

ОЦІНКА ВІДПОВІДНОСТІ

УДК 677.11.021

Кузьміна Т. О., Єдинович М. Б., Толмачов В. С., Валько М. І., Мамай О. І.

РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ АНАЛІЗУВАННЯ ЛЛЯНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВІ ЙОГО АКУСТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Проаналізовано сучасні методи визначення основних параметрів луб'яних волокон. Обґрунтовано, розроблено та випробувано макетний зразок приладу для визначення фізико-механічних властивостей льоноволокна. Принцип дії приладу ґрунтується на звукопоглинальній здатності лляного волокна, що дає можливість об'єктивно охарактеризувати його за показниками лінійної щільності, розривної навантаги та гнучкості. Встановлено кореляційний зв'язок між показниками якості волокна та показами приладу на рівні статистичної значущості 0,05.

Ключові слова: лінійна щільність, розривна навантага, гнучкість, акустичний метод, звукова хвиля.

Постановка проблеми в загальному вигляді. В основу якісної оцінки лляного волокна покладено його прядильну здатність, тобто здатність волокна перероблюватися на пряжу заданої товщини та з певними характеристиками. Прядильна здатність волокна характеризується багатьма властивостями, які можна поділити на головні, додаткові та супутні [1]. До головних властивостей, що безпосередньо впливають на якість пряжі, належать розривна навантага, гнучкість та лінійна щільність. Додаткові властивості впливають на інтенсивність і характер виробничого процесу. До них належать вміст костриці, шишкуватість та недороблення. Супутні властивості безпосередньо не впливають на якість пряжі, а доповнюють її головні властивості. До супутніх властивостей належать колір, ваговитість, оліїстість та блиск.

Пашин Є. Л. запропонував обчислювати коефіцієнти кореляції між лінійною щільністю, гнучкістю та розривною навантагою волокна в різних частинах стебла: верхній, середній і прикореневій [2]. Чим вищі ці коефіцієнти (0,92–0,98), тим кращу якість має волокно.

Французькі дослідники надають перевагу оцінюванню якості тіпаного волокна за анатомічними ознаками [3], використовуючи для цього оптичну мікроскопію в лабораторіях промислових підприємств. Критеріями якості волокна є форма й товщина елементарних волокон, форма порожнин, ступінь подрібненості волокна, товщина шару корової паренхіми в стеблі та ступінь зчеплення її з волоконцями, ступінь одерев'яніння серединних пластинок і волокна у волокнистих пучках.

Якість волокна також залежить від розвитку техніки й технології, вдосконалення яких дає можливість з одиниці волокна однієї й тієї самої якості виробляти більше пряжі з кращими параметрами. На льонозаводах здійснюють модифікацію коротких волокон, завдяки чому навіть грубе, одерев'яніле волокно прядеться з невисокою обривністю, що забезпечує отримання пряжі необхідної якості. Це свідчить про те, що методи оцінювання волокнистої сировини потрібно постійно вдосконалювати у зв'язку з розвитком техніки й технології процесів вирощування льону-довгунця, його переробленням і розширенням асортименту виготовленої продукції. Тому в умовах створення інноваційних технологій

перероблення лляної сировини актуальним завданням є розроблення нових та вдосконалення наявних методів оцінювання якісних параметрів лляних волокон.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні прилади для оцінювання якості волокна використовують оптичні, акустичні та інші способи отримання інформації про параметри волокна з подальшим обробленням з використанням спеціалізованого програмного забезпечення. Відомі автоматизовані комплекси, наприклад виробництва ООО Метротекс (Росія) [4], Autolab (Угорщина), Uster Tester фірми Zellweger Uster (Швейцарія) [5], призначені для лабораторних досліджень текстильних матеріалів, мають у своєму складі ПК, що гарантує високу точність і достовірність отриманих результатів, але не придатні для використання у виробничих та польових умовах. Подібні комплекси виробляють у Європі, США, Японії.

Щоб скоротити час на визначення показників лінійної щільності лляного волокна та забезпечення високого ступеня об'єктивності аналізування, розроблено прискорений метод, що ґрунтується на залежності між розщепленістю волокна та його опором проходженню повітряного потоку [6, 7]. Відомо, що за всіх рівних умов крізь шар тонких волокон за одиницю часу проходить менше повітря, ніж крізь шар грубих (товстих) волокон.

У текстильній промисловості Західної Європи для швидкого визначення показників лінійної щільності різних волокон використовували прилад micronair, що працював за таким самим принципом дії. У цьому приладі стиснене повітря під постійним додатним або від'ємним тиском надходить у камеру, в яку закладено певну кількість волокна, стисненого до певного об'єму.

