

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-28>

УДК 677.017

НИКОЛАЄВ Артем

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
nikolaev.artem1312@gmail.com

ЖЕЛІЗНЯК Валентина

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
valentina.shirokaya.kr@gmail.com

ВОЛКОВИЙ Павло

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0009-0000-6032-9084>
pavel98volk@gmail.com

БАРИЛКО Сергій

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
<https://orcid.org/0000-0002-2785-5784>
poo4ta@bigmir.net

ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВІМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГУ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ

При виготовленні полотен з текстильних матеріалів ниток, пряжі виробник ставить за мету отримання високої якості продукції, яка буде застосовуватися для подальшого створення якісної одягу та інших виробів. З метою досягнення даної мети є необхідність постійного вимірювання та контролю основних параметрів натягу текстилю на технологічному обладнанні. Параметри натягу матеріалу впливають на однорідність текстильних полотен, на їх поверхневу густину та на час простою текстильних машин при обриві ниток у ході технологічного процесу, що впливає також і на грошові втрати для підприємства. При точних вимірах натягу ниток на текстильних машинах та при його контролі, поверхнева густина та однорідність вироблених текстильних полотен будуть забезпечувати високу якість продукції із меншим простоем обладнання при його повторних перезаправках. Для вимірювання даних параметрів, більшість підприємств текстильного виробництва використовують контактні датчики вимірювання натягу, наприклад, тензOMETричні, а також механічні пристрої його корекції. Також на сучасних підприємствах текстильної галузі можуть застосовувати безконтактні оптичні або акустичні датчики натягу матеріалу, які, у свою чергу, повністю виключають похибки через появу сили тертя між поверхнею первинного перетворювача та контрольованим матеріалом, але при високій запиленості в приміщенні (для оптичних датчиків) та при низькому частотному діапазоні (для датчиків акустичного частотного діапазону), який може включати частоти шумових сигналів, їх чутливість та точність різко зменшуються. Для вирішення даної проблеми, пропонується метод вимірювання параметру натягу текстильного матеріалу з використанням хвиль ультразвукового частотного діапазону. Даний ультразвуковий метод дозволить реалізувати безконтактне вимірювання натягу текстильних матеріалів в процесі виробництва.

Для вдосконалення ультразвукового безконтактного методу вимірювання натягу текстильного матеріалу, необхідно виконати наступні завдання: провести аналіз теорії розповсюдження та послаблення ультразвукового імпульсного сигналу, що проходить через контрольований матеріал; показати основні співвідношення амплітуд ультразвукової хвилі, яка взаємодіє з контрольованим матеріалом, та хвилі, що тільки падає на текстильний матеріал; розробити проект інформаційно-вимірювальної системи для визначення натягу текстильного матеріалу; застосувати алгоритм обробки вимірювальної інформації та зробити відповідні розрахунки за функцією перетворення амплітудних параметрів ультразвукових хвиль в зміну значення параметру натягу текстильного матеріалу, які будуть використані у комп'ютеризованій інформаційно-вимірювальній системі.

Для точних вимірів та контролю натягу текстильних матеріалів, необхідно враховувати їх механічні параметри, величину наскрізної та між волоконної пористості та розмір еквівалентного діаметру ниток, що може змінюватися у визначеному діапазоні. В залежності від цих параметрів необхідно виконати правильне налаштування вимірювальної системи для реалізації безконтактного ультразвукового методу вимірювання натягу текстильного матеріалу.

Ключові слова: комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система, текстильний матеріал, діаметр нитки, ультразвуковий метод, безконтактні перетворювачі, хвилевід, вимірювання параметру натягу.

NIKOLAIEV Artem, ZHELIZNIAK Valentyna, VOLKOVYI Pavlo, BARYLKO Serhii

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

DESIGN OF A COMPUTERIZED INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM FOR DETERMINING TENSION OF TEXTILE MATERIAL BY ULTRASONIC METHOD

When manufacturing fabrics from textile materials, threads, yarns, the manufacturer sets the goal of obtaining high-quality products, which will be used to further create high-quality clothing and other products. In order to achieve this goal, it is necessary to constantly measure and control the main parameters of textile tension on technological equipment. The parameters of the material tension affect the uniformity of textile fabrics, their basis weight and the downtime of textile machines when threads break during the technological process, which also affects financial losses for the enterprise. With accurate measurements of thread

tension on textile machines and its control, the basis weight and uniformity of the produced textile fabrics will ensure high quality products with less downtime of the equipment during its repeated refilling. To measure these parameters, most textile production enterprises use contact tension measurement sensors, for example, strain gauges, as well as mechanical devices for its correction. Also, modern enterprises of the textile industry can use non-contact optical or acoustic sensors of material tension, which, in turn, completely eliminate errors due to the appearance of friction force between the surface of the primary transducer and the controlled material, but with high dustiness in the room (for optical sensors) and at a low frequency range (for acoustic frequency range sensors), which may include noise signal frequencies, their sensitivity and accuracy are sharply reduced. To solve this problem, a method for measuring the tension parameter of a textile material using waves of the ultrasonic frequency range is proposed. This ultrasonic method will allow for non-contact measurement of the tension of textile materials in the production process.

To improve the ultrasonic non-contact method of measuring the tension of textile materials, it is necessary to perform the following tasks: to analyze the theory of propagation and attenuation of an ultrasonic pulse signal passing through the controlled material; show the main ratios of the amplitudes of the ultrasonic wave interacting with the controlled material and the wave that only falls on the textile material; develop a project of an information and measurement system for determining the tension of a textile material; apply an algorithm for processing measurement information and make appropriate calculations based on the function of converting the amplitude parameters of ultrasonic waves into a change in the value of the tension parameter of the textile material, which will be used in a computerized information and measurement system.

