

Т.М. ГОЛОВЕНКО, Г.А. БОЙКО,
О.В. ПАХОЛЮК, Л.Г. БАРТКІВ,
О.В. ШОВКОМУД

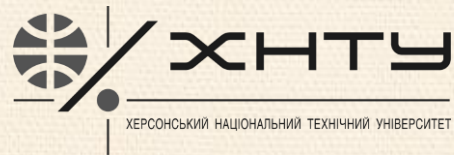
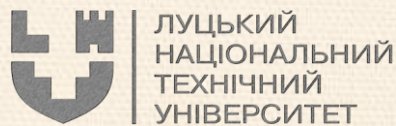
НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО У ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ



Монографія

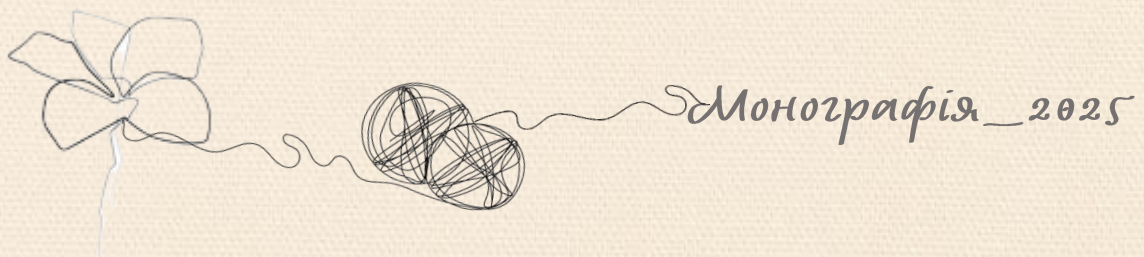
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



**Т.М. ГОЛОВЕНКО, Г.А. БОЙКО,
О.В. ПАХОЛЮК, Л.Г. БАРТКІВ, О.В. ШОВКОМУД**

НАУКОВІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО У ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ



ЛНТУ & ХНТУ & ДП «КІЇВОБЛСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ»

УДК 677.11.001.73+168

Н-34

*Рекомендовано Вченою радою
Луцького національного технічного університету
(протокол № 9 від 16 травня 2025 р.)
Херсонського національного технічного університету
(протокол №10 від 23 травня 2025 р.)*

Рецензенти:

Налобіна О.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри агроінженерії Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне;

Ляліна Н.П. – доктор технічних наук, професор кафедри товарознавства та комерційної діяльності Київського національного університету будівництва та архітектури;

Рябчиков М.Л. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій легкої промисловості Луцького національного технічного університету.

Матеріали подані в авторській редакції

Наукові основи застосування льону олійного у легкій промисловості:
Н-34 монографія / Т.М. Головенко, Г.А. Бойко, О.В. Пахолук, Л.Г. Бартків, О.В. Шовкомуд – Луцьк: ЛНТУ; Хмельницьк: ХНТУ, 2025. – 218 с.

Глобальна текстильна промисловість, керуючись принципами сталого розвитку, переходить від синтетики до екологічних матеріалів. Луб'яні культури, зокрема льон, є біорозкладною сировиною, що допомагає зменшити вуглецевий слід виробництва. Зростаючий світовий попит на натуральну, якісну та ексклюзивну продукцію в преміум-сегменті підтверджує цю тенденцію. Українська легка промисловість нині залежить від імпорту бавовни. Водночас Україна має значний потенціал у вирощуванні та переробці олійного льону. Світовий досвід показує широке застосування лляних волокон: від текстилю та композитів, до будівельних матеріалів та енергетики. Це відкриває великі експортні перспективи для країни.

У науковому виданні представлено теоретичну і практичну цінність одержаних результатів щодо сучасних популярних напрямків використання волокнистої частини стебел льону олійного в легкій промисловості; запропоновано термінологію щодо найменування типів волокна з льону олійного згідно технологічних процесів їх одержання; здійснено вибір найбільш придатних додаткових волокнистих компонентів для створення інноваційної високоякісної пряжі на основі волокон льону олійного; теоретично та експериментально досліджено експлуатаційні та гігієнічні властивості інноваційної пряжі придатної для виготовлення трикотажних виробів з визначенням комплексної товарознавчої оцінки якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного. Переорієнтація виробництва на льон може стати потужним стимулом для розвитку всієї галузі в Україні. Матеріал, викладений в монографії є актуальним для студентів, аспірантів, науковців, технологів та інженерів, які займаються питаннями первинної та вторинної переробки волокнистої сировини з льону олійного.

УДК 677.11.001.73+168

Н-34

© Т. М. Головенко, 2025

© Г.А. Бойко, 2025

© О.В. Пахолук, 2025

© Л.Г. Бартків, 2025

© О.В. Шовкомуд, 2025



Україна має потужний потенціал для розвитку виробництв з виготовлення різних виробів на основі льнової сировини, зокрема льону олійного. Такий напрямок є сучасним та актуальним, адже рециклінг луб'яної біомаси з льону олійного на підприємствах України для виготовлення текстильних, целюлозних, композиційних та інших товарів широкого вжитку може бути одним із сучасних напрямків економічного відродження країни, особливо в післявоєнний період.

Нині українські підприємства, які виготовляють льоновмісну продукцію, є імпортозалежними, адже ця сировина в масштабах країни ввозиться лише з-за кордону. Відновлення сировинного текстильного ресурсу в Україні відіграє стратегічну роль у формуванні українського ринку конкурентоспроможної екопродукції. Наукові результати досліджень, викладені у монографії, сприяють виготовленню інноваційних виробів із української доступної луб'яної сировини, яка відповідатиме вимогам споживачів як на українському, так і на міжнародному ринках.

У науковому виданні розглянуто сучасні популярні напрямки волокон льону олійного в легкій промисловості; запропоновано термінологію щодо найменування типів волокна льону олійного згідно технологічних процесів первинної і вторинної переробки; сформовано методичні рекомендації для оцінки якості продукції зі стебел льону олійного; окреслено принципово новий комплексний підхід до застосування волокон льону олійного в текстильній промисловості шляхом створення композиції – суміші волокон льону олійного з іншими волокнами, які будуть поліпшувати якісні показники отриманого напівфабрикату – пряжі; здійснено вибір найбільш придатних додаткових волокнистих компонентів для створення інноваційної високоякісної пряжі на основі волокон льону олійного; теоретично та експериментально досліджено експлуатаційні та гігієнічні властивості інноваційної сумішевої пряжі на основі волокон льону олійного, придатної для виготовлення трикотажних виробів з визначенням її комплексної товарознавчої оцінки якості.

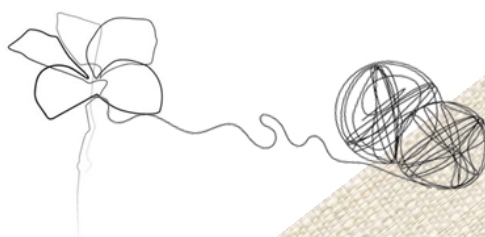
Соціальною значимістю наукових розробок авторів Тетяни Головенко, Галини Бойко, Олени Пахолук, Лариси Бартків, Олександра Шовкомуда являється раціональне ставлення до природних ресурсів держави – льону олійного, як рослинного джерела для отримання екологічної луб'яної сировини, придатної для застосування в актуальних сегментах легкої промисловості України.