Аналізування методів, які застосовують наразі для визначення показників якості лубоволокнистих матеріалів, засвідчує, що вони більшою частиною трудомісткі, потребують спеціального обладнання чи багато часу на проведення вимірювань та оброблення отриманих результатів, а сучасні автоматизовані комплекси – значного фінансування. З огляду на викладене вище можна констатувати, що проблема створення простих експрес-методів оцінювання якості лляного волокна з використанням засобів мікропроцесорної техніки для здійснення процесу вимірювання є актуальним завданням, яке потребує розв'язання.

Мета статті. Завданням цієї роботи є обґрунтування й розроблення нового інструментального експрес-методу вимірювання найважливіших фізико-механічних показників якості лляного волокна: лінійної щільності, гнучкості та розривної навантаги на основі акустичних властивостей.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводили з використанням партій тіпаного лляного волокна від 11-го до 15-го номерів, отриманого з трести льону сорту Чарівний різного ступеня вилежування на базі лабораторій Інституту луб'яних культур (м. Глухів), а також у лабораторіях кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету. Для визначення якісних показників використовували як традиційні методи згідно з ДСТУ 4015–2001 [8], так і розроблені авторами методики.

Необхідну кількість повторень у дослідях визначали, зважаючи на задану похибку, яка не повинна перевищувати 5 %, згідно з наявними методиками [9; 10]. Ефективність нового розробленого методу оцінювання лляних волокон визначали порівнянням показників, одержаних стандартними методами. Ступінь відтворюваності та прецизійності запропонованого методу оцінювали згідно з наявною методикою [11].

Результати експериментів обробляли за допомогою методів математичної статистики. Значимість розбіжностей між середніми значеннями показників визначали за критеріями Стьюдента та Фішера [9], а закономірність змін досліджуваних параметрів – методом найменших квадратів.

Ефект втрачання енергії звуковою хвилею під час проходження крізь матеріал використовують у багатьох вимірювальних приладах і в різних галузях для визначення фізико-механічних показників досліджуваних матеріалів, наприклад для визначення ефективності звукоізоляції або визначення властивостей волокнистих та композитних матеріалів [12–14].

Поширення акустичних хвиль у волокнистих матеріалах описують за допомогою таких моделей: композиційна модель, модель Маккензі, модель Скорохода, модель Бальшина та перколяційна модель [15].

Середовище, в якому поширюється звук, вступає у взаємодію з енергією звукової хвилі й частково її поглинає. Інтенсивність звукових коливань у середовищі зменшується за експоненціальним законом. Цей процес обумовлено внутрішнім тертям, теплопровідністю поглинального середовища та його структурою. Його характеризує величина шару напівпоглинання, що показує, на якій глибині інтенсивність коливань зменшується вдвічі. Розглянемо випадок, коли звукова хвиля проходить три середовища з акустичним опором Z_1 , Z_2 , Z_3 ($\text{Па} \cdot \text{с}/\text{м}^3$) (рисунок 1).

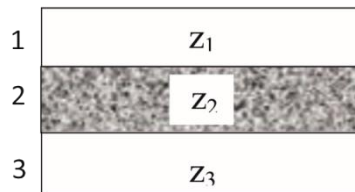


Рисунок 1. Схема проходження звукової хвилі крізь матеріал:
1, 3 – повітря; 2 – досліджуваний матеріал.

Для обчислення проходження плоскої звукової хвилі крізь матеріал завтовшки h за нормального її падіння з урахуванням множинного відбиття хвилі на обох межах досліджуваного матеріалу застосовують принцип суперпозиції [15]:

$$A_n = \sum_{j=1}^n A_j = A_0 D_{12} D_{23} e^{ikh} + A_0 D_{12} D_{23} Q_{23} Q_{21} e^{3ikh} + A_0 D_{12} D_{23} Q_{23} Q_{21} Q_{23} Q_{21} e^{5ikh}; \quad (1)$$

$$D = \frac{P_n}{P_0} = D_{12} D_{23} e^{ikh} \sum_{n=0}^{\infty} (Q_{23} Q_{21} e^{ikh})^n. \quad (2)$$

де D – коефіцієнт проходження хвилі на межах відповідних середовищ;

Q – коефіцієнт відбиття хвилі на межах відповідних середовищ;

k – хвильове число матеріалу шару.

Амплітуду хвилі описує вираз (3), а коефіцієнт проходження визначають відповідно до формули (2). Геометрична прогресія сходиться за умови $|Q_{23} Q_{21}| < 1$.

Оскільки перше й третє середовища однакові (повітря), то акустичний опір $z_1 = z_3$. Для цього випадку, спираючись на математичні обчислення [16, 17], отримаємо рівняння залежності коефіцієнта D від акустичного опору середовища:

$$D = \frac{1 - \alpha h}{\sqrt{\left(1 + \frac{\left(\frac{z_2}{z_1} - 1\right)^2}{\left(\frac{2z_2}{z_1}\right)} \alpha h\right)^2 + \left(1 + \frac{\left(\frac{z_2}{z_1} - 1\right)^2}{\left(\frac{2z_2}{z_1}\right)}\right)^2 (1 - 2\alpha h)^2 \sin^2 \frac{2\pi h}{\lambda_2}}}, \quad (3)$$

де α – коефіцієнт згасання в шарі матеріалу;
 λ_2 – довжина звукової хвилі в шарі матеріалу, м.