For accurate measurements and control of the tension of textile materials, it is necessary to take into account their mechanical parameters, the value of the through and interfiber porosity and the size of the equivalent diameter of the threads, which can vary in a certain range. Depending on these parameters, it is necessary to correctly configure the measuring system to implement a non-contact ultrasonic method for measuring the tension of textile material.

Keywords: computerized information and measurement system, textile material, thread diameter, ultrasonic method, non-contact transducers, waveguide, measurement of the tension parameter.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

За допомогою ультразвукового методу, можна визначати натяг текстильних матеріалів в процесі їх виробництва [1-3], які широко використовуються у всіх галузях господарства. В основу практичної реалізації ультразвукового методу покладено задачу проектування комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи [4] для визначення натягу текстильних матеріалів в процесі їх виробництва із використанням безконтактних перетворювачів. Для створення структури комп'ютеризованої системи потрібно спочатку визначитися із безконтактним ультразвуковим методом вимірювання натягу текстильних матеріалів, що можна застосувати. Для вирішення цієї задачі потрібно детально проаналізувати взаємодію ультразвукового сигналу з текстильним матеріалом, параметри яких наведемо у даному дослідженні.

До основних параметрів капронової нитки [5] з лінійною щільністю 28 текс можна навести: подвійний умовний радіус нитки $2r = 0,2\text{мм}$; параметр $B_0 = 0,22\text{сН}\cdot\text{мм}^2$; $E_1 = 599\text{сН}/\text{мм}^2$; коефіцієнт $\alpha T = 0,1765$; коефіцієнт $bT = 0,1186$; $b_k = 0,012\text{мм}$; питоме розривне навантаження $51,1\text{сН}/\text{текс}$; відносне розривне подовження 23% .

До параметрів вовняної пряжі [5] з лінійною щільністю $29,9\text{текс}$ можна навести: $2r = 0,23\text{мм}$; $B_0 = 0,22\text{сН}\cdot\text{мм}^2$; $E_1 = 599\text{сН}/\text{мм}^2$; $\alpha T = 0,1330$; $bT = 0,0910$; $b_k = 0,015\text{мм}$; питоме розривне навантаження $10,7\text{сН}/\text{текс}$; відносне розривне подовження 18% .

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ І ОГЛЯД ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

На підприємствах виготовлення текстильних матеріалів, з метою вимірювання та контролю параметру натягу, можуть бути використані наступні сучасні методи вимірювання: тензометричний метод, акустичний, оптичний, ємнісний та ультразвуковий методи.

Найпростішим є тензометричний метод [6, 7]. Вимірювання параметру натягу здійснюється за допомогою спеціальних роликів. Нитку або пряжу проводять через ролики пристрою. При зміні натягу контрольованого матеріалу, тензоперетворювач, який входить до складу даного приладу, починає деформуватися, сила деформації прямопропорційна натягу матеріалу і при виникненні даної сили, вона перетворюється у відповідний імпульсний сигнал, який потім перетворюється у числовий код, що потім відображається на відповідному екрані приладу як значення натягу. Даний метод є контактним, що спричиняє появу сили тертя між ниткою та поверхнею тензоперетворювача, а це, у свою чергу, може завдати певного пошкодження контрольованого матеріалу. Звичайно, що перед тим як використовувати тензометричний перетворювач, його необхідно правильно встановити і за допомогою фізичного контакту задати в правильному діапазоні натяг. Надмірний натяг, у свою чергу, може спричинити обрив нитки та простій текстильної машини.

Акустичний метод вимірювання є безконтактним, що відразу виключає появу тертя між поверхнею первинного перетворювача та нитки. Даний метод використовує принцип надходження звукових хвиль, які спричинені власними коливаннями контрольованого матеріалу, на акустичний первинний перетворювач. При цьому, на підприємствах із підвищеною зашумленістю чутливість та точність акустичного перетворювача можуть бути зменшені, що, у свою чергу, спричиняє до появи похибки перетворення вимірювальної інформації. Існують засоби на основі акустичного методу [8] для вимірювання натягу

ременів, але при правильному встановленні їх можна також використовувати і для вимірювання натягу текстильних стрічок та ниток з великою лінійною щільністю.

Оптичний метод використовує два оптичні первинні перетворювачі, які безконтактно вимірюють натяг контрольованого матеріалу, але даний метод є чутливим до великої концентрації пилу, що зменшує його точність і як результат виникає похибка вимірювання. Існують прилади та системи, які використовують оптичні перетворювачі на основі безконтактного методу вимірювання [9].

Ємнісний метод базується на зміні електричної ємності між двома пластинами в залежності від зміни параметру натягу контрольованого матеріалу. Даний метод є безконтактним, але при цьому має обмежену чутливість до зміни параметру натягу.

