

РАСТОРГУЄВА МАРІЯ

Херсонський національний технічний університет

<https://orsid.org/0000-0002-0824-4726>e-mail: mrastorgueva65@gmail.com**СВТУШЕНКО ВАЛЕНТИНА**

Херсонський національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8720-5804>e-mail: teacher472@ukr.net**ДАНЧЕНКО ЮЛІЯ**

Національний університет національної гвардії України, м. Харків

<https://orcid.org/0000-0003-3865-2496>e-mail: yuliyadanchenko7@gmail.com**ОЛІЙНИК ГАЛІНА**

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-6519-7938>e-mail: oliinykha@khmnu.edu.ua

ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНА ОБРОБКА КОНОПЛЯНОГО ВОЛОКНА ЯК ШЛЯХ ДО ВИГОТОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТОВАРІВ ТА РОЗВИТКУ ДИЗАЙН-ІНДУСТРІЇ

В роботі наведено результати досліджень електроімпульсної обробки конопляного волокна з метою виявлення технологічних характеристик вихідної сировини з промислових конопель для покращення прядильної здатності. Досліджено особливості конопляного волокна за допомогою мікроскопічних та інструментальних досліджень. Розглянуто фізико-механічні параметри конопляного котоніну після електроімпульсної обробки. Запропоновано умови покращення прядильної здатності конопляного волокна. Дослідження направлені на підвищення екологічності та конкурентоспроможності текстильної продукції, пов'язані з розвитком дизайн-індустрії

Ключові слова: електроімпульсна обробка, конопляне волокно, прядильна здатність, конкурентоспроможність текстильної продукції, дизайн-індустрія.

RASTORHUIEVA MARIYA

Kherson National Technical University

YEVTUSHENKO VALENTYNA

Kherson National Technical University

DANCHENKO YULIYA

National Academy of the National Guard of Ukraine

OLIJNYK HALINA

Khmelnitskyi National University

ELECTRIC PULSE TREATMENT OF HEMP FIBRE AS A WAY TO MANUFACTURE ENVIRONMENTALLY SAFE GOODS AND DEVELOP THE DESIGN INDUSTRY

The development of the design industry nowadays requires the use of environmentally friendly textiles in the production of competitive and fashionable textile products. The fibre obtained from industrial hemp has great prospects in this regard. Considering the fact that industrial hemp can be grown in Ukraine and many European countries, it does not require large capital investments, and the value of its consumer characteristics is quite high compared to cotton - we believe that research aimed at the production of cottonized hemp fibre by the method of electric pulse treatment is economical promising and competitive. As a result of processing, the fibre is suitable for spinning and is a valuable textile raw material. Electric pulse treatment can ensure the production of cottonized fibre, which is a valuable textile raw material, following current market trends in the field of design. Available information on the electric pulse treatment of hemp fibre is insufficient and needs more clarification. This especially applies to competitive textile products of Ukraine, which can lead to global sales markets and open new paths in the design industry. Electric pulse treatment of hemp fibre is an important process of preparing valuable textile raw materials. The fibre obtained from industrial hemp will ensure the production of environmentally friendly textiles. Given the potential and high environmental friendliness of hemp fibre, and its similarities with cotton fibre, it is currently worth determining whether industrial hemp fibre can be produced in an economically competitive way. Since hemp and cotton fibre are comparable in performance, the production process of both textile materials is appropriate to consider the interdependencies between the stages with key economic and environmental considerations. Industrial hemp is a high-yielding crop in Ukraine and other countries, this inspires optimism in the prospects of this research and the need to create environmentally friendly and competitive textile products from hemp fibre. Nowadays, in the textile industry, issues related to the production of mixed yarn and the inclusion of relatively cheap fibres of domestic origin - hemp and cotton - in the composition of the mixture are of great importance. This is explained by the fact that fibre mixtures, different in properties, design, and structure, allow us to satisfy the often conflicting market requirements for textile industry products. However, the technological process of obtaining yarn, the quality, and the cost of the manufactured products largely depend on the composition of the selected mixture. Therefore, the selection of the technological chain and the optimization of the parameters of the yarn production process must be carried out in each case for each species individually. The fact that the specific weight of the cost of raw materials in the price of finished yarn is 70-80% further emphasizes the need to optimize the technology of fibre mixing processes. One of the ways to increase the spinning ability of hemp is the technological process of cottonizing hemp fibres. Instrumental studies were carried out on an experimental installation for electric pulse treatment, the main part of which is a discharge chamber with an electronic system, in which a powerful discharge is carried out and the process of destruction and removal of encrusting substances from the fibre takes place.

Keywords: electric pulse treatment, hemp fibre, spinning capacity, competitiveness of textile products, design industry.