Однак на практиці дуже зручно використовувати замість коефіцієнта проходження D показник N , що характеризує інтенсивність звуку або рівень звукового тиску:

$$N = k \cdot \lg \frac{P}{P_0}. \quad (4)$$

При цьому залежність коефіцієнта проходження D від матеріалу переноситиметься на N , за яким можна оцінити звукопоглинальні властивості цього матеріалу. Отже, знаючи ступінь зменшення інтенсивності звуку під час проходження звукової хвилі крізь досліджуваний матеріал, можна оцінювати фізико-механічні властивості лляного волокна, зокрема товщину, лінійну щільність, вміст сміттєвих домішок.

Запропонований метод ґрунтується на вимірюванні інтенсивності звукових коливань певної частоти, що проходять крізь пробу волокна визначеної маси [18]. Вимірювання здійснюються у замкненій циліндричній камері постійного об'єму, що унеможливило вплив звуків зовнішнього середовища на результат вимірювання. За результатами проведених досліджень спроектовано прилад, що дає змогу визначити ступінь звукопоглинання звукової хвилі волокнистим матеріалом. Принцип його дії ґрунтується на визначенні рівня звукового тиску в результаті проходження звукової хвилі крізь певний об'єм волокнистого матеріалу. Інтенсивність проходження звукової хвилі крізь матеріал контролюють акустичним сенсором – конденсаторним мікрофоном, далі здійснюється лінійне перетворення величини звукового сигналу на постійний струм, значення напруги якого обробляє мікроконтролер, а результат відображається на цифровому дисплеї.

Функційну схему цього приладу зображено на рисунку. 2. Прилад містить такі основні елементи: керований генератор синусоїдних коливань, підсилювач низької частоти, випромінювач, досліджуваний матеріал, акустичний давач, підсилювач сигналу, амплітудний детектор, спеціальну схему оброблення сигналу.

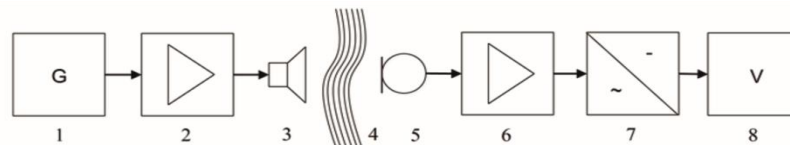


Рисунок 2. Функційна схема приладу для визначення показника звукопоглинання:

1 – генератор; 2 – підсилювач сигналу; 3 – звуковий випромінювач; 4 – досліджуваний матеріал; 5 – акустичний давач; 6 – підсилювач сигналу; 7 – амплітудний детектор; 8 – блок оброблення сигналу та відображення результатів вимірювання.

Визначення звукового тиску здійснюють акустичним давачем, який з'єднується зі спеціальною схемою оброблення звуку, де звук підсилюється, а потім лінійно перетворюється на постійну напругу, яка потрапляє до аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Отримані дані обробляють мікропроцесорним модулем згідно з розробленим

алгоритмом, а результат обчислень відображають на цифровому дисплеї. Зовнішній вигляд ПВПЗ-1 подано на рисунку. 3.

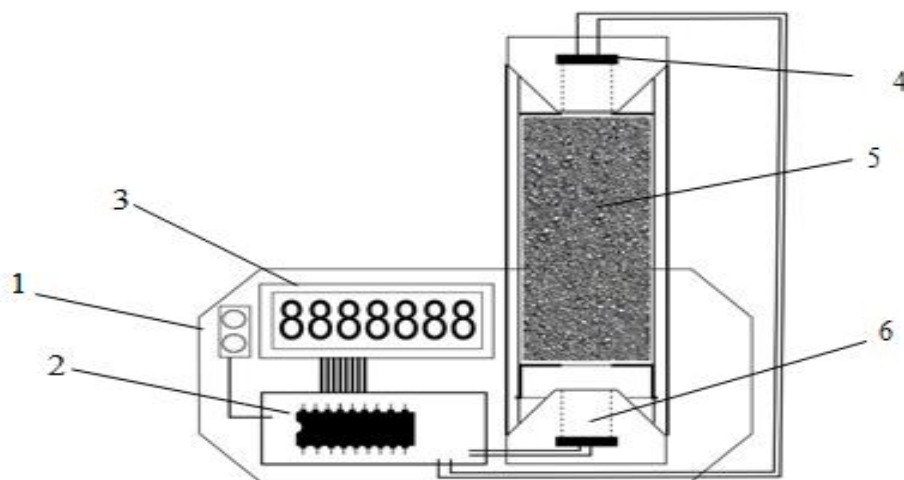


Рисунок 3. Схематичний вигляд приладу ПВПЗ-1:

1 – корпус; 2 – модуль оброблення звукового сигналу та генератор звукової частоти; 3 – цифровий індикатор; 4 – звуковий випромінювач; 5 – вимірвальна камера з волокном; 6 – акустичний давач.