Ультразвуковий метод є також безконтактним методом [10] як і ємнісний метод. За допомогою даного методу можна вимірювати параметр натягу не тільки текстильних матеріалів, але і інших матеріалів, що можуть вироблятися на підприємствах галузі. Він є більш ефективним ніж інші методи та має високу точність та чутливість, і при цьому не є чутливим до високої зашумленості та запиленості у виробничих приміщеннях. Система, яка працює на основі ультразвукового методу, це є інформаційно-вимірювальна система з точним налаштуванням імпульсних сигналів випромінюючих перетворювачів під параметри ниток, натяг яких контролюється. Перетворювач такої системи випромінює ультразвуковий імпульс, який проходить через контрольований матеріал, і який після проходження потрапляє на приймаючий перетворювач, далі на блок перетворення та обробки вимірювальної інформації, де порівнюється співвідношення амплітуд хвиль, що вже пройшли через контрольований матеріал, до хвиль, що тільки падають на нього. Також даний метод дає можливість вимірювати натяг контрольованого матеріалу постійно та оперативно, тобто в режимі реального часу. Для вимірювання параметру натягу більш щільних матеріалів, необхідно встановлювати перетворювачі на відбивання ультразвукового сигналу. Для створення малопотужних сигналів із підвищеною чутливістю до вимірювального параметру натягу матеріалу необхідно забезпечити повторне проходження сигналу через контрольовані текстильні волокна нитки із застосуванням спеціальних хвилеводів [11]. Використання хвилеводів з довільними розмірами для більш потужних імпульсних сигналів може призвести до спотворення їх форми.

У сучасному світі наразі немає універсального безконтактного методу вимірювання параметру натягу текстильного матеріалу, який би в режимі реального часу надавав з високою точністю та оперативністю результат вимірювання. Провівши аналіз існуючих методів можна стверджувати, що ультразвуковий метод є найбільш універсальним з наведених у роботі і він є менш вразливим до зовнішніх чинників, які можуть спотворити результат вимірювання і призвести до похибки.

ФОРМУЛОВАННЯ ЦІЛЕЙ СТАТТІ

Метою роботи є дослідження методу та створення проекту комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення натягу текстильних матеріалів в процесі їх виробництва. Зазначене дасть можливість у подальшому реалізувати безперервний моніторинг цього параметру в процесі виробництва текстилю.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- дослідити теорію розповсюдження та ослаблення ультразвукових хвиль в контрольованому матеріалі;
- привести основні співвідношення амплітуд ультразвукових хвиль, які описують принципи реалізації безконтактного методу вимірювання;
- розробити алгоритм вимірювальних та розрахункових процедур для визначення параметру натягу текстильного матеріалу комп'ютеризованою інформаційно-вимірювальною системою.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Залежність, яку можна показати для визначення натягу ведучої гілки нитки [5] за амплітудними співвідношеннями ультразвукових хвиль, що пройшли матеріал, до хвиль, що тільки падають на нього з врахуванням розсіювання хвиль [11], подаємо наступним чином:

$$P_1 = P_0 + \frac{\left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_1|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3} \right) \cdot (e^{\mu_T \Phi_T} - 1)}{R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_1|^2} - 1} \cdot (1 - \delta_{T0})}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_3}} \times \quad (1)$$

$$\times \left(P_0 - B_0 \cdot \left(2 \cdot \left(R + \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_1|^2} - 1} \cdot (1 - \delta_{T0})}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_1} \right) \right)^2 \right)^{-1},$$

де P_0 – натяг веденої гілки нитки полотна; R – радіус кривизни циліндричної направляючої машини; Z_1 – акустичний опір повітря; $|W_1|$ – модуль комплексного коефіцієнта проходження, який пропорційний амплітудним співвідношенням ультразвукових хвиль, що пройшли волокна нитки, до хвиль, які тільки падають на неї з врахуванням згасання та розсіювання хвиль; f – частота ультразвукових хвиль; μ_T – коефіцієнт тертя нитки полотна; ϕ_T – кут обхвату ниткою направляючої поверхні машини; δ_{T0} – відносна деформація поперечного перерізу в точці входу на направляючу; B_0 – коефіцієнт жорсткості нитки при згині; v_1 – кут між напрямком частини хвиль, що огинають волокна нитки в її середині, та поверхнею цих волокон.

Для того щоб визначити умовний діаметр нитки d або її радіусу r за допомогою ультразвукових хвиль, які пройшли матеріал нитки, скористаємося наступною формулою:

$$d = \frac{4Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_1|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_1}, \text{ або } r = \frac{2Z_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_1|^2} - 1}}{\pi^2 f \rho_2 \cdot \cos v_1}. \quad (2)$$

Для підвищення чутливості ультразвукових хвиль до зміни діаметру ниток, як показує практика є доцільним застосування малопотужних первинних перетворювачів та відповідних до них хвилеводів. Найефективнішими з хвилеводів, є хвилеводи прямокутної форми.

Враховуючи лінійну густину нитки T , початковий натяг нитки P , акустичний опір повітряного середовища Z_1 , кількість проходжень ультразвукової хвилі перерізу хвилеводу з ниткою, яка необхідна для потрапляння коливань до приймаючого перетворювача, n , кут між напрямком частини хвиль, що огинають саму нитку із зовнішньої її сторони, v_2 , щільність волокон нитки ρ_2 , амплітуда тиску в хвилі імпульсного сигналу малої потужності, який проходить хвилевід без нитки, P_{01w} , амплітуда тиску в хвилі імпульсного сигналу малої потужності, який проходить хвилевід з ниткою при зміні її натягу P_{1w} , коефіцієнт об'єму повітря між волокнами нитки K_V , модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль, який дорівнює співвідношенню напруг $|W_1| = U_i/U_1$ та модуль комплексного коефіцієнта проходження ультразвукових хвиль, який дорівнює співвідношенню напруг $|W_2| = U_i^*/U_1^*$, поточний натяг $P^*(\text{б.м.})$ нитки безконтактним методом за амплітудою ультразвукового сигналу, який проходить через матеріал нитки, можна подати тоді так:

$$P^*(\text{б.м.}) = P \cdot \left(\frac{r}{r^*} \right)^3 = Pr^3 \cdot \left(\frac{T}{\frac{Z_1}{\pi f r n \cdot \cos v_1} \cdot \sqrt{\frac{1}{|W_1|^2} - 1}} \right)^{-3}. \quad (3)$$