Постановка проблеми

Розвиток дизайн-індустрії у наш час потребує використання екологічно чистого текстилю у виготовленні конкурентоспроможної та модної текстильної продукції. Великі перспективи у цьому має волокно, отримане з промислової коноплі [1, 2]. Враховуючи те, що промислову коноплю можна вирощувати в Україні, та у багатьох європейських країнах, вона не потребує великих капіталовкладень, а цінність її споживчих характеристик є досить високою у порівнянні з бавовною, вважаємо перспективним дослідження спрямовані на виготовлення котонізованого конопляного волокна економічно конкурентоспроможним способом – електроімпульсною обробкою, внаслідок якого отримаємо волокно, що придатне для прядильного виробництва та є цінною текстильною сировиною [1, 2].

За дослідженнями авторів [3] технічні коноплі є високоврожайною культурою з (в середньому) в 3 рази більшою кількістю метричних тонн волокна, що виробляється на гектар обробітку. Крім того, автори відмічають, що використання коноплі дозволяє знизити витрати, пов'язані з сільськогосподарською діяльністю, на 77,63% у порівнянні з бавовною для середніх загальних витрат на сільськогосподарську діяльність і середньої оцінки врожайності. Результати дослідження [3] свідчать про те, що волокно промислової коноплі є економічно життєздатним і має потенціал бути більш екологічно чистим альтернативним матеріалом бавовні у текстильній промисловості [3].

Асортимент текстильної продукції, що виготовлена з промислової коноплі, є різноманітним і з кожним роком збільшується [4, 5]. Проте, недостатньо відомостей, що стосуються особливостей електроімпульсної обробки конопляного волокна, з якого можна виробляти різноманітну екологічно безпечну та конкурентоздатну текстильну продукцію, що задовольнить смаки найвимогливіших модниць.

Аналіз останніх джерел

Електроімпульсна обробка здатна забезпечити отримання котонізованого волокна, що є цінною текстильною сировиною, дотримуючись актуальних трендів ринку в галузі дизайну. Наявні відомості про електроімпульсну обробку конопляного волокна є недостатніми та потребують більшого висвітлення. Особливо це стосується конкурентоспроможної текстильної продукції, яка може вивести Україну на світові ринки збуту, відкрити нові шляхи в дизайн-індустрії [6–8].

Метою проведеної роботи є дослідження електроімпульсної обробки конопляного волокна, яка забезпечує виготовлення екологічно чистої текстильної продукції та сприятиме подальшому розвитку дизайн-індустрії в Україні та за її межами.

Виклад основного матеріалу

Електроімпульсна обробка конопляного волокна є важливим процесом підготовки цінної текстильної сировини. Волокно, що отримане з промислової коноплі, забезпечить виготовлення екологічно чистого текстилю. Враховуючи потенціал та високу екологічність конопляного волокна, схожість з бавовняним волокном, наразі варто визначити, чи можна виробляти промислове конопляне волокно економічно конкурентоспроможним способом. Оскільки волокна коноплі та бавовни є порівнянними за продуктивністю, процес виробництва обох текстильних матеріалів порівнюється, щоб врахувати взаємозалежність між етапами з ключовими економічними та екологічними міркуваннями. Промислові коноплі є високоврожайною культурою в Україні та в інших країнах, це вселяє оптимізм у перспективність даного дослідження та потребу у створенні екологічно чистої конкурентоспроможної текстильної продукції з конопляного волокна.

На сьогоднішній день в текстильній промисловості важливе значення мають питання, пов'язані із виробництвом змішаної пряжі, включення до складу суміші відносно дешевих волокон вітчизняного походження – конопель і бавовни. Це пояснюється тим, що суміші волокон, різні за властивостями, дизайном і структурою, дозволяють задовольняти часто суперечливі вимоги ринку до виробів текстильної промисловості. Проте від складу вибраної суміші багато в чому залежить технологічний процес отримання пряжі, якості і собівартості продукції, яка випускається. Тому вибір технологічного ланцюжка та оптимізацію параметрів процесу отримання пряжі необхідно здійснювати у кожному окремому випадку для кожного виду. Та обставина, що питома вага вартості сировини в собівартості готової пряжі складає 70–80% ще більше підкреслює необхідність оптимізації технології процесів змішування волокон.

Одним із шляхів підвищення прядильної здатності конопель є технологічний процес котонізації конопляних волокон.

Котонізація - це технологічна операція, яка є складовою частиною процесу підготовки конопляних волокон до прядіння і застосовується для інтенсифікації процесу поділу та укорочення волокон, а також видалення забруднюючих домішок. Завдяки цьому конопляні волокна стають придатними для використання їх в сумішах з іншими волокнами з метою отримання пряжі на устаткуванні бавовнопрядильних виробництв.

Проте, для того, щоб отримати конопляне волокно, придатне до використання у готових виробках у суміші з іншими волокнами, необхідна його попередня обробка. Одним із способів такої обробки може бути фізико-механічна котонізація конопляних волокон електроімпульсним способом, після якої волокно стає придатним до прядіння, інтенсифікується процес подрібнення та укорочування волокон, а також видалення сміттєвих домішок. Завдяки цьому процесу конопляне волокно стає придатним для використання його в багатокомпонентних сумішах.

