни натягу ниток основи  $Q_o$  (позначення графіку на рис. 4  $\square\square\square$ ).



**Рис. 4. Залежності амплітудних співвідношень відбитих ультразвукових хвиль від натягу ниток основи  $Q_o [cH]$  і від сили прибою ниток утоку  $P [cH]$  тканини в процесі ткацтва**

З рис. 4 видно, що відбита від ниток основи ультразвукова хвиля набагато менша за амплітудою від тієї, яка відбивається від решітки переплетіння тканини. Також з рис. 4 можна побачити, що при збільшенні натягу ниток основи і сили прибою ниток утоку збільшується амплітуда ультразвукових хвиль, які відбиваються від матеріалу при незмінній частоті коливань.

Додатково на рис. 5 представлені залежності, які показують характер зміни співвідношення відбитої від переплетіння ниток ультразвукової хвилі до амплітуди падаючої на полотно ультразвукової хвилі від зміни заповнення ниток утоку  $\Pi_y$  і від зміни поверхневої густини  $m_s$  (позначення графіків на рис. 5, а, б  $\square\square\square$ ). Крім того, на рис. 5 представлені залежності, які показують характер зміни співвідношення відбитої від самих тільки ниток основи ультразвукової хвилі до амплітуди падаючої на поверхню ниток ультразвукової хвилі від зміни заповнення ниток утоку  $\Pi_y$  і від зміни поверхневої



густини  $m_s$  (позначення графіків на рис. 5, а, б  $\square$ ).

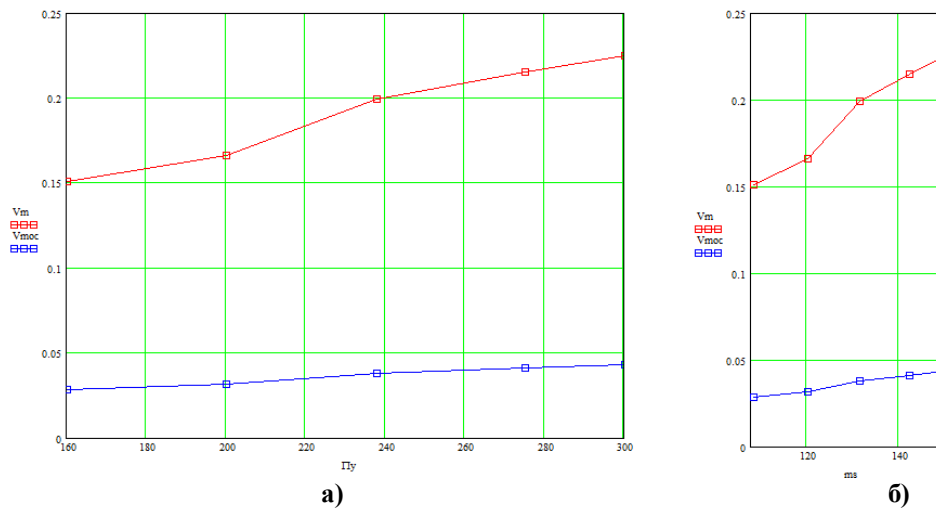


Рис. 5. Залежності амплітудних співвідношень відбитих ультразвукових хвиль від заповнення ниток утоку  $P_y [\text{дм}^{-1}]$  і від поверхневої густини  $m_s [\text{г/м}^2]$  тканини:

- а) – залежності амплітудних співвідношень від  $P_y$  ;  
 б) – залежності амплітудних співвідношень від  $m_s$

Також додатково на рис. 6 показані залежності зміни амплітудних співвідношень відбитих ультразвукових хвиль від переплетіння ниток (позначення графіку на рис. 6  $\square$ ) і від ниток основи (позначення графіку на рис. 6  $\square$ ) в залежності від зміни кута обхвату  $\alpha$  поверхні нитки утоку основою.