Для проведення дослідження зразок волокна масою 10 г розрізають на частини приблизно по 2 см, а потім розміщують у вимірвальній камері 5 та встановлюють її в прилад. За допомогою кнопок керування вибирають необхідний режим роботи згідно з розробленим алгоритмом і здійснюють вимірювання. За результат вимірювання беруть середнє арифметичне значення вимірювання десятиох зразків однієї партії, обчислене з точністю до другого десяткового знака з наступним округленням до першого десяткового знака.

В алгоритмі роботи приладу передбачено вибір кількох режимів роботи.

1. Режим тестування випромінювача, який дає можливість перевірити роботу генератора, підсилювача, випромінювача, акустичного сенсора та цифрової частини схеми. Режим тестування дає можливість здійснити аналізування звукопоглинання матеріалу у вибраному частотному діапазоні або в діапазоні частот від 500 Гц до 2000 Гц з кроком 50 Гц.

2. Режим вибирання робочого діапазону частот для подальшого аналізування досліджуваного матеріалу в установлених частотних межах.

3. Режим вимірювання, який передбачає багаторазове вимірювання й статистичне оброблення результатів.

4. Режим відтворення результатів вимірювання на цифровому дисплеї.

Для оцінювання якості за допомогою розробленого приладу визначено його параметри й параметри досліджуваного зразка волокна. До параметрів, які треба визначити, належать робоча частота випромінювача й маса зразка. Для визначення робочої частоти випромінювача в розробленому алгоритмі роботи приладу передбачено тестовий і робочий режими, які дають можливість відповідно вибирати й використовувати ту чи іншу частоту випромінювача або вибрати діапазон частот для подальшого дослідження. Поперечний розмір вимірвальної камери залежить від конструкційних особливостей приладу. З огляду на це довжина волоконця, які підлягають аналізуванню, становить приблизно 80 % діаметра вимірвальної камери й дорівнює 28–30 мм.

Для визначення оптимальної маси зразка, який підлягає аналізуванню, вибрано дві партії волокна, що мають найменше та найбільше значення лінійної щільності. Вимірювання проводили з використанням зразків різної маси – 5, 10 і 15 г. Повторність вимірювань

десятиразова.

У результаті проведених експериментів з'ясовано, що зразки масою 5 г майже не впливають на інтенсивність звукової хвилі, яка проходить крізь них і досягає акустичного давача. Однак зі збільшенням маси зразка щільність заповнення вимірювальної камери зростає й, відповідно, збільшується здатність зразка до поглинання звукової хвилі, що спостерігається за маси 10 г та 15 г. Враховуючи конструкційні особливості вимірювальної камери, розміщення в ній зразка масою понад 15 г неможливе. В разі маси зразків 15 г крива, що описує звукопоглинання, стрімко прямує до нульових значень показів приладу на частоті випромінювача вище ніж 1550 Гц, а це призводить до необ'єктивних результатів вимірювання. Використання зразка масою 10 г дає можливість отримати ненульові результати вимірювання на частоті до 1900 Гц, тому для подальшого вимірювання вибрано саме цю масу зразка.

Для визначення необхідного робочого діапазону частот випромінювача вибираємо дві партії волокна з найменшим і найбільшим значенням лінійної щільності та проводимо вимірювання попередньо підготовлених зразків масою 10 г. Графічне відображення результатів дослідження наведено на рисунку 4.

Аналізуючи отримані дані, можна визначити, що помітне затухання звукової хвилі в разі використання зразків з різною лінійною щільністю починається з частоти випромінювача 1400 Гц, але на цій частоті різниця між показами приладу незначна. У діапазоні частот випромінювача 1650–1850 Гц спостерігається максимальна різниця показів приладу під час дослідження зразків з максимально різною лінійною щільністю.

У нашому випадку для визначення робочої частоти випромінювача вибираємо середину вказаного діапазону, що становить 1750 Гц. Вибір цього оптимального значення частоти випромінювача залежить від товщини шару та довжини хвилі. Довжину хвилі обчислюють за формулою (5) і вона становить 0,19 м.

$$\lambda = \frac{c}{\nu}, \quad (5)$$

де λ – довжина хвилі, м;

c – швидкість звуку в повітрі (334 м/с), м/с;

ν – частота випромінювача, Гц.