ПЕРЕДМОВА	3
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ АСОРТИМЕНТ ПРОДУКЦІЇ З ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО..	7
1.1. Перспективи розвитку легкої промисловості України та її сировинного комплексу за рахунок використання льону олійного....	7
1.2. Світовий та український досвід промислового застосування волокон льону олійного для виготовлення виробів легкої промисловості.....	18
1.3 Новітня термінологія, ієрархічна система класифікації та визначення споживних властивостей сировини з льону олійного.....	37
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБІВ З ЛЬОНОВМІСНОЇ ЗМІШАНОЇ ПРЯЖІ	48
2.1. Огляд існуючих досліджень споживних властивостей волокон льону олійного за світовим асортиментом продукції на їх основі.....	48
2.2. Чинники формування споживних властивостей змішаної пряжі.....	54
2.3. Потенційні вироби на основі нового асортименту змішаної пряжі...	63
РОЗДІЛ 3. Об'єкти та методи досліджень	68
3.1. Об'єкт та послідовність досліджень.....	68
3.1.1. Загальна номенклатура показників якості змішаної пряжі.....	75
3.2. Методи визначення споживних властивостей волокон льону олійного...	80
3.2.1. Визначення розривного навантаження волокон льону олійного.....	81
3.2.2. Визначення лінійної густини волокон льону олійного за розщепленістю....	82
3.2.3 Визначення довжини волокон льону олійного	84
3.2.4. Визначення фактичної вологості волокон льону олійного.....	85
3.2.5. Методика проведення світлової мікроскопії поперечних зрізів лляного волокна.....	86
3.3. Методи визначення споживних властивостей змішаної пряжі.....	87
3.3.1. Визначення розривного навантаження змішаної пряжі.....	88
3.3.2. Визначення лінійної густини та номера змішаної пряжі.....	90

3.3.3.	Визначення показників крутки змішаної пряжі.....	91
3.3.4.	Визначення санітарно-гігієнічних показників змішаної пряжі.....	94
3.4.	Комплексна оцінка якості асортименту змішаної пряжі.....	96
3.5.	Математичне планування експерименту та оброблення результатів досліджень.....	97
3.6	Наукове обґрунтування використання волокон льону олійного для виготовлення трикотажних товарів.....	98
РОЗДІЛ 4. Експериментальні дослідження споживних властивостей змішаної пряжі на основі волокон льону олійного.....		123
4.1.	Одержання волокна льону олійного у виробничих умовах та визначення придатності різних сортів до прядіння.....	124
4.2.	Дослідження фізико-механічних властивостей волокон льону олійного як компонента змішаної пряжі.....	129
4.3.	Дослідження впливу волокнистих компонентів на зміну розривного навантаження та вологопоглинання змішаної пряжі....	132
4.4.	Визначення оптимального вмісту і складу змішаної пряжі методом математичного планування експерименту.....	153
4.5.	Дослідження споживних властивостей змішаної пряжі з покращеними фізико-механічними показниками.....	140
РОЗДІЛ 5. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗМІШАНОЇ ПРЯЖІ НА ОСНОВІ ВОЛОКОН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.....		174
5.1.	Розрахунок комплексного показника якості змішаної пряжі з волокнами льону олійного.....	174
5.2.	Розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності нового асортименту змішаної пряжі.....	186
5.3.	Розрахунок економічної ефективності виробництва змішаної	192

ЗМІСТ

пряжі на основі волокон льону олійного.....	
5.4. Розрахунок ефективності інвестицій у виробництво змішаної пряжі на основі волокон льону олійного.....	202
ВИСНОВКИ.....	206
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	208



1/1/ Перспективи розвитку легкої промисловості України та її сировинного комплексу за рахунок використання льону олійного

Легка промисловість є важливою частиною економіки як в світі, так і в Україні, що охоплює виробництво текстилю, одягу, взуття та шкіряних виробів. Проте ця сфера діяльності вже багато років перебуває у стані перманентної системної кризи [1]. Протягом останніх кількох років галузь переживає значні труднощі, пов'язані з військовою агресією, проблемами з енергетичними постачаннями, а також зі змінами на зовнішніх ринках. Через війну українська легка промисловість зазнала серйозних змін. Частина підприємств, особливо в тих регіонах, де проходять активні бойові дії, була змушена призупинити виробництво або перенести його в більш безпечні місця. Багато підприємств також зіткнулися з проблемами через мобілізацію робочої сили. Для розуміння, з початку війни понад 75% працівників становили жінки, а зараз цей показник сягнув понад 90% [1].

Українські підприємства, що продовжили роботу в умовах війни, переорієнтувалися на потреби Збройних сил України, ставши їхніми ключовими постачальниками. За даними керівництва «Української асоціації підприємств легкої промисловості», внутрішнє виробництво здатне забезпечити до 95% необхідної продукції для військових формувань [3].

У 2023 році галузь продемонструвала стійкість та кількість гравців на ринку легкої промисловості. Дослідження Forbes [4] зафіксувало збільшення на 22% кількості виробників одягу, взуття, текстильних та шкіряних виробів, загальна чисельність яких перевищила 19 700 суб'єктів господарювання. Переважну більшість (72%) становили ФОПи, тоді як великі підприємства займали лише 1% ринку. Попри кількісне зростання,

сукупний дохід галузі скоротився на 13%, склавши 47,1 млрд грн. Найприбутковішим сегментом виявилось виробництво одягу (23 млрд грн).

Станом на серпень 2024 року, експорт залишається важливою складовою діяльності української легкої промисловості. 76% підприємств галузі зберегли свої експортні операції з довоєнних часів, що лише трохи поступається загальнонаціональному показнику (81%). Нові компанії не вийшли на зовнішні ринки під час війни, а майже 24% експортерів повідомили про зупинку поставок за кордон, що пов'язано з логістичними труднощами, втратою ринків або переходом на внутрішні замовлення для потреб ЗСУ (рис. 1.1).

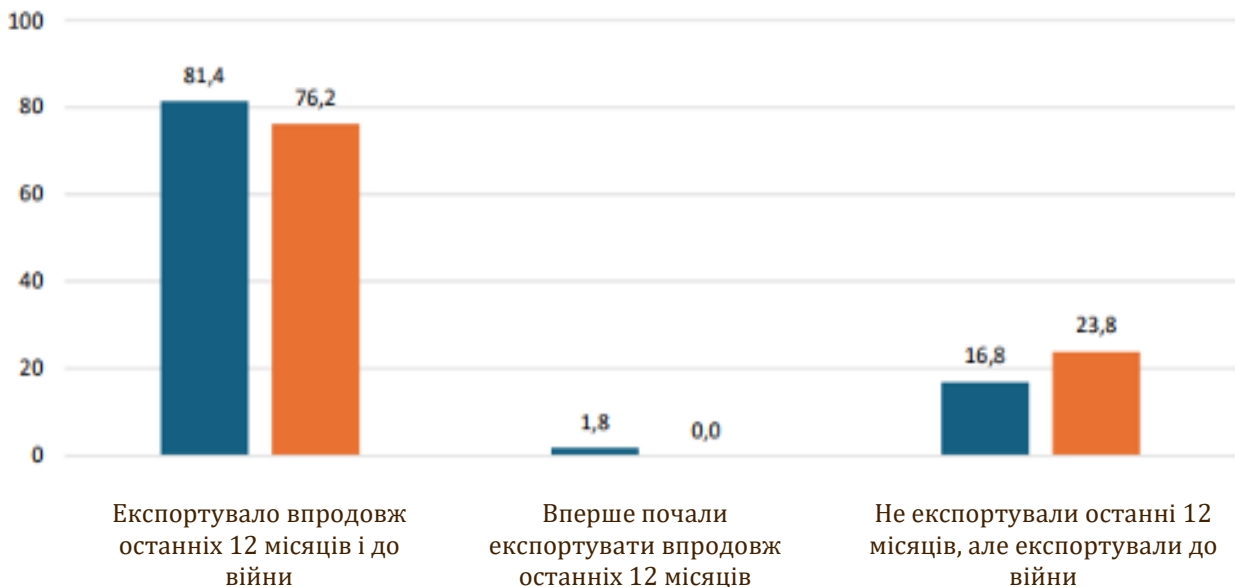


Рис. 1.1. Вплив на експортну діяльність в період грудня 2023

року

Джерело: Секторальний аналіз:

http://www.ier.com.ua/files/Projects/2024/CEP/Sectoral_report_light_industry.pdf) [5]

Експортні очікування в легкій промисловості України різко погіршилися в третьому кварталі 2024 року. Відповідний індекс впав з 0,39 до 0,24, і тепер галузеві прогнози гірші за середні по країні. Основною причиною стало збільшення кількості компаній, які фіксують скорочення

експорту, а саме 8,7% у серпні, на відмінну від 0% у другому кварталі. Тим не менш, 30% підприємств очікують зростання продажів за кордон [5]. Географічно експорт майже повністю зосереджений на ЄС: 94% продукції постачається саме в європейські країни, порівняно з 86% в інших секторах (рис. 1.2.).