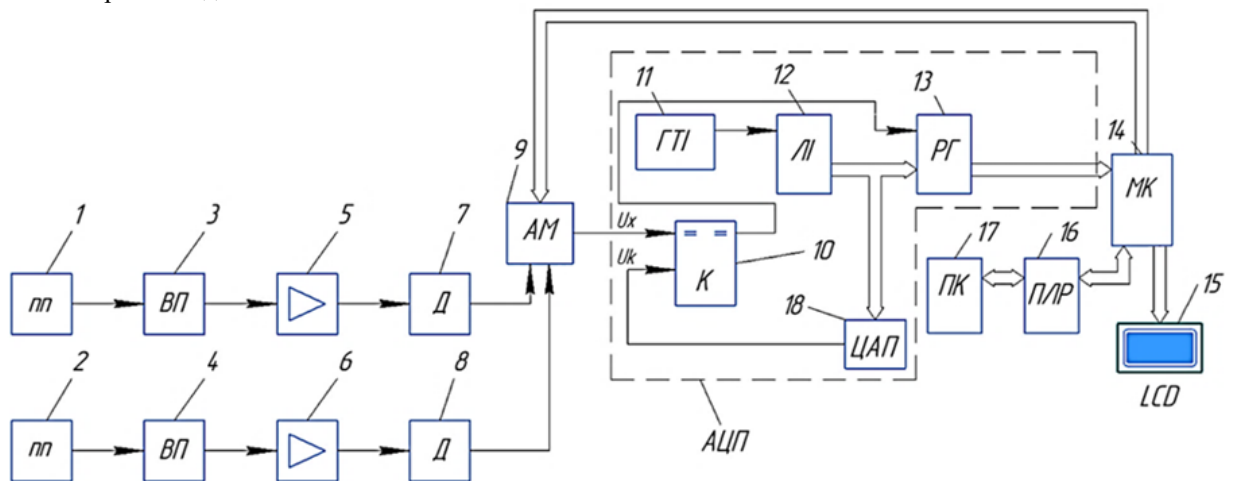
Також можна вимірювати натяг $P^*(\text{б.м.})$ нитки і за амплітудою ультразвукового сигналу більшої потужності. Такий сигнал характеризує хвилі, які оминають нитку у хвилеводі. Вираз для другого випадку ультразвукового сигналу, за яким можна визначити поточний натяг $P^*(\text{б.м.})$ нитки, можна показати як:

$$P^*(\text{б.м.}) = P \cdot \left(\frac{\pi^2 f r n \rho_2 \cos v_2}{Z_1} \right)^3 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{\left(|W_2| - \frac{P_{1w}}{K_V P_{01w}^*} \right)^2 - 1}} \right)^{-3}. \quad (4)$$

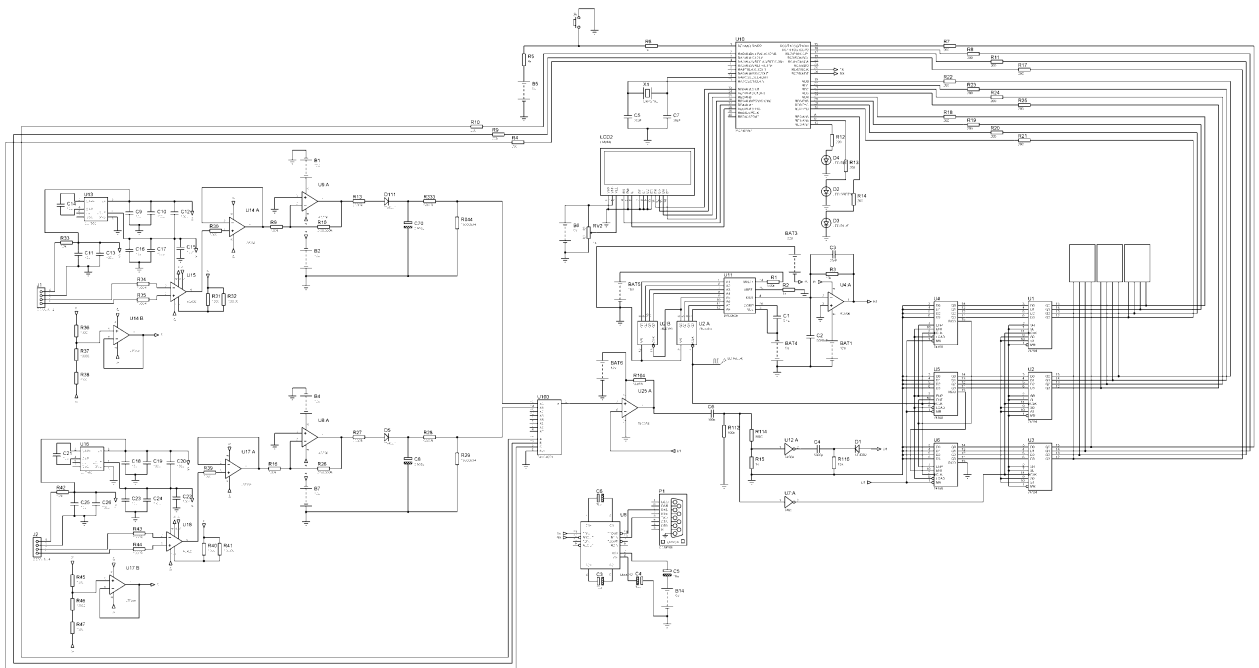
На основі виконаного аналізу були спроектовані: загальна структурна, електрична схеми приймаючої частини вимірювальної системи для визначення натягу текстильних матеріалів та проекти друкованих плат двох складових модулів системи, що показано на рис.1.