Сутність способу електроімпульсної обробки конопляного волокна полягає в тому, що електричний розряд у воді, яка використовується як засіб перетворення енергії, призводить до процесів руйнування та зміни фізико-механічних властивостей волокнистих матеріалів. В результаті відбувається потоншення вихідного продукту, зменшення його довжини та розривного навантаження. При цьому розщеплюються інкрустуючі речовини (пектин та лігнін).

В основу механізму руйнування лігніну в пучках конопляного волокна покладена гіпотеза про те, що під впливом підводних електричних розрядів відбуваються хіміко-механічні процеси, що призводять до виникнення хімічних реакцій з видалення лігніну і пектину та механічного пошкодження поверхні волокна.

Дослідження електроімпульсної обробки конопляного волокна проводили за допомогою мікроскопічних та інструментальних досліджень. Механізм електроімпульсної обробки конопляного волокна досліджували експериментальним методом у хімічній лабораторії науково-дослідного підприємства «Інтеграл» у м. Київ.

Сутність методу мікроскопічного дослідження полягала у визначенні відсоткового вмісту груп волокон, які містять різну кількість котонізованих волокон (від 1 до 15) та змінюються в залежності від режиму електроімпульсної обробки від 2000 до 3500 циклів.

Для визначення кількості елементарних волокон у групах використовувався ортоскопічний окуляр, а для проєктування зображення поперечного зрізу волокон на фотоплівку – фотоокуляр.

Дослідження проводилися за допомогою біологічного мікроскопу марки МБР-1, призначеного для вивчення прозорих об'єктів у звичайному проникаючому світлі.

Під мікроскопом візуально підраховувалася кількість елементарних волокон в пучках та їх відсотковий вміст (рис. 1). Досліджували по десять мікроскопічних зрізів волокон, отриманих при різних режимах електроімпульсної обробки, що забезпечує 95% довірчу ймовірність досліджень, яка прийнята в текстильній промисловості.

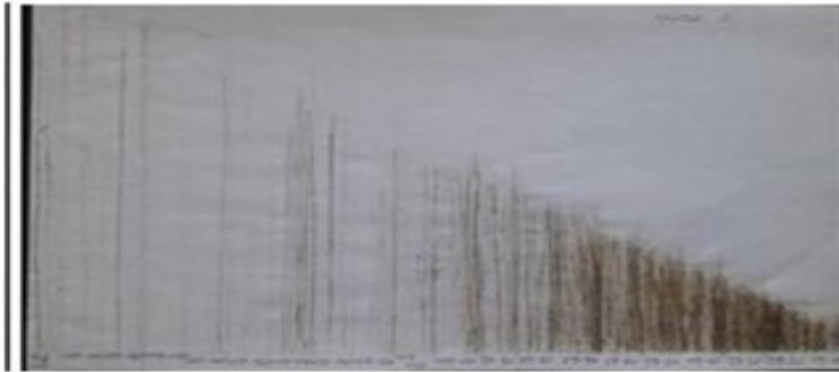


Рис. 1. Підрахунок кількості волокон в пучках

Мікроскопічні дослідження ступеня розщеплення конопляного волокна, яке піддали котонізації, проводили наступним чином. Для оцінки ефективності проведення процесу котонізації конопляного волокна було використано світлову мікроскопію поперечних зрізів волокон. Згідно з цим методом тонкий пучок досліджуваних волокон, попередньо злегка скручений вручну, протягують петлею швейної нитки через невеликий круглий отвір в тонкій металевій пластинці. В результаті пучок волокон затискається в перпендикулярному отворі пластини. Кінці пучка волокон, які виступають, зрізають бритвою з обох боків на рівні пластини. Пластинка закладається у мікроскоп для перегляду поперечного зрізу у відбитому світлі.

Інструментальні дослідження проводилися на експериментальній установці для електроімпульсної обробки, основною частиною якої є розрядна камера з електронною системою, у якій здійснюється потужний розряд і відбувається процес руйнування і видалення інкрустуючих речовин з волокна [9].

В якості робочого середовища в процесі експерименту використовувалась технічна непроточна вода без підігріву і без застосування хімічних речовин. В основі обробки конопляного волокна використовувався принцип потужного електричного розряду в рідині, в яку занурювали оброблюване конопляне волокно.

Розрядний технологічний блок, який містить робочі електродні системи, призначений для перетворення електричної енергії в інші види енергії та передачі її на об'єкт обробки. Генератор імпульсних струмів (джерело живлення) забезпечує перетворення електричної енергії для формування потужного розряду рідини, в яку занурене волокно. При цьому розрядний контур зв'язує розрядний технологічний блок з джерелом живлення. Блок основних пристроїв служить для переміщення органів, які виконують обробку та робочого середовища, блок допоміжних пристроїв служить для завантаження та вивантаження волокон конопель та видалення відходів переробки.