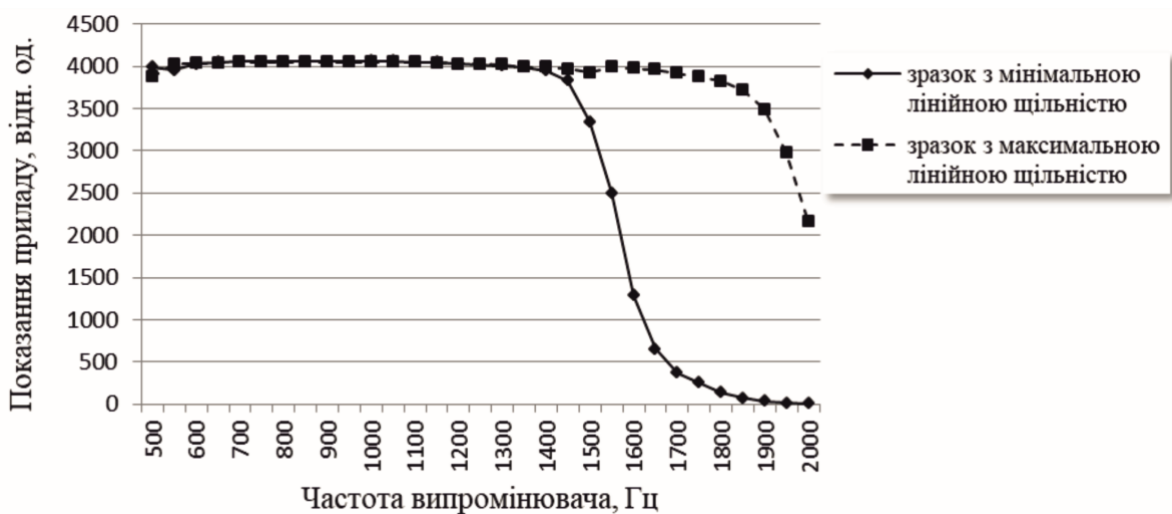


Рисунок 4. Залежність показів приладу ПВПЗ-1 від частоти випромінювача для зразків різної лінійної щільності

Товщина зразка або довжина вимірювальної камери повинна дорівнювати чверті довжини хвилі [19], тому ефективна товщина шару або розмір вимірювальної камери має становити 48 мм.

У результаті експериментальних досліджень встановлено, що для отримання об'єктивних результатів вимірювання та оцінювання фізико-механічних характеристик досліджуваного матеріалу досліди необхідно проводити в десятиразовій повторності. При цьому відносна похибка досліду не перевищуватиме 5 %.

Для визначення зв'язку між звукопоглинальними властивостями лляного волокна та його фізико-механічними показниками на розробленому приладі ПВПЗ-1 проведено вимірювання 30 зразків волокна з десятиразовою повторністю згідно з наведеними вище рекомендаціями.

Для виявлення залежності показів приладу від таких показників якості, як лінійна щільність, розривна навантага, гнучкість, проведено аналізування кореляційного зв'язку між показниками якості волокна та показами приладу за описаною методикою [9, 10]. Під час проведення кореляційного аналізування використовували табличний редактор MS Excel. У результаті аналізування цих даних обчислено коефіцієнти кореляції (табл. 1) й отримано наведені нижче рівняння (6–8).

Таблиця 1

Зв'язок показів приладу ПВПЗ-1 з показниками якості лляного волокна

Коефіцієнт кореляції між показниками якості та показами приладу ПВПЗ-1		
лінійна щільність, текс	гнучкість, мм	розривна навантага, даН
0,95	-0,68	0,68

1. Зв'язок показів приладу ПВПЗ-1 x_1 з лінійною щільністю лляного волокна y_1 :

$$y_1 = 0.9487 \cdot x_1^{0.365} \quad (6)$$

Обчислений коефіцієнт кореляції $R = 0,95$ дає можливість стверджувати про наявність високого зв'язку між x_1 та y_1 . Графік функції $y_1 = f(x_1)$ наведено на рисунку. 5.