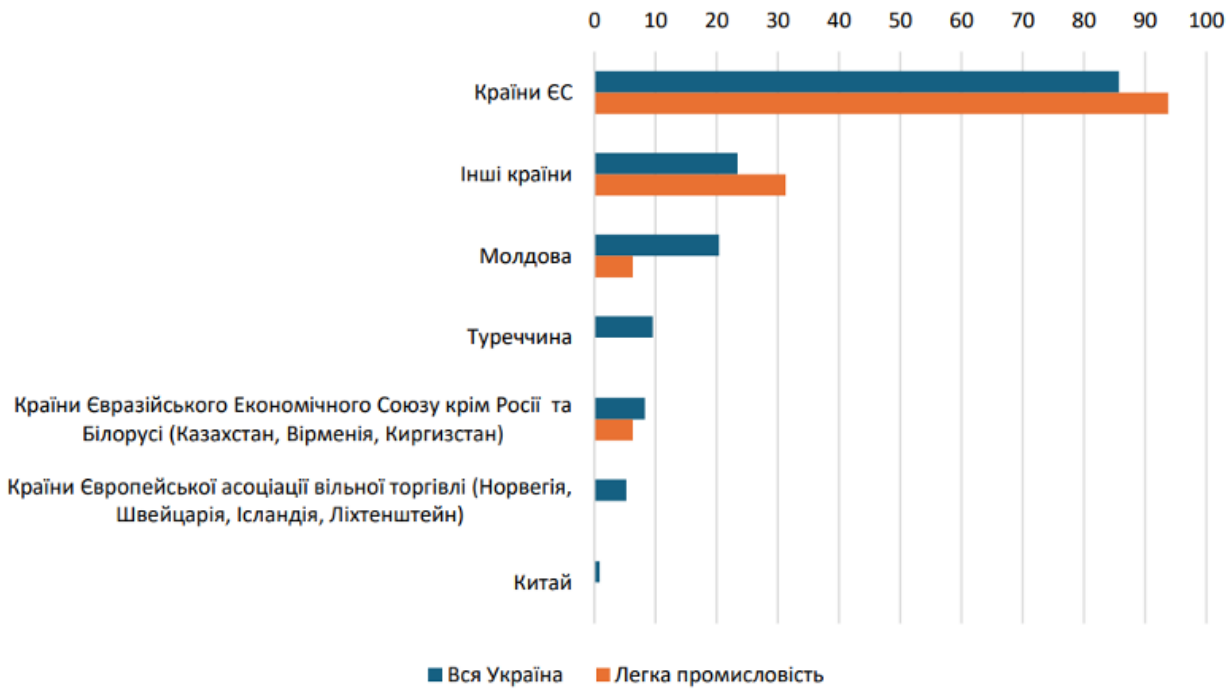


Рис. 1.2. Головні напрямки експорту продукції легкої промисловості в період серпня 2024 року

Джерело: Секторальний аналіз:
http://www.ier.com.ua/files/Projects/2024/CEP/Sectoral_report_light_industry.pdf) [5]

Станом на серпень 2024 року, критичною проблемою 75% підприємств легкої промисловості став брак робочої сили, спричинений мобілізацією та міграцією співробітників у зв'язку з повномасштабним вторгненням росії в Україну. Другою за вагомістю проблемою для 65% виробництв залишаються проблеми з електроенергією. Хоча великі підприємства можуть використовувати дорожчу імпортовану електроенергію або генератори, це знижує конкурентоспроможність галузі порівняно з

іноземними виробниками. Наступною перешкодою налагодженої роботи для 52% виробництв є зростання цін на сировину та матеріали (рис. 1.3.).

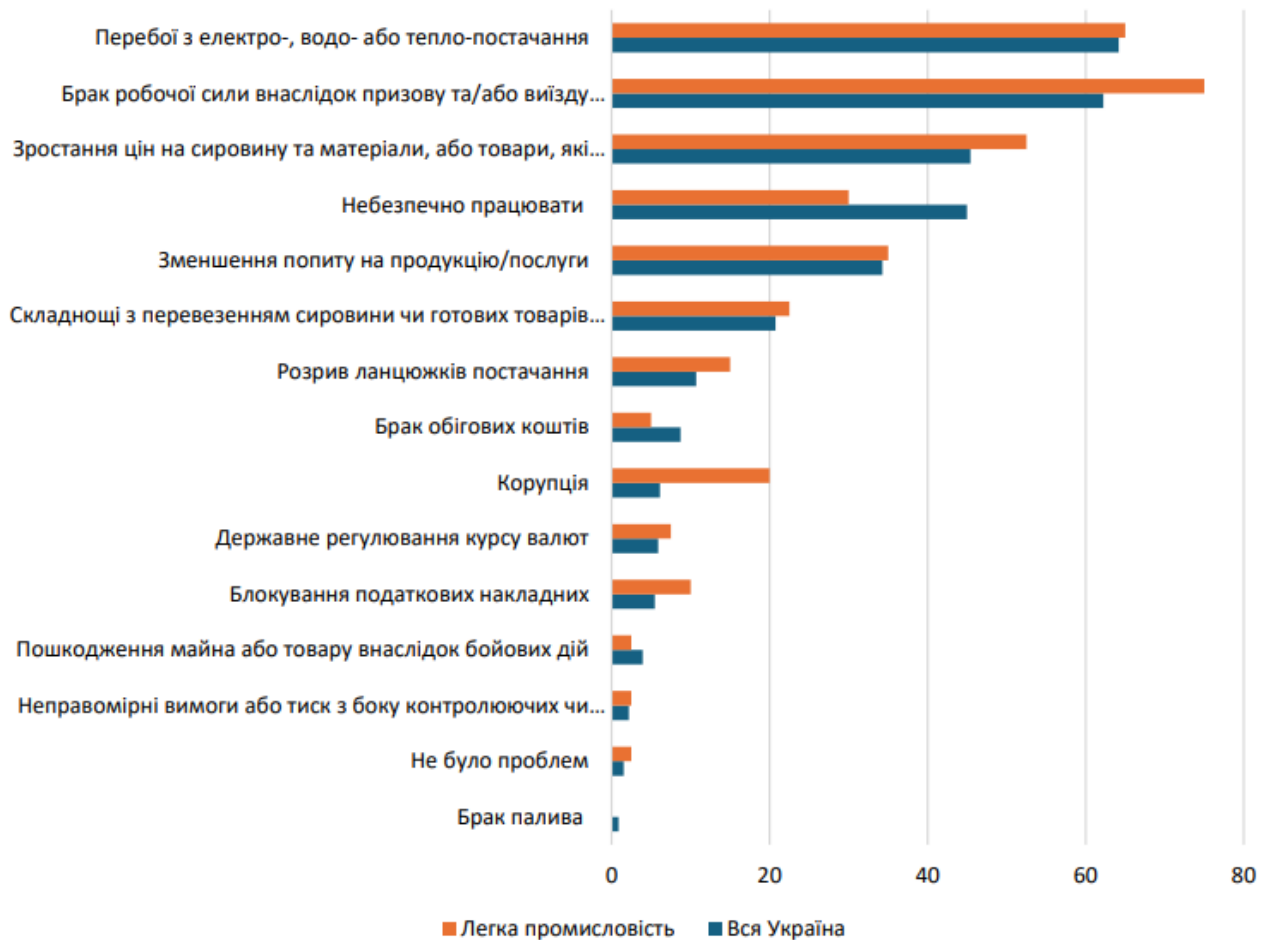


Рис. 1.3. Зведена діаграма головних напрямків експорту продукції легкої промисловості в період серпня 2024 року

Джерело: Секторальний аналіз:

http://www.ier.com.ua/files/Projects/2024/CEP/Sectoral_report_light_industry.pdf) [5]

Підсумовуючи вищезазначене та результати досліджень секторального аналізу [5], представлені на зведеній діаграмі рис. 1.3. в період серпня 2024 року виявлено, що головними причинами зниження обсягів виробництва підприємств легкої промисловості стали системні проблеми:

- перебої з електропостачанням;
- дефіцит кваліфікованої робочої сили;

➤ висока вартість сировини.