Об'єднаний блок управління координує роботу генератора імпульсних струмів і технологічного процесу котонізації в заданій послідовності. Блок допоміжних систем призначений для транспортування та регенерації робочої рідини та виконання контрольних функцій.

Основним технологічним вузлом, що становить основу обладнання для електроімпульсної обробки волокна конопель, є розрядна камера з електродною системою - металевий куб розміром 350x350x350 мм з оглядовим вікном. Об'єм камери становить 30 л. Робочим середовищем відповідно до вимог

ресурсозберігаючої технології використовується водопровідна вода. Установку укомплектовано промисловими елементами обладнання.

Електроімпульсна установка [9] працює таким чином. Оброблювана партія волокна масою 5 кг завантажується в технологічний розрядний блок і розташовується в зоні спостережень через оглядове вікно. Для здійснення процесу обробки волокна електричними розрядами блоку пульта управління проводиться запуск генератора імпульсних струмів.

У процесі проведення експериментів електротехнічні параметри розрядного контуру установки можуть змінюватись у діапазоні: напруга U_0 заряду батареї конденсаторів від 14 до 50 кВ; ємність від 0,5 до 3 мкФ; частота проходження імпульсів ν від 0,5 до 5 Гц; радіус закруглення вістря позитивного електрода r_e від 5 до 6 мм. Індуктивність розрядного контуру становить L 3,4 мкГн. Запасна енергія розрядного контуру W_0 змінюється від 100 до 2000 Дж. Довжина міжелектродного проміжку l_{rp} знаходиться в межах від 10 до 35 мм (із урахуванням питомого опору робочого середовища = 8...15 Ом·м, необхідного для обробки волокна конопля).

Зміна напруги імпульсу в заданому діапазоні проводиться за допомогою блоку допоміжних пристроїв. Процес видалення інкрустуючих речовин з конопляного волокна контролюється через оглядове вікно за допомогою лампи, що просвічує. Після завершення процесу видалення інкрустуючих речовин блоком допоміжних систем проводиться заміна робочої рідини з метою видалення переробки відходів із поверхні волокна.

Після закінчення процесу електроімпульсної обробки волокон конопель блоком основних пристроїв проводиться розвантаження розрядного технологічного блоку, з якого вилучається оброблена партія волокна.

В результаті такої обробки відбувається розщеплення комплексних волокон на елементарні зі збереженням цілісності целюлозної складової волокон. Для котонізації використовували партію конопляного волокна після первинної переробки в умовах науково-експериментальної лабораторії. Кількість волокна, яке підлягало обробці становила 50 кг.

З метою руйнування і видалення інкрустуючих речовин з подальшим поділом технічних волокон на елементарні, вихідні волокна піддавалися електроімпульсній обробці у водному середовищі з кількістю імпульсів електричного розряду 2000, 2500, 3000, 3500. Час впливу електричних розрядів на волокно визначалося виходячи із співвідношення:

$$t = \frac{n}{f \cdot 60}, \quad (1)$$

де t – час дії, хв.;

n – кількість імпульсів;

f – частота імпульсів, Гц.

Відповідно до цього час обробки волокна в камері склав 15 хв.

Технологічний режим електроімпульсної обробки конопляного волокна, який обрано відповідно до проведених теоретичних та експериментальних досліджень процесу електроімпульсного впливу на волокнисті структури та представлений у табл. 1.

У процесі електроімпульсної обробки конопляного волокна ємність конденсатора, частота імпульсів, довжина межі електродного (розрядного) проміжку залишалися не змінними. Результати визначення технологічного режиму електроімпульсної обробки конопляного волокна наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Технологічний режим електроімпульсної обробки конопляного волокна

| Напруга U , кВ | Ємність конденсатора C , мкФ | Частота імпульсів Гц, (імп./сек) | Кількість імпульсів, n | Довжина розрядного проміжку l_{rp} , мм | Температура робочого середовища t , °С |
|---------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------|---|--|
| 34 – 38 | 0,5 | 3 | 2000 – 3500 | 20 | 30 – 40 |

Дослідження структури конопляних волокон на елементарні після електроімпульсної обробки при різних режимах обробки полягало в наступному. Від 30 жмень тіпаного або чесаного волокна порівнюваних партій, відібраних з різних місць, відділяли маленькі прядочки. З кожної прядочки, волокна в яких розподілялися за групами, робили поперечні зрізи. Під мікроскопом підраховували елементарні волокна в групах, кількість яких змінювалася залежно від кількості імпульсів обробки і складала від 1 до 9 волокон.

В результаті проведених досліджень нами було встановлено, що найбільш ефективним і екологічно безпечним способом котонізації на сьогодні є спосіб електроімпульсної обробки конопляного волокна. Тому для отримання конопляного котоніну був прийнятий цей спосіб.

Електроімпульсна обробка конопляного волокна відбувається завдяки імпульсному електричному розряду в рідині, який є процесом з великою концентрацією енергії. Найчастіше використовуваний діапазон робочої напруги від 34 кВ до 70 кВ.