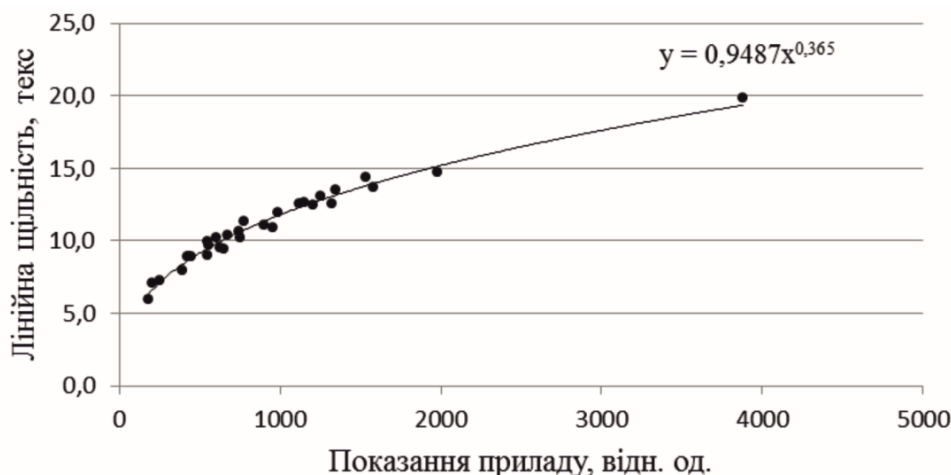


Рисунок 5. Зв'язок показів приладу ПВПЗ-1 з лінійною щільністю лляного волокна

2. Зв'язок показів приладу ПВПЗ-1 x_1 з гнучкістю лляного волокна y_2 :

$$y_2 = 208 \cdot x_1^{-0,269} \quad (7)$$

Від’ємне значення коефіцієнта кореляції $R = -0,68$ підтверджує наявність оберненої залежності між x_1 та y_2 , яку графічно показано на рисунку 6.

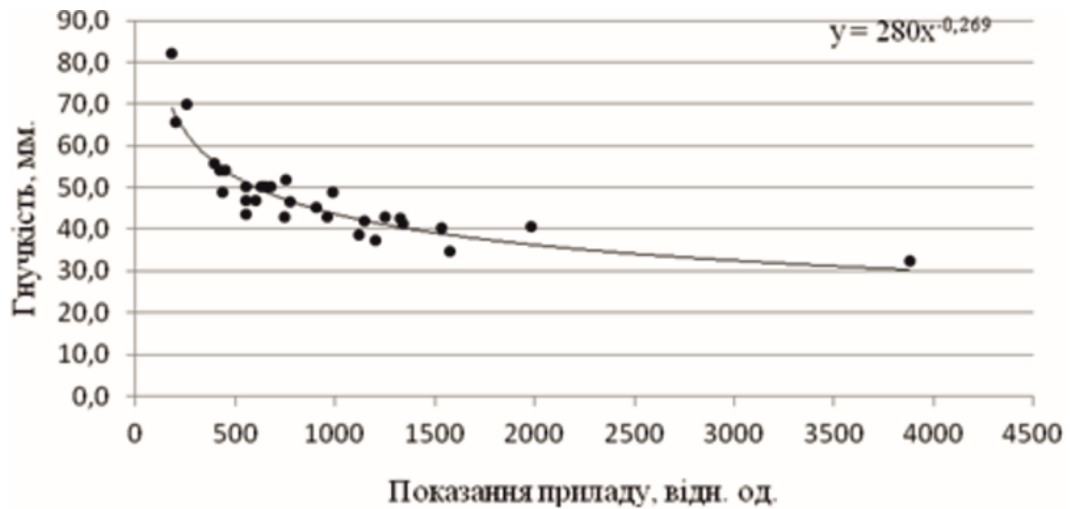


Рисунок 6. Зв’язок показів приладу ПВПЗ-1 із гнучкістю лляного волокна

3. Зв’язок показів приладу ПВПЗ-1 x_1 з розривною навантагою волокна y_3 :

$$y_3 = 8,3932 \cdot \ln(x_1) - 29,05. \quad (8)$$

Коефіцієнт кореляції $R = 0,68$ підтверджує наявність кореляційної залежності між x_1 та y_3 (рисунок 7).

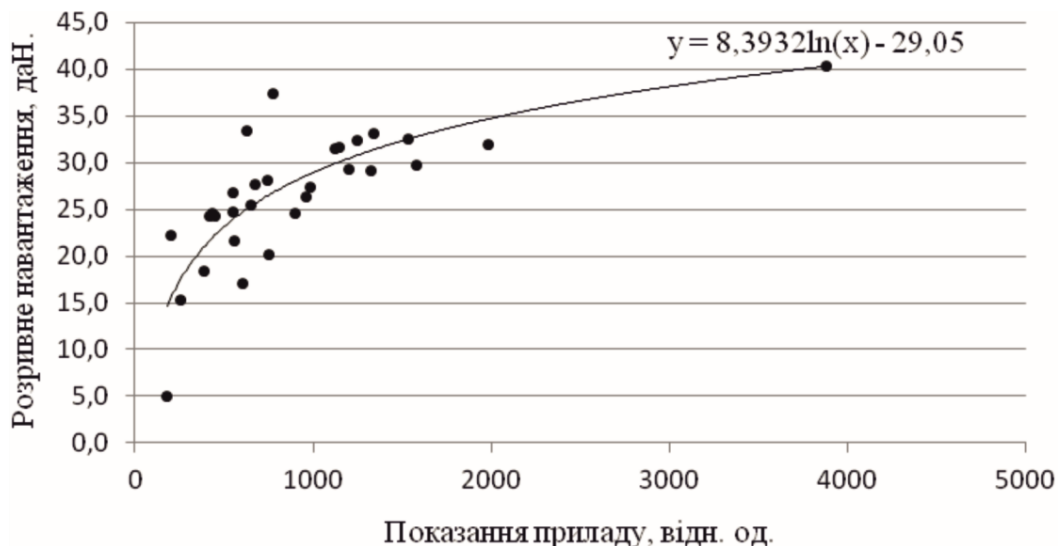


Рисунок 7. Зв’язок показів приладу ПВПЗ-1 з розривною навантагою волокна

Одержані результати дають можливість визначити наявність достовірного кореляційного зв’язку на рівні статистичної значущості 0,05 між показами приладу та