Найвні труднощі змусили підприємства адаптуватися до нових умов шляхом скорочення обсягів виробництва і лише 10% компаній зафіксували зростання виробництва протягом перших восьми місяців 2024 року, порівняно з 34% у його першій половині. При цьому частка підприємств, які зазнали скорочення виробництва, зростає майже до 33%.

Період 2022–2023 років став часом глибоких трансформацій для української зовнішньої торгівлі. За даними Української асоціації підприємств легкої промисловості, у 2023 році експорт текстильного одягу скоротився на 63%, домашнього текстилю — на 40%, а взуття — на 60%. Динаміка експорту трикотажних виробів особливо показова: якщо у 2022 році він становив \$6 млн, то на початок 2024 року впав до нуля. Водночас імпорту цієї категорії зріс із \$13 млн до \$35 млн, що свідчить про серйозну втрату позицій вітчизняних виробників на зовнішньому ринку. Паралельно відбулося значне зростання імпорту, що вказує на сильну залежність галузі від імпортової сировини та готової продукції [3]. Тому, щоб залишатися конкурентоспроможними на ринку, виробництва мають адаптувати свої стратегії до нових умов, прогнозувати потреби ринку, оптимізувати виробничі процеси, мати можливість закуповувати державні сировинні ресурси та приймати обґрунтовані рішення для покращення бізнес-показників.

Перспективними напрямками отримання державних сировинних ресурсів та розвитку легкої промисловості є індустріальні парки. За даними Міністерства економіки, оновлений каталог індустріальних парків, представлений у 2024 році, є ключовим інструментом для стимулювання виробництва. Він спрощує для підприємств пошук оптимальних локацій для розміщення виробничих потужностей та сприяє залученню інвестицій [6].

Нині організований індустріальний парк Ma'Rijany Hemp Company («Ма'Рижани») [7], з яким ведеться співпраця Херсонського національного технічного університету та Луцького національного технічного університету. Даний індустріальний парк, як сучасна українська агробізнесструктура реалізовує найбільший в Україні проєкт з вирощування та переробки технічних конопель і механічної обробки льону. Такий агрокомплекс, в умовах сировинної імпортозалежності українських підприємств, є стратегічно важливим, адже формує інноваційну екосистему зі сталим економічним майбутнім та потенційно передбачається забезпечення внутрішніх потреб ринку промисловості у текстильній сировині широкого спектру застосування – довгого, короткого, котонізованого луб'яного волокна, кострицею тощо. Нині агрокомплекс орієнтується на визначення вибору раціональних сортів технічних конопель, удосконалення технологічного процесу первинної і вторинної обробки сировини, оснащення сучасним обладнанням для механічної переробки з метою одержання продукції різного функціонального призначення та стане сталою біосировиною для української промисловості, сприяючи економічному зростанню та сталому розвитку держави і матиме стратегічне значення для європейських ринків.

Адже, ще 50 років тому Україна була світовим лідером з переробки технічних конопель та льону для текстильної промисловості, з налагодженою інфраструктурою і технологіями, розвиненою логістичною картою отримання сировини і реалізації готової продукції, що повністю забезпечувало сировинні потреби підприємств. Нині дана галузь опинилася у стані занепаду через роки змін та втрат. Такого типу агрокомплекси, в умовах сировинної імпортозалежності українських підприємств, є стратегічно важливими, адже потенційно передбачається забезпечення внутрішніх потреб ринку з текстилю натуральною луб'яною сировиною –

довгим, коротким, котонізованим луб'яним волокном, кострицею тощо [8, 9].

До того ж, відомо, що в рамках концепції сталого розвитку світова текстильна промисловість нині орієнтована на скорочення використання синтетичних матеріалів, що забруднюють довкілля. Луб'яні культури є повністю біорозкладною сировиною, яка дозволяє зменшити вуглецевий слід виробництва. Тому стабільне зростання ринку вказує на стійкий інтерес споживачів до натуральних матеріалів, адже незважаючи на загальну економічну ситуацію, світовий попит на високоякісну, екологічну та ексклюзивну продукцію з натуральних волокон (таких як льон, коноплі, джут) зростає. Акцент активно підвищується на преміум та люкс-сегменті, оскільки споживачі готові платити більше за якість, екологічність, довговічність та унікальний дизайн виробів із луб'яної сировини. З огляду на те, що Україна має значний потенціал у вирощуванні та переробці льону та конопель, цей світовий тренд відкриває великі експортні перспективи. Переорієнтація вітчизняного виробництва на створення готової продукції високої доданої вартості, а не лише продаж сировини, може стати потужним стимулом для розвитку легкої промисловості в країні. Таким чином, світовий ринок сигналізує про перспективну нішу для українських виробників, які зможуть запропонувати високоякісну продукцію з луб'яних культур.

Відомо, що в Україні, враховуючи її кліматичні умови та географічне положення, можна отримувати власні сировинні ресурси з однорічної луб'яної культури – льону олійного, яка переважно вирощується для отримання насіння. За даними Державного комітету статистики України [2], останнім часом у нашій країні спостерігаються різкі зміни обсягів вирощування технічних культур (рис. 1.4).

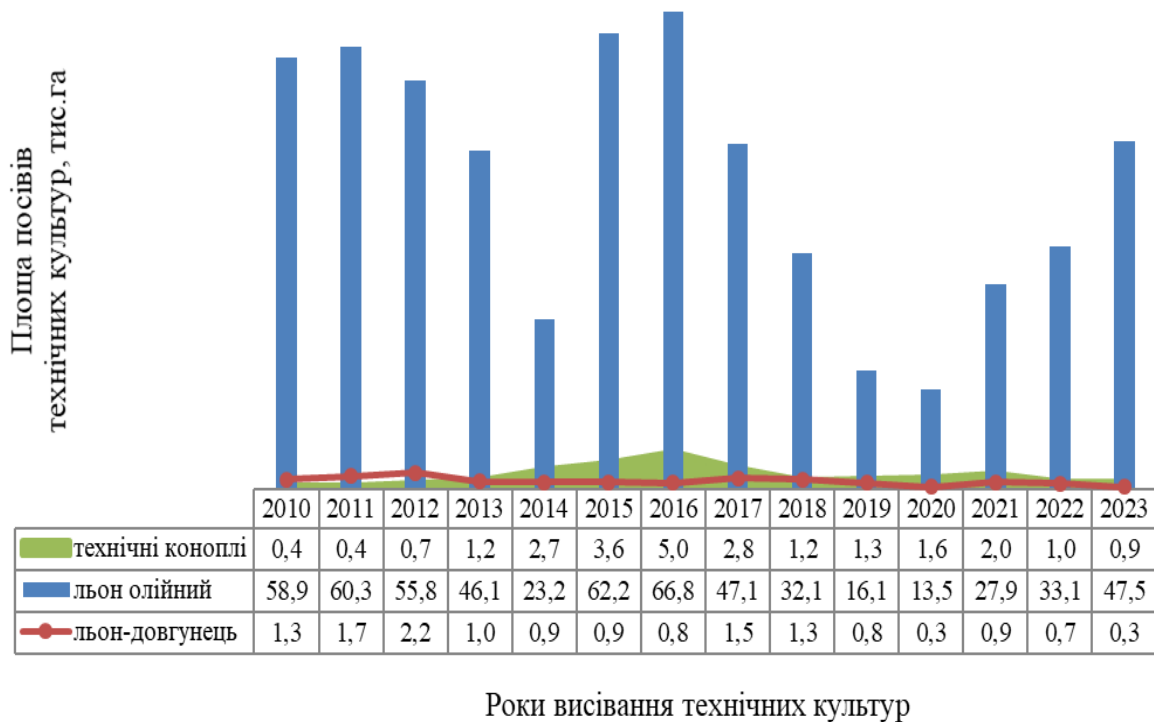


Рисунок 1.4. – Динаміка зміни посівних площ, відведених під технічні культури в Україні, за період 2010-2023 рр.