В структурі системи показано два вимірювальні канали для вимірювання натягу полотна текстильного матеріалу та для вимірювання натягу ниток текстильного полотна. До системи входять наступні блокові елементи: первинні перетворювачі (ПП) 1, 2, вторинні перетворювачі (ВП) 3, 4, підсилювачі (П) 5, 6, детектори корисного сигналу (Д) 7, 8. Дані канали з'єднані паралельно між собою, та під'єднуються до аналогового мультиплексора (АМ) 9. Також присутній зовнішній аналого-цифровий перетворювач (АЦП), до складу якого входять: компаратор (К) 10, генератор тактових імпульсів (ГТІ) 11, лічильники імпульсів (ЛІ) 12, регістри (РГ) 13, цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) 18. Зовнішній блок АЦП, у свою чергу, підключений до мікроконтролера (МК) 14, який необхідний для опрацювання та передачі вимірювальної інформації на LCD екран 15 та на персональний комп'ютер (ПК) 17 через мікросхему (МАХ232) перетворення логічних рівнів (ПЛР) 16.

Принцип роботи даної системи можна описати так. Натяг текстильного матеріалу та його ниток, який вимірюється, впливає на ПП 1, 2, що перетворюють неелектричну величину U_3 хвилі в електричний сигнал, щоподається на ВП 3, 4. Далі формується інформаційний сигнал, який подається на вхід П 5, 6, який відповідно підсилює даний інформаційний сигнал. З виходу П 5, 6 інформаційний сигнал потрапляє до Д 7, 8, які перетворюють його в однополярну напругу U_x . Ця напруга подається на один з входів АМ 9. Перший та другий наведені вимірювальні канали системи переключуються по черзі та надсилають відповідний сигнал на різні входи АМ 9.



а



б

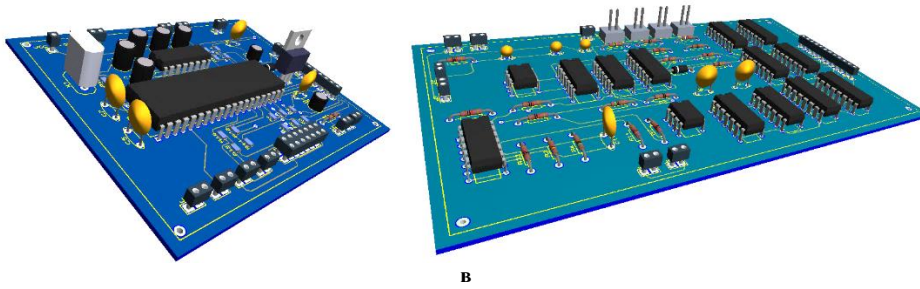


Рис. 1. Структурна, електрична схеми інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) та проєкт друкованих плат складових частин:

- а) структурна схема приймаючої частини ІВС;
- б) електрична схема приймаючої частини ІВС;
- в) проєкти друкованих плат модуля обробки інформації та зовнішнього АЦП ІВС

Після перемикання інформаційний сигнал подається на перший вхід К 10, один з двох вимірюваних сигналів напруги U_x , в залежності від заданої команди перемикання входу АМ9 з МК 14. На другий вхід К 10 з ЦАП 18 вводиться пілкоподібна компенсуюча напруга U_k . Пристрій порівняння К 10 порівнює ці напруги U_x та U_k і видає зміну логічного сигналу в момент їх рівності. Під час рівності напруг ($U_k = U_x$) К 10 створює керуючий імпульс для запису поточного коду N_x з ЛП 12 у РГ 13, відповідно до вимірюваної напруги U_x . У свою чергу, з ГТІ 11 подаються тактові імпульси на ЛП 12, які підраховують їх кількість, що отримуються протягом періоду, коли К 10 видає керуючий імпульс запису коду N_x в РГ 13. Отриманий результат підрахунку N_x із РГ 13 передається на МК 14, а далі опрацьовується МК 14 та відображається на рідкокристалічному дисплеї LCD 15 вже у вигляді вимірюваного натягу текстильного матеріалу. Додатково опрацьований усереднений результат вимірювання натягу текстильного матеріалу передається на ПК 17 через ПЛР 16.

У ході вже експериментальних досліджень були розроблені цифровий генератор пакетів імпульсних сигналів ультразвукової частоти рис.2 та рис.3. Він включався в загальний експериментальний стенд із хвилеводом для визначення натягу текстильних матеріалів, що показано на рис.4.

Звукова енергія зондуючих хвиль в процесі поступового збільшення натягу нитки у хвилеводі розподіляється по різному. Відбувається поступове її перетікання з одєї частини текстильного матеріалу до навколишнього середовища з більшим оминанням перешкоди у вигляді волокон нитки для хвиль з більшою амплітудою (відповідно до виразу (4)), а для хвиль меншої амплітуди, які будуть проходить через матеріал нитки, буде відбуватися більше зменшення сигналу (відповідно до виразу (3)). Зазначені зміни в амплітудах ультразвукових хвиль при різному натязі нитки показані на графіках(рис.6) та на експериментальних осцилограмах (рис.5).