всіма досліджуваними показниками якості лляного волокна на рівні 0,95–0,68.

Для перевіряння на відмінність середніх значень вибірок, отриманих вимірюванням показників якості лляного волокна базовим методом згідно з ДСТУ 4015–2001 та розрахованих згідно із запропонованим методом, використовували *t*-критерій Стьюдента.

Для порівняння результатів дослідження сформульовано дві гіпотези дослідження: гіпотеза H_0 про подібність результатів вимірювання відповідних показників якості лляного волокна розробленим методом та гіпотеза H_1 (альтернативна) про відмінність результатів вимірювання. Результати статистичного аналізування пов'язаних вибірок за критерієм Стьюдента наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати порівняння середніх значень вимірювань за критерієм Стьюдента

Емпіричне значення <i>t</i> -критерію Стьюдента		
лінійна щільність	гнучкість	розривна навантага
$t_{лц}$	t_2	t_p
0,10	0,14	0
Коефіцієнт кореляції		
0,99	0,92	0,80

За кількості ступенів вільності 29 і рівня статистичної значущості 0,95 табличне значення критерію Стьюдента становить 2,05. Оскільки розраховані емпіричні значення критерію Стьюдента (табл. 2) менші критичного значення, можна з імовірністю 95 % прийняти гіпотезу H_0 про подібність результатів вимірювання показників якості базовим та запропонованим методом.

Також оцінено ступінь відтворюваності та прецизійності запропонованого методу згідно з наявною методикою [11]. Для аналізування стабільності результатів вимірювань застосовано контрольні карти Шухарта [20], які забезпечують візуальний і статистичний контроль стабільності процесу вимірювання.

Дослідний зразок розробленого приладу ПВПЗ-1 пройшов виробничі випробування у відділі інженерно-технічних досліджень Інституту луб'яних культур НААНУ та в ТОВ «Лінен оф Десна».

Висновки. 1. Дослідження теоретичних основ фізичних процесів проходження звукових хвиль крізь волокнистий матеріал засвідчило, що є взаємозв'язок фізико-механічних показників лляного волокна з рівнем інтенсивності звукової хвилі, яка проходить крізь досліджуваний матеріал. Це явище можна використовувати під час аналізування фізико-механічних показників лляного волокна, застосувавши ці принципи в експрес-методах.

2. Розроблено й випробувано макетний зразок приладу для дослідження фізико-механічних властивостей льоноволокна, принцип дії якого ґрунтується на звукопоглинальній здатності лляного волокна (ПВПЗ-1), що дає можливість об'єктивно охарактеризувати його за показниками лінійної щільності, розривної навантаги й гнучкості.

3. Експериментально визначено основні параметри дослідного зразка приладу ПВПЗ-1 та розроблено рекомендації щодо його практичного застосування.

4. Визначено кореляційні залежності показів розробленого приладу від лінійної щільності, гнучкості та розривної навантаги волокна. Статистичне оброблення результатів вимірювання досліджуваних зразків волокна за допомогою приладу ПВПЗ-1 свідчить, що

середні значення показів не виходять за контрольні межі, а це є підтвердженням стабільності й статистичної керованості результатів вимірювання.