Аналіз статистичних даних (рис. 1.1) свідчить, що вирощування технічних конопель не значне, а льону олійного навпаки зазнало значного підйому. Так, у 2023 році посівні площі олійного льону склали 47,5 тис. га, що на 20% більше від попереднього сезону, який є максимальним за останні п'ять сезонів. Збільшення посівних площ під льон олійний зумовлено конкурентоспроможністю його насіння на українських та європейських ринках, а також впровадження практики культивування озимого льону в Україні. Через зміни клімату (менш холодні зими, надто теплі весни) ця культура здатна добре адаптуватися в нашій країні. Станом на 2021 р. було на території України були задіяні майже всі області для висівання льону олійного, що підтверджується відповідними статистичними даними [2] (рис. 1.5).



Рис. 1.5 – Посівні площі, відведені під льон олійний у окремих регіонах України за 2021 р.

Завдяки поєднанню наукових розробок, сприятливого клімату по всій території країни та значній дерегуляції галузі, Україна має всі можливості мати власні сировинні ресурси на основі олійного льону. Природно-кліматичні умови та значні посівні угіддя держави є конкурентною перевагою, якої не мають більшість європейських країн.

Головною перевагою вирощування льону олійного є його посухостійкість, яка пояснюється особливостями розвитку кореневої системи, її безперервним ростом у глибину майже до кінця вегетації. Завдяки цьому рослини засвоюють вологу із глибших шарів ґрунту після цвітіння та краще витримують посуху порівняно з іншими яровими культурами. Крім того, льон олійний має короткий вегетаційний період – 70-115 днів, що дає змогу збирати його в кінці липня і є одним із найкращих попередників для озимих зернових культур. Також льон олійний стійкий до несприятливих погодних і кліматичних умов, зокрема, сходи стійкі до весняних заморозків, а сама культура – до обсіпання насіння та вилягання.

За дотримання технології вирощування врожайність льону олійного може досягати від 12 до 25 ц/га. Поряд із цим, у нашій державі, за значної нестачі енергоносіїв та лубоволокнистої сировини, стебла льону олійного зовсім не використовуються. І навіть гірше того, вони спалюються, що замість доходу спричиняє великі проблеми для льоносіючих господарств. Причина такого явища – відсутність промислового комплексу з переробки стебел даної культури. В Україні стебла льону олійного не задіяні в льонопереробній галузі як джерело отримання луб'яних волокон, лише як джерело отримання насіння. Однак, як показує світова практика, льон олійний – це щорічно відновлювана «біосировина» нового покоління (рис. 1.6, 1.7).



Рисунок.1.6 – Основні напрямки комплексного застосування льону олійного у світі



Рисунок 1.7 – Сучасні напрямки промислового застосування стебел льону олійного у світі

Аналіз рис. 1.6, 1.7 свідчить про збільшення тенденції в світі з розвитку різнобічних напрямків застосування волокон льону олійного, а саме в технічному, текстильному, целюлозному застосуванні, будівельному та паливно-енергетичному сегментах [10-12].

Збільшення цін на натуральну закордонну сировину призводить до зростання вартості готової продукції ще на початковій стадії її виготовлення. Враховуючи світову економічну нестабільність, не всі верстви населення можуть дозволити собі споживати якісну продукцію, оскільки існує закономірність: підвищення якості продукції спричиняє збільшення її вартості. Тому, нагальною проблемою сьогодення є пошук шляхів визначення їх якості. Важливість такого пошуку підтверджується тим фактом, що більшість текстильних підприємств працюють на дорогій імпортованій сировині, до того ж часто не першої якості. Адже якість вітчизняної сировини – як натуральних, так і хімічних волокон – у

переважній більшості випадків не влаштовує виробників легко промисловості. Як наслідок, значна частина сировини імпортується.

Нині, луб'яні культури, а особливо льон олійний є цінною біосировиною теперішнього і майбутнього, що поєднують високу міцність, екологічну чистоту й універсальність використання. В умовах глобального переходу до зеленої економіки вони стають головною сировиною відновлюваної та екологічної текстильної промисловості. Їх стратегічне значення полягає не лише у виробництві волокон, а й у використанні ресурсів, що не шкодять довкіллю, а відновлюють його. Адже, відомо, що луб'яні культури є відносно невибагливими у вирощуванні, які можуть культивуватися на різних типах ґрунтів і не потребують інтенсивного використання пестицидів, що робить їх екологічно стійкими. Все це стимулює українських виробників впроваджувати дані культури в своє виробництво та створювати нові інноваційні вироби.

1/2/ Світовий та український досвід промислового застосування волокон льону олійного для виготовлення виробів легкої промисловості

У світовій практиці льон олійний використовують у різних галузях промисловості. Він має фітосанітарні властивості, є хорошим попередником для більшості культур [10]. На даний час льон олійний культивують у країнах Західної (Франція, Бельгія, Нідерланди, Німеччина, Великобританія, Італія) і Східної Європи (Польща, Чехія, Угорщина, Румунія, Словаччина) та частково в Азії (Казахстан, Китай, В'єтнам, Корея). Окремі його види вирощуються в Середземномор'ї, Латинській Америці, ПАР, Скандинавії. Світовими виробниками льону олійного також є Канада та США, які експортують сировину й вироби з льону олійного до країн ЄС та Азії [10]. Результати досліджень наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Експорт продукції зі стебел льону олійного з Канади у 2023 році

Вид продукції	Маса, т	Вартість, дол.	Ціна за 1 т, дол./т	Популярні напрямки експорту	Провінції- експортери
Солома або треста	848	1 205 409	1 422	Ірландія 59% Південна Корея 20%	Саскачеван 65% Альберта 20%
М'ятий або тіпаний сирець	не експортовано				
Волокно грубого чесання	не експортовано				
Пачоси (відходи тіпання, чесання, прядіння)	13 128	10 690 052	814	США 100%	Манітоба 100%
Рівниця або пряжа однокручена	2	19 712	9 856	США 100%	Квебек 100%
Пряжа (багатокручена або змішана)	0,2	1 547	7 735	США 100%	Онтаріо 100%
530911 – Тканини вибілені або невибілені (< 85%)	0,3	5 696	18 987	Великобри- танія 52%, Південна Корея 48%	Онтаріо 100%
530919 – Тканини друковані або пофарбовані	0,3	6 005	20 017	Великобри- танія 100%	Онтаріо 100%
530921 – Тканини вибілені або невибілені (< 85%)	не експортовано				
530929 – Тканини вибілені або невибілені (< 85%)	0,1	1 033	10 330	Пенсільвані я 100%	Квебек 100%
Столова білизна	не експортовано				
Текстильні та побутові вироби	не експортовано				

Таблиця 1.2 – Експорт продукції зі стебел льону олійного із США у 2023 році

Вид продукції	Маса, т	Вартість, дол.	Ціна за 1 т, дол./т	Популярні напрямки експорту
Солома або треста	253	757 000	2 992	Мексика 43% Канада 28% Домініканська Республіка 17%
М'ятий або тіпаний сирець	39	63 000	1 615	Пакистан 44% Канада 28% Барбадос 8%
Волокно грубого чесання	59	190 000	3 220	Ізраїль 42% Пакистан 27%
Пачоси (відходи тіпання, чесання, прядіння)	99	182 000	1 838	Франція 77% Марокко 23%

Аналіз даних табл. 1.2 і 1.3 свідчить, що залежно від технології переробки стебел льону олійного одержане волокно застосовують у різних сферах легкої промисловості – як для виготовлення технічних, так і для виробництва текстильних матеріалів. Раціональне використання стебел льону олійного дасть можливість підтримати вітчизняного виробника забезпечивши його вітчизняними сировинними ресурсами для виготовлення широкого асортименту конкурентоспроможної продукції.