Варіюючи фізичні параметри процесу котонізації, режими, вид випромінювачів можна досягти повного або часткового видалення інкрустуючих речовин. Однак при цьому необхідно додатково контролювати тривалість та інтенсивність дії на волокно фізичних процесів, щоб не допустити руйнування

целюлози.

Фізична модель електричного розряду в рідині та механізм руйнування здеревених стінок рослинних клітин полягає в наступному. Напруга, яка перевищує напругу пробивання цього середовища та прикладена до пари електродів, занурених в слабкий електроліт, викликає потужний електричний розряд. Енергія, що утворюється, розігріває речовину рідини до температури $(15 - 40) \cdot 10^3 \text{ K}$, а тиск піднімається до $(3 - 10) \cdot 10^2 \text{ МПа}$, тобто водно-волоконному середовищу передається високий тиск плазми, під дією якої вона стискається.

При цьому у волокнистому матеріалі виникає складний напружений стан, який може викликати різні види руйнувань, дроблення тощо. В результаті волокно звільняється від супутніх речовин.

В результаті обробки збільшується інтенсивність подрібнення комплексного волокна до елементарних волокон, що створює передумови для отримання більш тонкої, рівномірної та якісної за структурою пряжі.

Необхідно відзначити, що навіть при обробці у водному середовищі технічного конопляного волокна у 2000 імпульсів електричного розряду у досліджуваного зразка спостерігається зміна у структурі волокна та утворення елементарних волокон.

Фотознімки зрізу технічного конопляного волокна, яке підлягало обробці у водному середовищі при 2500 імпульсах електричного розряду, свідчить ще про більші зміни у структурі волокна та утворення більшої кількості елементарних волокон.

Фотознімки зрізів технічного конопляного волокна, яке обробляли у водному середовищі при імпульсах електричного розряду 3000, 3500 також свідчать про збільшення кількості елементарних волокон із збільшенням імпульсів електричного розряду.

Дослідження під мікроскопом поперечних зрізів конопляного волокна після електроімпульсної обробки при різних режимах також проводили підрахунок елементарних волокон у групах, кількість яких змінювалась в залежності від кількості імпульсів обробки. За отриманими експериментальними даними побудували графіки розподілу волокон у групах після обробки комплексних волокон конопель електроімпульсним розрядом.

Графічна ілюстрація результатів проведених досліджень зображено на рис. 1, який відображає розподіл волокон у групах після їх обробки.