Рис.2. Експериментальний стенд визначення параметрів ультразвукових хвиль в хвилеводі із застосуванням розробленого цифрового генератора



Рис.3. Експериментальний цифровий генератор на МК PIC16F887

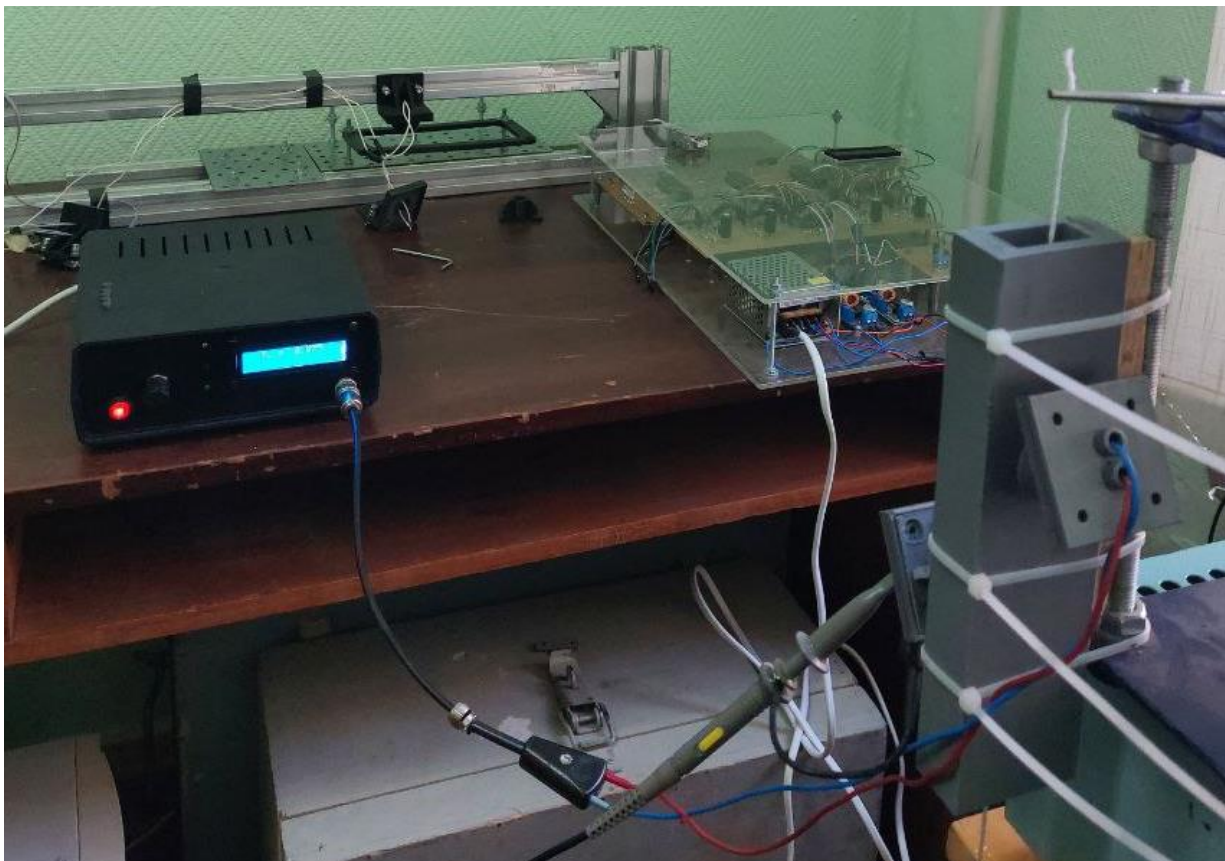
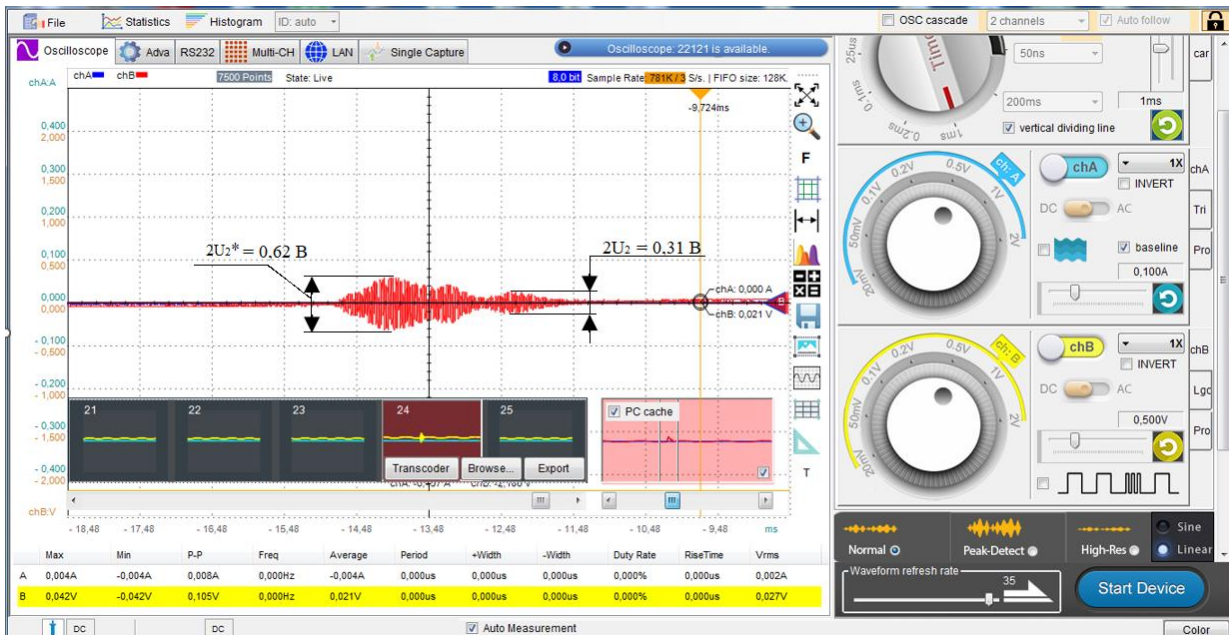
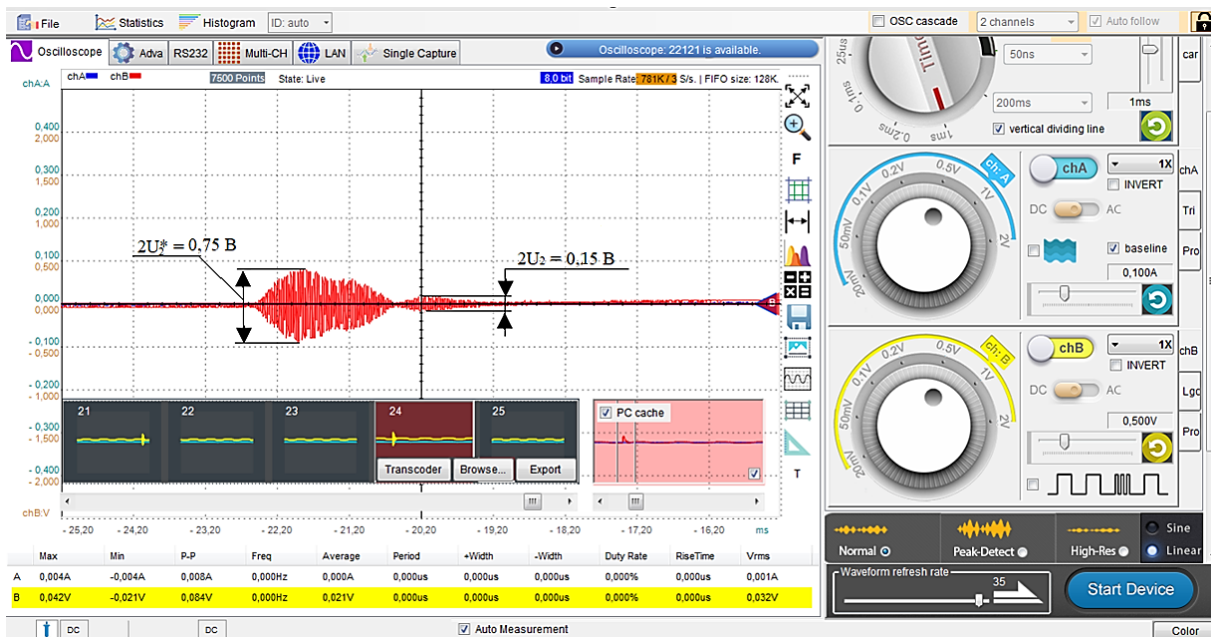