Загалом, причиною такої широкої уваги до льону олійного в світі першочергово було отримання насіння, яке користується великим попитом на світовому ринку. Ляна олія застосовується у харчовій, лакофарбовій, автомобільній промисловостях у багатьох країнах, наприклад у США, вважається стратегічною сировиною, використовується у виробництві олійних фарб і мила [10].

Частка Канади у світовому виробництві насіння льону у 2023 році становила другу позицію за обсягами експорту (за вагою насіння: 228 121 тонн), поступаючись лише Казахстану, який експортував 423 901 тонн. За інформацією 2025 року, ринок насіння зміщується: обсяги експорту Канади

значно зменшилися, тоді як Казахстан нарощує поставки, особливо на ринки ЄС після введення тарифів на російський насінневий льон [6].

Світове виробництво насіння льону за останнє десятиліття суттєво змінилося порівняно з даними початку 2010-х років. Якщо у 2011–2012 рр., за оцінками Oil World, воно становило близько 2,1 млн тонн, то сучасні аналітичні огляди свідчать про значне зростання попиту та відповідне збільшення виробничих обсягів. За даними світових ринкових досліджень 2023–2024 років, загальне виробництво linseed/flaxseed досягло приблизно 3,2 млн тонн, а географія країн-лідерів зазнала істотних змін. На відміну від попередніх років, коли основні площі вирощування були зосереджені в Канаді, Китаї, США, росії та Казахстані, сьогодні провідні позиції у виробництві займають Казахстан і Канада, на які припадає близько 67 % світового обсягу. При цьому Канада останніми сезонами демонструє зниження посівних площ та врожайності — у 2023–2024 рр. її валовий збір знизився до 201–204 тис. тонн, що є одним із найнижчих показників за десятиліття. На противагу цьому, Казахстан активно нарощує виробництво та стабільно покращує експортні можливості: лише у 2024 році він зібрав понад 453 тис. тонн льону, зміцнивши свої позиції на світовому ринку.

У Німеччині за період 1989-2000 рр. було інвестовано понад 175 млн. євро в науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи для вдосконалення технологій первинної обробки рослинної сировини [10]. Переважно ці роботи стосувалися розробки технології комплексної переробки соломи льону олійного для одержання високоякісного волокна й пошуку нових сфер його застосування.

В Італії волокно льону олійного використовують для відновлення якості рециркульованих волокон. У подальшому їх застосовують для виготовлення нетканих матеріалів або як наповнювач матраців.

У багатьох країнах світу розроблені заходи з теплозбереження житла, а це, у свою чергу, передбачає використання екологічно чистих ізоляційних

матеріалів, для виготовлення яких найбільш придатними є льон-довгунець та льон олійний. З костриці – деревної частини стебла – виробляють костроплити та костробрикети, якість яких не нижча, ніж у звичайних ДСП і ДВП. Будинки, побудовані з лляних костроблоків, за міцністю не поступаються цементним, але мають кращу теплоізоляцію. Із суміші лляного волокна з пластмасовими біопродуктами виготовляють міцне покриття для дахів із тривалим терміном служби [10].

На даний час проводяться дослідження щодо застосування волокон льону олійного та технічних конопель в суміші з іншими волокнами в тканинах військового призначення [12, 13]. Хоча у військових цілях може використовуватися увесь потенціал рослин. Вже доведено, що волокна цих рослин можуть використовуватися для виробництва натурального, екологічного та високоякісного одягу, бронежилетів; насіння цих луб'яних культур може бути використане як поживний, корисний інгредієнт в раціоні військового харчування; солома та луб, як матеріал для композитів, які можуть використовуватися, як будівельний, утеплюючий матеріал для військових бліндажів; костриця, як матеріал для виробництва паливних брикетів для буржуйок та саморобних пічок, які масово використовують військові.

Тканини із лубоволокнистих матеріалів мають високу повітропроникність, що сприяє утриманню кисню в структурі текстильних виробів, який виключає розвиток анаеробних бактерій та можливість їх розмноження всередині різноманітних видів одягу, трикотажу, взуття тощо. Застосування таких матеріалів не тільки забезпечить оборонний комплекс якісними виробами, але й дасть підтримку українській сировині.

Поширене використання волокон льону олійного в процесі мокрого та сухого валяння та декору. Під час розкладання волокон льону під скло в якості декору в створенні картин можна отримати натуральність трави і подібних фактур. У техніці мокрого валяння звиті, короткі та довгі, гладкі

волокна льону дають дуже цікаву рельєфну структуру на поверхні виробу, лягаючи красивими вигинами-зигзагами. На відміну від шовку не звалюється у вовну навіть при сильному звалюванні виробу та залишається чітко помітним на поверхні, надаючи матовий блиск і декоративність [12].

Інноваційне застосування дані культури знайшли в якості наповнювача в ортопедичних подушках. В умовах лабораторії Херсонського національного технічного університету та Хмельницького національного університету проводилися дослідження складових лубоволокнистого наповнювача – волокнистої маси льону олійного та технічних конопель з метою застосування даних волокон в ортопедичних подушках різного функціонального призначення [14]. Адже з літературних джерел відомо, що дані волокна володіють безліччю якісних властивостей. Однією із найбільших переваг волокон льону та конопель, як волокнистого наповнювача є його екологічність. Ляні культури та коноплі є одними із найстійкіших рослин, які відомі людству, їх вирощування можливе без використання пестицидів та хімічних добрив, що робить продукцію з них безпечною для здоров'я та довкілля.

Було розроблено дослідні зразки ортопедичних подушок, які мають відмінні тепло- та волого утримуючі властивості. Адже, волокна льону олійного та конопель володіють унікальною структурою волокон, яка дозволяє їм зберігати тепло та одночасно добре проводити повітря. Вони зберігають тепло в холодну погоду і дозволяють шкірі дихати та не перегріватися влітку. Дані види лубоволокнистих наповнювачів мають властивість відмінно поглинати та випаровувати вологу. Це допомагає регулювати рівень вологості в ліжку і забезпечує комфортний відпочинок. Крім того, вони запобігають утворенню неприємного запаху та плісняви.

Також ці волокна мають природні антибактеріальні властивості, які допомагають боротися із розвитком бактерій та грибків, допомагають в боротьбі з пролежнями та впливають на загоєння ран.

За рахунок кotonізації конопляного та лляного волокна отримується м'який, приємний на дотик наповнювач, який здатен зберігати за рахунок своєї щільності форму подушки. Вироби добре адаптуються до форми тіла і розподіляють тиск, що допомагає зменшити напругу м'язів і покращити якість покою всього організму. Щодо терміну придатності виробів із таким волокнистим наповнювачем, то довговічність та стійкість забезпечено на десятки років без втрати якості та форми. Ортопедичні подушки з даним видом наповнювача будуть відрізнятися високою міцністю та стійкістю до зношування, що робить даний вид виробів ідеальними для тих, хто цінує довговічність та економію.