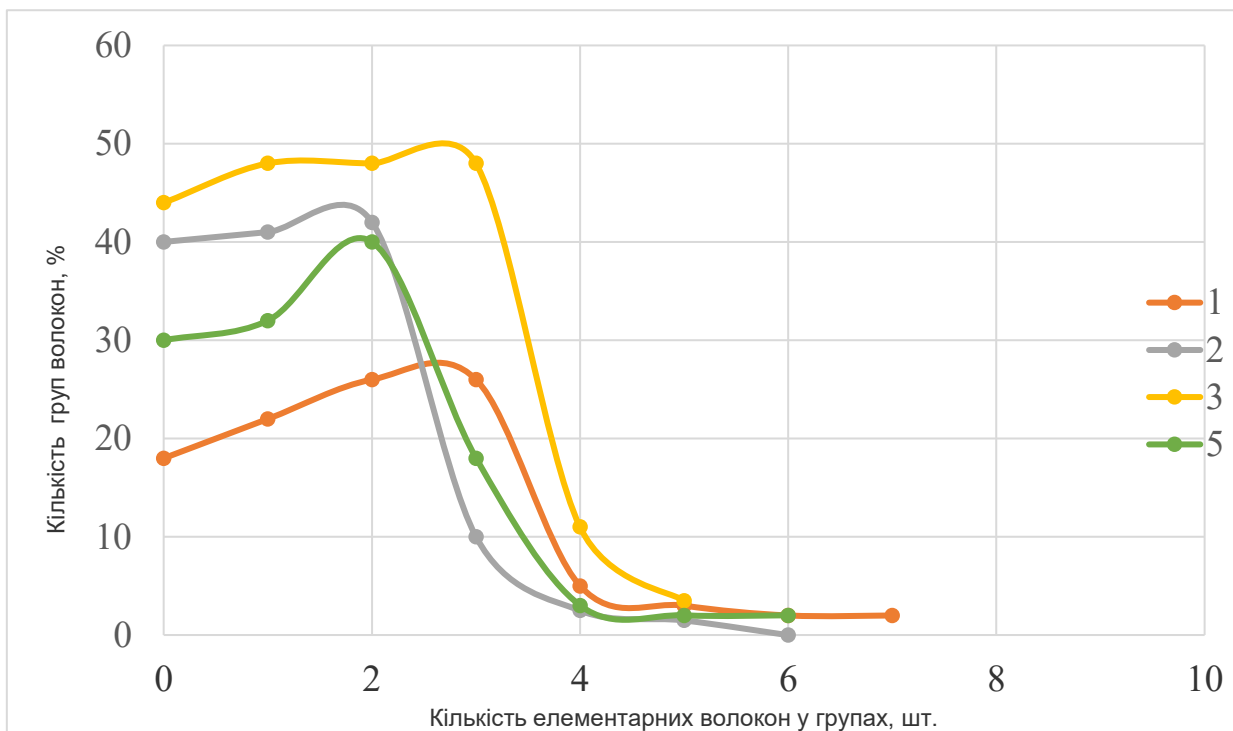


Рис. 1. Графіки розподілу волокон у групах залежно від кількості циклів електроімпульсної обробки

На рисунку 1 представлено графіки розподілу волокон у групи при різній кількості імпульсів обробки. Зокрема, графік 1 показує розподіл волокон у групах після 2000 імпульсів обробки; графік 2-після 2500 імпульсів обробки; графік 3- після 3500 імпульсів обробки; графік 5- при 3000 імпульсів обробки.

При кількості циклів електроімпульсної обробки конопляного волокна, рівній 500 імпульсів, зразок №2 містить увесь діапазон груп волокон. При цьому відсотковий вміст груп волокон, які містять 4 волокна, є найбільшим та складає 22%. Наступний режим обробки конопель на електроімпульсній установці склав 1000 циклів – зразок №3. Із візуального аналізу мікрорізів встановлено, що при цьому режимі посилюється вплив електроімпульсної обробки на ступінь розщеплення волокна. З діаграми розподілу елементарних волокон в групах (рис. 1) видно, що при електроімпульсній обробці інтенсивністю 1000 циклів помітно

зменшується кількість груп, що містять від 1 до 7 волокон, а групи, що містять по 8 і 9 волокон, розщепились ще на дрібніші. В результаті обробки найбільша кількість груп містить по 2 і 3 волокна, що відповідно складає 26 і 34%.

Для подальшого вивчення характеру зміни структури конопляних волокон на електроімпульсній установці їх піддавали обробці при 1500 циклів електричних розрядів – зразок № 4. При цьому режимі кількість груп, які містять по 2 волокна, збільшилася і склала 40%. При режимі обробки з інтенсивністю, рівною 2000 циклів – зразок №5, в мікроскопічних зрізах спостерігаються групи, які містять тільки від 1 до 4 волокон. З них найбільший відсоток складають групи, що містять 2 волокна (42%). При режимі електроімпульсної обробки з інтенсивністю, рівною 2500 циклів – зразок №6, спостерігається найбільша зміна структури, а отже й розщеплювання конопляних волокон на елементарні. У досліджуваних зразках є групи, які складаються з 1, 2 і 3 волокон, їх вміст досягає 48%.

Візуальне дослідження мікроскопічних зрізів конопляних волокон, отриманих після електроімпульсної обробки з різною мірою інтенсивності, підтвердили прийняту раніше гіпотезу про зміну структури волокон в результаті такої обробки та збільшення кількості елементарних волокон.

Встановлено, що найбільш ефективним є режим електроімпульсної обробки волокна, який становить 2500 імпульсів електричних розрядів та дозволяє отримати котонізоване конопляне волокно із найбільшою зміною у структурі, спричиненою розщепленням комплексного технічного волокна на елементарні волокна. У цих зразках 48% становлять групи із вмістом 1,2 та 3 волокна, що створює передумови отримання тонкої та рівномірної за структурою пряжі.

Проте тільки на підставі мікроскопічних зрізів про зміну у структурі волокна, яка спричинена розщепленням комплексних волокон на елементарні, не можна судити про можливість використання їх в сумішах із іншими волокнами для подальшої переробки в пряжу. Критерієм придатності волокон для подальшої технологічної переробки на прядильному устаткуванні є дослідження фізико-механічних показників конопляного котоніну, що отримані при 2500 імпульсах обробки, які дають змогу оцінити прядильну здатність волокна.

Згідно з результатами дослідження, конопляний котонін, отриманий при 2500 циклах обробки (рис. 2), має штапельну довжину 37,9 мм, що відповідає довжині бавовняного волокна. При цьому відсоток коротких волокон та пуху становить 17,2 %, прядомих волокон – 75,8 %, довжиною понад 45 мм – близько 7 %, що відповідає нормованим показникам.



Рис. 2. Діаграма розподілу конопляного котоніну за довжиною після 2500 циклів обробки: 1 – котонін; 2 – бавовна

Аналіз діаграми розподілу по діаметру конопляного волокна показав, що найбільша кількість волокон (це видно на рисунку 3) мають діаметр від 10 до 27 мкм. При цьому середній діаметр дорівнює 15,46 мкм., що відповідає товщині середньоволокнистої бавовни, яка використовується в кардній системі прядіння, що дорівнює 0,28 текс.