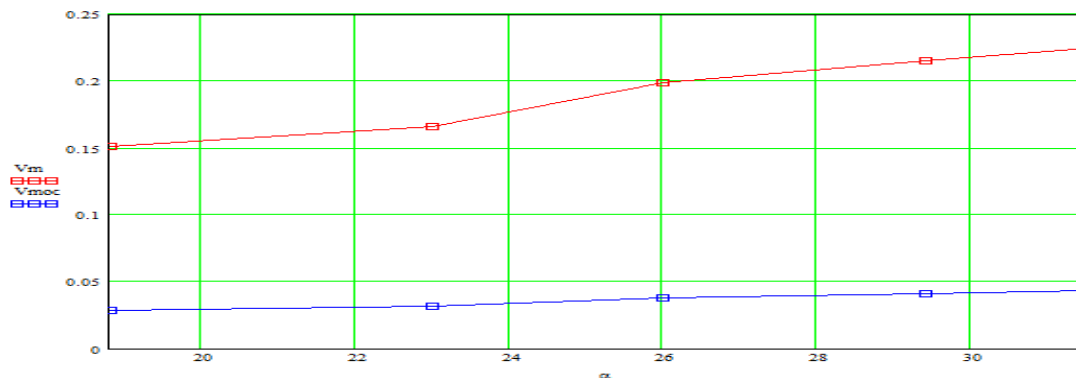


Рис. 6. Залежності амплітудних співвідношень відбитих ультразвукових хвиль від кута обхвату  $\alpha [\text{град}]$  поверхні нитки утоку основою

Представлені залежності амплітудних співвідношень на рис. 4, рис. 5 і рис. 6 є продовженням досліджень розглянутого випадку, для якого був проведений розрахунок технологічних параметрів у цьому дослідженні.

Як можна побачити з отриманих аналітичних залежностей, для реалізації ультразвукового безконтактного методу визначення технологічних параметрів для процесу ткацтва, зокрема для безконтактного ультразвукового контролю натягу ниток основи  $Q_o$  або сили прибою ниток утоку  $P$ , необхідно забезпечити високу чутливість вимірювального каналу відбитої ультразвукової хвилі від ниток основи. Це зумовлено значно меншим рівнем амплітуди ультразвукових хвиль, які відбиваються тільки від ниток основи у порівнянні з відбитими ультразвуковими хвилями від поверхні самої тканини.

#### Висновки

Проведені дослідження показали, що за зміною амплітудних співвідношень відбитих ультразвукових хвиль від полотна тканини і від ниток основи відносно амплітуди ультразвукової хвилі, яка падає на поверхню матеріалу, можна визначати натяг ниток основи і силу прибою ниток утоку в

процесі ткацтва. Наведені результати досліджень безконтактного ультразвукового визначення технологічних параметрів для процесу вироблення текстильних полотен дають можливість зменшити обривність ниток і простої технологічного обладнання.

Дослідження є дуже важливим для сучасного виробництва тканих полотен і в майбутньому дозволить вдосконалити як ткацькі верстати із застосуванням безконтактних ультразвукових технологій визначення фактичного натягу ниток в процесі ткацтва, так і інше подібне обладнання (наприклад, машини для виробництва трикотажу).

#### Список використаної літератури

1. Шумиловский Н.Н. Применение ядерных излучений в устройствах автоматического контроля технологических процессов / Н.Н. Шумиловский, Л.В. Мельцер. – М.–Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 96 с.
2. Прусенко В.С. Пневматические датчики и вторичные приборы / В.С. Прусенко. – М. – Л.: Энергия, 1965. – 193 с.
3. Белоусов Д.А. Контроль пространственного распределения оптического излучения, рассеянного дифракционной структурой / Д.А. Белоусов, А.Г. Полещук, В.Н. Хомутов // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 678–687.
4. Костюков А.Ф. Экспериментальное определение свойств волокон с помощью акустических колебаний / А.Ф. Костюков // Вестник АГАУ. – 2010. – № 9. – С. 84–87.
5. Васильченко В.Н. Прибой точной нити / В.Н. Васильченко. – М.: Легпромбытизат, 1993. – 192 с.
6. Zdorenko V. The use of ultrasonic method for determining the basis weight of textile materials / V. Zdorenko, O. Kyzymchuk, S. Barylko, L. Melnyk // The Journal of The Textile Institute. 2018. Vol. 109. Issue 3. P. 410–418. (Scopus).