Значну економію в технологічному процесі виготовлення волокнистого наповнювача можна отримати за рахунок видалення операцій відбілювання та фарбування, адже конопляні та лляні волокна, як наповнювач можуть не проходити етапи відбілювання та фарбування, тому що мають свій природний естетичний вигляд та стиль. Якщо у виробках для сну ще й використовувати напірники з даного виду сировини, то вони будуть мати природний, органічний вигляд та додають спальній кімнаті особливого шарму. Лубоволокнистий наповнювач для ортопедичних подушок - це натуральний, екологічний та здоровий компонент для виробів, який забезпечить комфорт під час лікування та відпочинку.

Інноваційні вироби із льону олійного та технічних конопель, незважаючи на важкі часи, поступово заходять на українські ринки, відтісняючи подібні вироби з іншої сировини за рахунок своїх унікальних властивостей. Українські науковці мають всі шанси працювати у напрямку

впровадження нових виробів із лубоволокнистої сировини завдяки сприятливим для цього умовам та традиції.

Нині Канада є світовим лідером із використання стебел льону олійного. У цій країні створено 6 фірм з їх первинної обробки: «FlaxStalk/SWM» (Манітоба), «Biolin» (Саскачеван), «Stemergy» (Онтаріо), «Crailar Flax Fibre» (Британська Колумбія), «Stemia» та «Vegreville Decortication» (Альберта). Дані підприємства щорічно переробляють 543268 тис. т стебел (соломи, трести) льону олійного й виготовляють 22400 тис. т волокна низької якості або лубу в тому числі і 24600 тис. т волокна високої якості. Крім того, 5 канадських фірм займаються переробкою волокон льону олійного для виготовлення товарів різного функціонального призначення: «Genics», «Synermulch» (Альберта), «FlaxStalk» (Манітоба), «Flax Farm» (Онтаріо), «Biolin» (Саскачеван). Стебла льону олійного багаті на лігнін та мають високу енергетичну цінність, тому є ідеальною вихідною сировиною для виробництва енергоносіїв другого покоління, що можуть бути використані під час виготовлення транспортного палива. Цей напрям застосування стебел льону олійного представляють 2 фірми з виготовлення біоенергетичних продуктів: «Flax Power» (Манітоба), «Titan Clean Energy» (Саскачеван) [10, 15].

Нафтові, хімічні, харчові та целюлозно-паперові компанії, все частіше знаходять вигідні напрямки використання біосировини в своїх виробничих процесах. Компанія «СІС» розробила композиційний матеріал, який буде використовуватися для виробництва капоту в наступному поколінні тракторів «Buhler». Основні вимоги до волокон та їх функціональне призначення наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Основні якісні показники волокон льону олійного та їх функціональне призначення

№ з/п	Функціональне призначення	Довжина волокон, см.	Колір волокон	Вміст костриці, %	Вологість, %
1.	Технічний та побутовий текстиль (волокно другого ступеня очистки)	не менше 25 см. (волокна паралельні)	- блідо-жовтий колір (при переробці соломи) - світло сірий (при переробці трести)	не більше 2%	не більше 12%
2.	Папір широкого асортименту і шпагату (волокно першого ступеня очистки)	8-15 см. довжина		не більше 15%	
3.	На експорт та виробництва високосортного паперу (волокно першого ступеня очистки або волокнисті відходи)	менше 8 см		не більше 30 %	

У США нині створено промислові комплекси з переробки льону олійного та виготовлення продукції на його основі, які зосереджені в штатах Міннесота, Монтана та Північна Дакота. Так, двома промисловими комплексами штатів Міннесоти і Монтани щорічно переробляється 127 750 тис. тонн. соломи (трести) льону олійного. Виготовленням різногалузевої продукції на основі натуральної біомаси і в тому числі волокон і костриці льону олійного займаються компанії «Enviro Textiles» (США, Колорадо), «Georgia Pacific» (Джорджія), «RheTech» (Мічиган), «C2Renew» (Північна Дакота), Flax Tech» (Північна Дакота), «SWM» (Нью-Джерсі) та «e2e Materials Inc» (Нью-Йорк) [10].

За даними Департаменту сільського господарства США та Національної служби статистики сільського господарства в Північній Америці розроблено програму «Green Economy». Основною метою, якої є розвиток напрямку використання стебел льону олійного для виготовлення товарів широкого вжитку, а особливо композиційних

матеріалів, цим самим додатково збільшити прибутки від вирощування даної культури .

Дослідження в напрямку розробки стандартів на соломі, волокна і готову продукцію з льону олійного проводяться в США «Flax Institute», Університетом штату Північна Дакота (NDSU) та Інженерно-механічним факультетом Державного університету Північної Дакоти. Вченими доведена, доцільність виготовлення біо-композитів на основі дешевих волокон льону олійного, а використання костриці може сприяти зменшенню нашої залежності від викопного палива сьогодні і в майбутньому. Адже, переробка цієї культури є екологічно чистою та вважається природним поновлюваним і стійким матеріалом [15, 16].

З метою виробництва інноваційних композиційних матеріалів на основі льону олійного науково обґрунтовано технологію одержання якісної сировини, яка базується на методах послідовного, високоякісного мочіння трести, ефективною обробки стебел та одержання котонізованого волокна. При цьому, визначення їх рівня якості таких волокон можливе при наявності стандартів, які необхідно розробити. Для поліпшення умов проведення досліджень в Північній Америці було створено дослідно-експериментальний завод «Flax Fiber Pilot Plant» («Flax-PP»). Це єдиний науково-дослідний центр такого типу в США де спроектовано експериментальну технологічну лінію «Unified Line». Багатофункціональність лінії та окремих блоків котонізації дає можливість обробляти бавовну, льон-довгунець та льон олійний для отримання волокон (або лубу із соломи) різних якісних характеристик з їх найменшими втратами. На кожному етапі обробки соломи (трести) та волокон льону олійного досліджувалися фізико-механічні та фізико-хімічні характеристики з можливістю розроблення технічної документації та методології визначення якісних показників сировини з льону олійного. В практичних умовах вченими та спеціалістами досліджується

ефективність ферментів в процесах приготування трести для полегшення подальшої механічної обробки стебел, а також розробляються рекомендації для зміни властивостей волокон в залежності їх функціонального призначення. Продовженням проєкту є розробка стандартів і методології визначення показників якості сировини та продукції з льону олійного через компанію «ASTM International» [17], яка являється найбільш авторитетною компанією з розробки стандартів в світі. В даний час акцентуються роботи з метою створення лабораторного обладнання для визначення властивостей стебел, такі як засміченість, вихід лубу (волокон) зі стебел, ступінь вилежаності трести та проведення кількісної оцінки конкретної корисності волокон за показниками вмісту костриці та сміттєвих домішок, кольору волокна, а також готової продукції композиційних матеріалів - проба сплаву. Дослідно-експериментальний завод «Flax-PP» являється єдиним комплексом де проводяться наукові дослідження процесів обробки соломи, трести та волокон льону олійного з метою поліпшення якості, які включають в себе всі види діяльності льняної промисловості країни в цілому [15, 18].

В Північній Америці створено некомерційну організацію «American Flax Fiber» («AmeriFlax»), яка проводить програми з громадськістю, рекламує дослідження споживчого та промислового ринку з метою збільшення зацікавленості у вирощуванні льону олійного, а також створення вітчизняних і зарубіжних ринків його «побічних продуктів» після збору насіння – соломи. За сприянням організації «AmeriFlax» створено підкомітет «D13.17 on Flax and Linen» міжнародного комітету «D13 on Textiles», а також підкомісії для розробки стандартів ASTM на продукцію з льону олійного та льону-довгунцю. На основі цих досліджень в рамках підкомітету «D13.17» було затверджено стандарти ASTM D6798 – 02(2013)e2 «Стандартна термінологія, що стосується льону і лляних волокон» (2002 рік), ASTM D6961 / D6961M – 09(2015)e1 «Стандартні

методи випробувань для вимірювання кольору льоноволокна» (2003 рік), ASTM D7025 – 09(2015)e1 «Стандартні методи випробувань для оцінки лінійної щільності чистих льняних волокон» (2004 рік) та ASTM D7076 – 10 (2015)e1 «Стандартні методи випробування для вимірювання масової частки костриці та сміттєвих домішок волокон льону, отриманих з трести» (2005 рік) [10, 15].