Рис.4. Підключення експериментального генератора стенду до хвилеводу



A



б

Рис.5. Осцилограми ультразвукових хвиль при різному натязі нитки:
а) натяг нитки 10 cH;
б) натяг нитки 110 cH

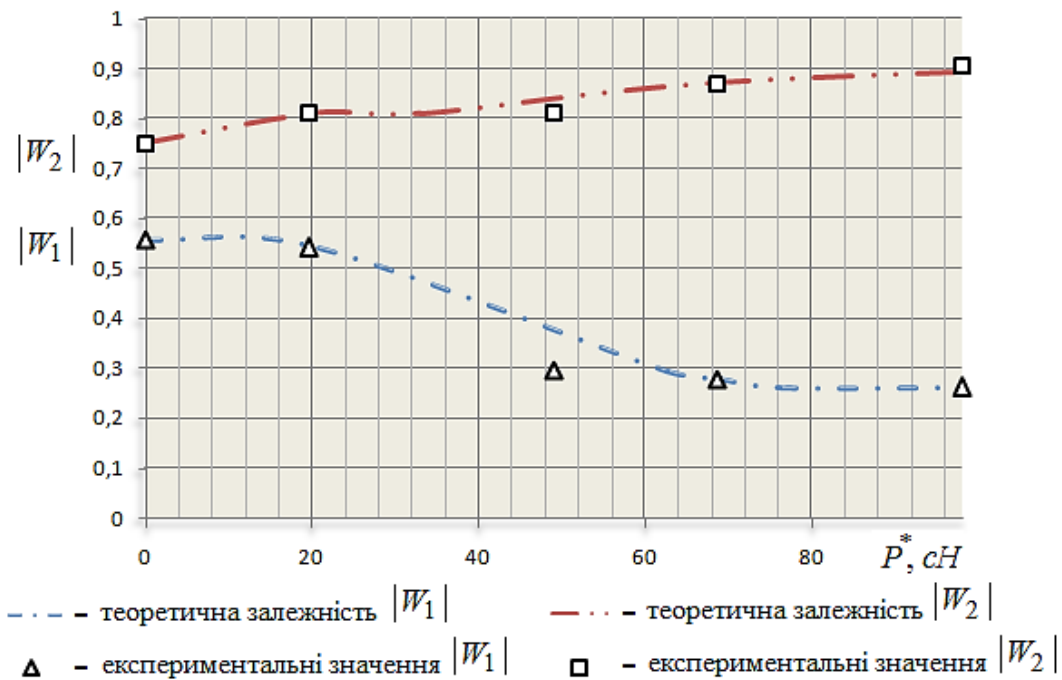


Рис.6. Залежності амплітудних параметрів ультразвукових хвиль від натягу нитки з лінійною щільністю $T = 445$ мг/м та з $g = 1,5$ мм (залежності амплітудних співвідношень або модулів $|W_1|$, $|W_2|$ від натягу нитки P^*)

Імпульсний ультразвуковий сигнал дасть можливість використовувати ультразвукові методи та засоби ІВС для оперативного вимірювання та контролю натягу ниток в процесі виробництва різних текстильних полотен. Різні конструктивні рішення будови хвилеводів дадуть можливість вимірювати натяг ниток безконтактно та підвищити чутливість безконтактних приймаючих перетворювачів.

ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

Провівши дослідження, можна сказати, що за допомогою ультразвукового безконтактного методу є можливість виконувати моніторинг параметру натягу текстильних матеріалів в процесі виробництва. Даний метод є малочутливим до багатьох зовнішніх факторів, які призводять до збільшення похибки, що знижує точність результатів вимірювання. Тому доцільним є розвиток саме безконтактного методу вимірювання натягу різних текстильних матеріалів та його можливе покращення за рахунок створення нових проєктів комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем для легкої промисловості та для галузі у цілому. Нові вимірювальні системи дозволять здійснювати постійне оперативне вимірювання та контроль основних параметрів натягу текстилю на технологічному обладнанні, що, у свою чергу, буде впливати на однорідність текстильних полотен, на час простою текстильних машин при обриві ниток у ході технологічного процесу та на додаткові витрати підприємств, які можуть при цьому виникати. Зазначене зможе забезпечити високу якість продукції та підвищити її конкурентоспроможність на ринку.

Література

1. Zdorenko V. Application of Non-contact Methods to Control the Technological Parameters of Textile Materials in the Production Process / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 125 – 165.
2. Zdorenko V. Design of the Models and Methods of Constructing Computerized Control Systems of Technological Parameters of Textile Materials / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 167 – 214.
3. Zdorenko V. Development of Experimental Samples of Computerized Systems and Non-contact Control Over Technological Parameters of Textile / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 215 – 289.
4. Здоренко В.Г. Проектування комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем. Навчальний посібник / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. Г. Здоренко, Н. М. Защепкіна, С. В. Барилко, Г. І. Войченко, С. М. Лісовець, О. М. Маркіна. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 262 с.
5. Щербань В.Ю., Хомяк О.Н., Щербань Ю.Ю. Механика нити. Киев, 2002. 196 с.

6. Тензометричний датчик Н9Х: <https://zemic.com.ua/tenzometrychnyi-datchyk-h9x/>.
7. Дротяний тензіометр SANKER серії ХТ: <https://ukrainian.tension-skm.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%8F%D0%B3%D1%83-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D1%96%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80-%D1%96%D0%B7-%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC-%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%97-xt>.
8. Акустичний вимірювач натягу SANKER U-508: <https://ukrainian.tension-skm.com/index.html>.
9. Оптичний вимірювач натягу PCE-BTM 2000: https://pragmatic.com.ua/izmpas/pce_btm2000.
10. Zdorenko V, Kyzymchuk O, Barylko S, et al. The use of ultrasonic method for determining the basis weight of textile materials // The Journal of The Textile Institute. 109. 2018. – P. 410 – 418.
11. Zdorenko V. Non-contact ultrasound method of thread tension determination for light industry machinery / Zdorenko V., Barylko S., Kucheruk V., Lisovets S. // Bulletin of the Karaganda University, Physics Series. 104. 2021. – P. 35 – 45.

References

1. Zdorenko V. Application of Non-contact Methods to Control the Technological Parameters of Textile Materials in the Production Process / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 125 – 165.
2. Zdorenko V. Design of the Models and Methods of Constructing Computerized Control Systems of Technological Parameters of Textile Materials / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 167 – 214.
3. Zdorenko V. Development of Experimental Samples of Computerized Systems and Non-contact Control Over Technological Parameters of Textile / Zdorenko V., Barylko S., Zashchepkina N., Zaporozhets A., Lisovets S., Kiva I. // Studies in Systems, Decision and Control. 460. 2023. – P. 215 – 289.
4. Zdorenko V.G. Proiektuvannia kompiuteryzovanykh informatsiino-vymiriuvalnykh system. Navchalnyi posibnyk / KPI im. Ihoria Sikorskoho; uklad.: V. G. Zdorenko, N. M. Zashchepkina, S. V. Barylko, H. I. Voichenko, S. M. Lisovets, O. M. Markina. – Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2022. – 262 p.
5. Shcherban V.Iu., Khomiak O.N., Shcherban Yu.Iu. Mekhanyka nyty. Kyev, 2002. 196 p.
6. Тензометричний датчик Н9Х: <https://zemic.com.ua/tenzometrychnyi-datchyk-h9x/>.
7. Дротяний тензіометр SANKER серії ХТ: <https://ukrainian.tension-skm.com/%D0%94%D0%B0%D1%82%D1%87%D0%B8%D0%BA-%D0%BD%D0%B0%D1%82%D1%8F%D0%B3%D1%83-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%82%D1%83/%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B7%D1%96%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80-%D1%96%D0%B7-%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BC-%D0%B4%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BC-%D1%81%D0%B5%D1%80%D1%96%D1%97-xt>.
8. Akustychnyi vymiriuvach natiahu SANKER U-508: <https://ukrainian.tension-skm.com/index.html>.
9. Optychnyi vymiriuvach natiahu PCE-BTM 2000: https://pragmatic.com.ua/izmpas/pce_btm2000.
10. Zdorenko V, Kyzymchuk O, Barylko S, et al. The use of ultrasonic method for determining the basis weight of textile materials // The Journal of The Textile Institute. 109. 2018. – P. 410 – 418.
11. Zdorenko V. Non-contact ultrasound method of thread tension determination for light industry machinery / Zdorenko V., Barylko S., Kucheruk V., Lisovets S. // Bulletin of the Karaganda University, Physics Series. 104. 2021. – P. 35 – 45.