5. Проведені дослідження довели перспективність подальших робіт у напрямку застосування акустичного методу контролювання параметрів лляного волокна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Борухсон Б. В. Товароведение лубяных волокон / Б. В. Борухсон, В. В. Городов, А. Г. Скворцов. – М. : Легкая индустрия, 1974. – С. 76–94.
2. Пашин Е. Л. Оценка технологического качества волокна новых сортов льна-долгунца / Е. Л. Пашин // Льняное дело. – 1997. – № 1. – С. 24–28.
3. L'appréciation scientifique de la gnalité du lin Fibra. – 1975. – Vol. 20. – № 1. – P. 5–31.
4. ООО Метротекс <https://www.metrotex.ru/products/mt-160m>
5. Основи товарознавства виробів легкої промисловості. Практикум. Ч.1. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / Т. О. Кузьміна, С. В. Путінцева; за редакцією Т. О. Кузьміної. – Херсон, 2010. – 376 с.
6. Мередит Р. Физические методы исследования текстильных материалов / Р. Мередит, Дж. В. С. Хирл. – М. : Гизлегпром, 1963. – 388 с.
7. Wool-Determination of mean diameter of fibres – Air permeability method: ISO 1136-1976. – [Чинний від 1976-11-15]. – International Organization for Standardization, 1976. – 8 p. – (Міжнародний стандарт).
8. Льон типаний. Технічні умови: ДСТУ 4015–2001. – [Чинний від 2001-03-30]. К. : Держстандарт України, 2001. – 12 с. – (Національний стандарт України).
9. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : Учеб. пособ. / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 2004. – 479 с.
10. Марманов В. А. Основы научных исследований и техника эксперимента механико-технологических процессов первичной переработки лубяных волокон / В. А. Марманов, А. Н. Пигалов. – Ярославль : Ярославский политехнический институт, 1989. – С. 62–88.
11. Точність (правильність та прецизійність) методів і результатів вимірювань : ДСТУ ISO 5725-2:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : ДП УкрНДНЦ, 2006. – 62 с. – (Національний стандарт України).
12. Безымянный Ю. Г. Отображение свойств волокнистых материалов по скорости распространения упругих волн / Ю. Г. Безымянный, Е. А. Козирацкий // Акустический вестник Института проблем материаловедения им. И. Н. Францевича НАН Украины. – Т. 9. – 2006. – № 1. – С. 15–20.
13. Безымянный Ю. Г. Использование акустических характеристик для контроля структуры пористых материалов / Ю. Г. Безымянный // Электронная микроскопия и прочность материалов. – К., 1999. – С. 93–105.
14. Косторнов А. Г. Пористые материалы: научные основы формирования свойств и эффективного применения / А. Г. Косторнов // Сучасне матеріалознавство XXI сторіччя. – К. : Наукова думка, 1998. – С. 447–472.
15. Крючков Ю. Н. Моделирование пористой структуры и массопереноса в пористых пористых материалах с учетом нелинейных структурных эффектов / Ю. Н. Крючков. – К. : Акустический вестник Института проблем материаловедения им. Францевича НАНУ, 1995. – 216 с.
16. Dion J.L. La transmission ultrasonore par in milineau stratifie a triple epaisseur avec pertes / J.L. Dion // Acustica. – 1986. – Vol. 60. – № 2. – P. 144–151.
17. Защепкіна Н. М. Ультразвуковий пристрій для технологічного контролю якості текстильних матеріалів / Н.М. Защепкіна, В. Г. Здоренко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2007. – № 5. – С. 40.
18. Пат. 43165 Україна, МПК G 01 B 11/00. Спосіб визначення лінійної щільності та ступеня вимочування волокна / Толмачов В. С., Кузьміна Т. О., Гілязетдінов Р. Н., Коропченко С. П.,

Москаленко Б. І.; заявник та патентовласник Херсонський національний технічний університет. – № u2009 00730; заявл. 02.02.09; опубл. 10.08.09, Бюл. № 15.

19. AES recommended practice for professional audio – Subjective evaluation of loudspeakers. // J. Audio Eng. Soc. – 1996. – Vol. 44. – № 5. – P. 386–401.

20. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта: ГОСТ Р 50779.42-1999. – [Введен 2000-01-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 32 с. – (Государственный стандарт).

Кузьмина Т. О., Единович М. Б., Толмачов В. С., Валько Н. И., Мамай О. И.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА АНАЛИЗА ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА НА ОСНОВЕ ЕГО АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Проанализированы современные методы определения основных параметров лубяных волокон. Обоснован, разработан и испытан макетный образец прибора для определения физико-механических свойств льноволокна. Принцип действия прибора основан на звукопоглощающей способности льняного волокна, что позволяет объективно охарактеризовать его по показателям линейной плотности, разрывной нагрузки и гибкости. Установлена корреляционная связь между показателями качества волокна и показаниями прибора на уровне статистической значимости 0,05.

Ключевые слова: линейная плотность, разрывная нагрузка, гибкость, акустический метод, звуковая волна.

T. Kuzmina, M. Yedynovych, V. Tolmachov, M. Valko, O. Mamai
DEVELOPMENT OF METHOD OF ANALYSIS OF FLAX FIBER BASED ON ITS ACOUSTIC PROPERTIES

The modern methods of determining the basic parameters of bast fibers are analyzed. It is substantiated, developed and tested a prototype device for studying the physical and mechanical properties of flax fiber. The principle of operation of the device is based on the sound absorption ability of linen fibers, which allows to objectively characterize it in terms of linear density, bursting load and flexibility. The correlation between the quality of the fiber and the readings of the device at the level of statistical significance of 0.05 was established.

Keywords: linear density, breaking load, flexibility, acoustic method, sound wave.

Рецензент: Литвиненко В.І., д-р техн. наук, професор інформатики і компютерних наук, ХНТУ, м. Херсон