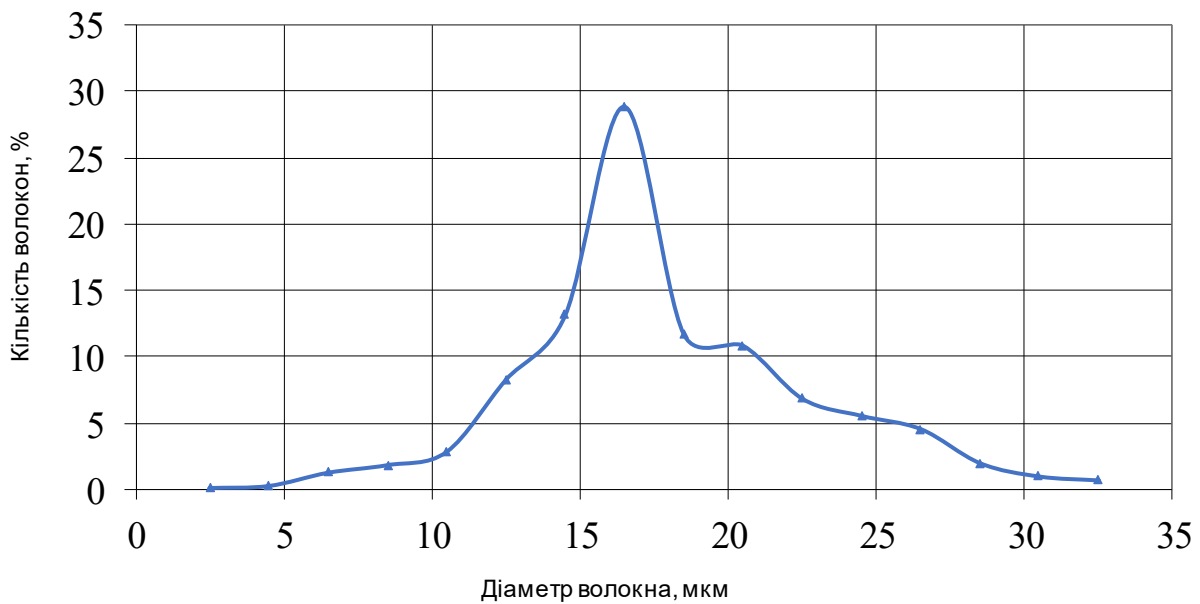


Рис. 3. Діаграма розподілення конопляного катоніну по діаметру

З діаграми розподілу волокон за розривним навантаженням, представленою на рисунку 4 видно, що максимальна міцність катоніну на 1,87 сН більше, ніж у бавовняного волокна.

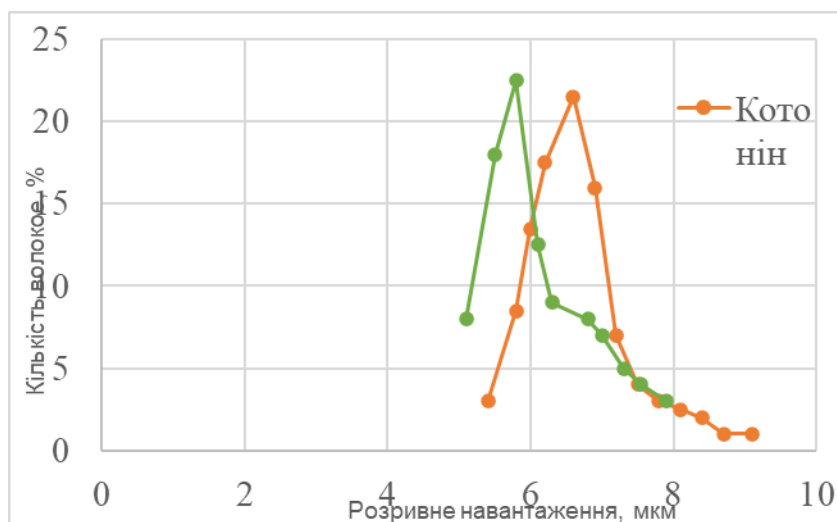


Рис. 4. Діаграма розподілення конопляного катоніну за розривним навантаженням після 2500 циклів обробки: 1 - катонін; 2 - бавовна

З діаграми розподілення конопляного катоніну за розривним навантаженням, що представлено на рис. 4, середнє розривне навантаження катоніну становить 6,67 сН, коефіцієнт варіації – 10,8 %, що на 29,2 % менше, ніж у середньоволокнистої бавовни.

Враховуючи той факт що після 2500 циклів обробки оптимальне відносне розривне навантаження середньоволокнистої бавовни, як показника її прядильної здатності, знаходиться в межах від 23 до 27 сН/текс, можна зробити висновок, що експериментальні значення розривного навантаження знаходяться в необхідних межах.

Таким чином, конопляний катонін, отриманий при 2500 циклах обробки електроімпульсним способом, за основними фізико-механічними параметрами відповідає середньоволокнистій бавовні, тому може бути використаний для формування пряжі за кардною системою прядіння на бавовнопрядильних підприємствах.

Результати експериментальних досліджень фізико-механічних параметрів конопляного катоніну після процесу електроімпульсної обробки конопель дозволяють стверджувати, що обробка конопляного волокна при режимі, що відповідає 2500 імпульсам, дає хороший результат, а отримане волокно можна використовувати при складанні багатокомпонентних сумішей з іншими натуральними та хімічними волокнами

Проведені дослідження процесу котонізації конопляного волокна за допомогою електроімпульсного розряду дали змогу визначити параметри котонізованого конопляного волокна, які в комплексі оцінюють його прядильну здатність та мають такі показники: середня довжина волокна 26,8 мм, діаметр волокна 15,5 мкм, середнє розривне навантаження 6,67 сН.

Показники прядильної здатності котонізованого конопляного волокна відповідають допустимим аналогічним показникам бавовняного волокна, що дозволяє використовувати конопляний катонін для одержання змішаної пряжі за кардною системою прядіння на бавовняному обладнанні.

Висновки

Таким чином, розглянуті дослідження, що представлені в даній статті, свідчать про хороші показники конопляного волокна, що отримані завдяки електроімпульсній обробці. Це є свідченням того, що коноплі слід розглядати як альтернативу бавовні.

Електроімпульсна обробка конопляного волокна відкриває нові можливості для виробництва екологічно чистої натуральної текстильної продукції, сприяючи більш стійкому та екологічно свідомому майбутньому. Ми прагнули надихнути на подальші дослідження та інновації, що стосуються конопляного волокна, забезпечуючи його міцну спадщину в текстильній промисловості і за її межами.

Література

1. Dugue A., Peguito S., Jennifer A. Pazour: Industrial hemp fiber: A sustainable and economical alternative to cotton. *Journal of Cleaner Production*. 2020. DOI: 10.30574/wjpbphs.2023.16.2.0450, https://www.researchgate.net/publication/341475373_Industrial_hemp_fiber_A_sustainable_and_economical_alternative_to_cotton.
2. Ravindra B. Malabadi, Kiran P Kolkar, Raju Krishna Chalannavar, Karen Viviana Castaño Coronado Industrial Cannabis sativa: Role of hemp (fiber type) in textile industries. 2023. DOI:10.30574/wjpbphs.2023.16.2.0450, https://www.researchgate.net/publication/375325712_Industrial_Cannabis_sativa_Role_of_hemp_fiber_type_in_textile_industries.
3. Rastorgueva M.Y., Olijnyk H.S. Innovative technologies for the production of environmentally friendly textile materials: an overview of world research. *Materials of reports of the 10th international scientific and practical conference "Ecology-philosophy of human existence"*, Kyiv: NUBiP of Ukraine. 2024. April 24-25. P. 243-245.
4. Tanvir Md Hossain, Md Abdus Shahid, Md Golam Mortuza Limon, Imam Hassain, Nadim Mahmud Techniques, applications, and challenges in textiles for a sustainable future. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. 2024. Volume 10, Issue 1, March. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100230>.
5. Farhana Kaniz, Kumaran Kadirgama, Abu Shadate Faisal Mahamude, Mushfika Tasnim Energy consumption, environmental impact, and implementation of renewable energy resources in global textile industries: an overview towards circularity and sustainability. *Materials Circular Economy*. 2022. Volume 4, article number 15, <https://doi.org/10.1007/s42824-022-000591>.
6. Ociti Innocent. Green Technology, Industry 4.0, Clean Production, and Life Cycle Assessment in the textile and apparel sector/ Innocent Ociti. 28.02.2023, https://ug.linkedin.com/in/innocent-ociti995a8a1b2?trk=article-ssr-frontend-pulse_publisher-author-card
7. Gedik G., Avinc O. Hemp Fiber as a Sustainable Raw Material Source for Textile Industry: Can We Use Its Potential for More Eco-Friendly Production? *Sustainability in the Textile and Apparel Industries*. 2020. P.87-109. DOI:10.1007/978-3-030-38541-5_4, https://www.researchgate.net/publication/339949493_Hemp_Fiber_as_a_Sustainable_Raw_Material_Source_for_Textile_Industry_Can_We_Use_Its_Potential_for_More_Eco-Friendly_Production
8. Zimna K., May Kahoush, Marcin Barburski Design Potential of Technical Hemp and PLA Non wovens. *Journal of Natural Fibers*. 2024. 21(1). DOI:10.1080/15440478.2024.2356696, https://www.researchgate.net/publication/380899016_Design_Potential_of_Technical_Hemp_and_PLA_Nonwovens.
9. Sisti L., Totaro G., Vannini M., Celli A. Retting process as a pretreatment of natural fibres for the development of polymer composites. *Lignocellulosic Composite Materials*. 2018. P. 97–135, https://doi.org/10.1007/978-3-319-68696-7_2