В склад комісії D13.17 було вченим, мікробіологом зі Служби сільськогосподарських досліджень, Міністерства сільського господарства США науково-дослідного центру Russell (Афіни, штат Джорджія) Денні Е. Акіном. та групою колег започатковано науковий проект, який ввійшов в напрямки досліджень підкомітету D13.17 [19]. Головною метою проекту є оцінювання методів обробки волокон льону олійного, вивчення впливу способів приготування трести на якість одержаних волокон, і розроблення цільових стандартів саме продукцію з даної групи льону. В результаті експериментів встановлено, що найбільш ефективним препаратом для одержання якісної трести є ферменти «Flaxzyme» 0,05% з додаванням 50 ммоль етилендіамін-тетра-оцтової кислоти (ЕДТА) в якості хелатоутворюючого агента. Ефективність процесу приготування визначалась за якісними показниками трести – ступінь вилежаності, вихід волокна, колір волокон із трести, а також волокон – вміст костриці, розривальна навантага, відносне видовження одиночних волокон на момент розірвання та еластичність волокон [109] та структурні модифікації волокон за допомогою сканованої електронної мікроскопії «NIRS». Обробляли тресту на дослідно-експериментальному заводі «Flax-PP» [20-23]. Отже, за даним процесом приготування трести льону олійного, одержані волокна, придатні для виготовлення пряжі у суміші з бавовною, шерстю та хімічними волокнами з метою її застосування у текстильній промисловості, а також – хімічної пульпи для виробництва композиційних матеріалів та високоякісного паперу. Сировину для вищезазначеного

промислового застосування можна отримати також із соломи. За науковими дослідженнями вченого Денні Е. Акіна економічна ефективність від переробки соломи або трести льону олійного однакова [23].

Волокно льону олійного за якістю поступається волокнам льону-довгунцю, але вартість значно менша. Це пояснюється тим, що дану культуру вирощують, перш за все, для одержання насіння, а солома є побічним продуктом, яка за певної промислової переробки являється цінною лубоволокнистою сировиною та додатковим прибутком від вирощування. Цим спричинена його висока популярність серед виробників біо-композитів та спеціального паперу [10].

Науковцями А. Дж. Нортон, С. Дж. Бенет та іншими колегами дослідного Центру Біокомпозитів, Університету Уэльса (Великобританія) досліджувалися відходи тіпання трести льону олійного з метою їх застосування у виробництві біокомпозитів [244].

У Фінляндії, вченими Сільськогосподарського науково-дослідного центру (МТТ), започатковано дослідження з використання соломи льону олійного для виготовлення промислових товарів [25]. Даний центр співпрацює з компанією «Elix Oil» (найбільший холдинг країни, який займається переробкою насіння льону олійного для виробництва насіння, масла та лакриці (жмих) з льону олійного). Також налагоджено контакти з фірмами «Linsul Oy» (Перясейняйоки), «Isolina Parikkala Oy» та «Flaxlin Ltd» (Паріккала), які спеціалізуються на виготовленні нетканих, звукоізоляційних матеріалів та геотекстилю з лляних волокон. Саме ці компанії згодні бути потенційними споживачами дешевої сировини з льону олійного.

У Китаї, на високому науковому рівні детально досліджують структуру волокон різних сортів льону олійного з використання електронної мікроскопії, дифракції рентгенівських променів з метою

виробництва продукції «ноу-хау». А саме: створення двокомпонентних волокон шляхом термоскріплення для інноваційних композиційних матеріалів та технічного текстилю спеціального призначення [26].

Представники китайської компанії «YUYUE Home Textile» розглядають можливість інвестування у будівництво нового заводу (технологічної бази) на території України для виробництва льняного волокна, що включає вирощування, посадку і переробку льону-довгунцю та льону олійного та створити роздрібну мережу з продажу льняного текстилю. Так, в 2016 році для будівництва заводу, посіву та обробки льону було виділено близько 30 000 га землі в с. Костянтинівка (Сарненський район, Рівненська область). Передбачається виробництво вітчизняної лляної сировини, розширення асортименту текстильної продукції та створення близько тисячі робочих місць [27].

Найбільш цікаві технічні застосування волокон льону олійного були визначені шляхом опитування 120 організацій. До їх складу входили малі та великі промислові підприємства, науково-дослідні інститути, галузеві організації, а також представники сіячих компаній, для яких важлива тенденція розвитку ринку соломи льону олійного [10].

Наявність високого відсотку целюлози, висока міцність та низька вартість волокон льону олійного, порівняно з пульпою на основі деревини, знайшли застосування у целюлозно-паперовій промисловості: фрикційні накладки для сипучих теплоізоляційних композиційних матеріалів під час будівництва, паперові рушники, а особливо у виготовленні картону, гофрокартону, пакувального та фільтрувального паперу, для яких дуже важливі високі показники міцності у вологому стані і висока гігроскопічність. Наявність таких специфічних характеристик лляної целюлози, як висока міцність на розрив, чітке формування продукту з високим ступенем непрозорості завтовшки від 1 до 6-7 мм. дає можливість

її використати у виготовленні спеціальних видів паперу: сигаретний та банківський папір і папір для Біблії [28].

Широке застосування волокон льону олійного, як армуючої складової пов'язана з тим, що даній сировині притаманні такі властивості, як міцність волокна, відносне видовження одиночних волокон на момент розривання або жорсткість, зміна довжини і діаметр (можливість їх корекції в процесі обробки) і хімічна структура. Композиційні матеріали, які виготовлені на основі волокон льону олійного можуть бути: полімер, захисні термопласти, бетонні композиційні плити, письмова дошка, будівельний гіпсокартон, пластмасові або гумові деревно-волокнисті плити.

Для технічного застосування волокон льону олійного найбільш важливими характеристиками є розривне навантаження, відносне видовження одиночних волокон на момент розривання та модуль пружності, хімічний склад, а менш важливими є довжина, лінійна щільність і діаметр. Продукція технічного застосування, яка може бути виготовлена на основі волокон льону олійного є будівельні матеріали (насипний утеплювач, геотекстиль для будівництва автодоріг та ландшафтних проектів; ізоляційні вироби, акустичні декоративні тканини, дренаж; промислові неткані композити, пресовані деревно-волокнисті плити, вінілові покриття).

В текстильній промисловості найбільш важливе значення мають такі параметри якості волокон, як довжина, чистота сировини, розривне навантаження, відносне видовження одиночних волокон на момент розривання і еластичність волокна, які притаманні даній сировині. Також волокна льону олійного мають необхідні гігієнічні властивості: гігроскопічність, теплопровідність, повітро- та водонепроникність, що виконують функціональні та споживні властивості готової продукції. У той час, виготовлення високоякісних текстильних матеріалів з даної сировини

неможливе, оскільки волокна дуже короткі і досягти їх рівномірний розподіл в пряжі дуже важко, що як наслідок зменшує її лінійну щільність. Якщо, у виготовленні целюлозної, технічної, композиційної продукції можна використовувати луб, отриманий із соломи льону олійного, то у текстильній промисловості, необхідно використовувати волокно отримане із трести стебел даної культур, які в подальшому піддаються процесам катонізації. В такому випадку, одержується волокно, з високим ступенем чистоти (нульовим вмістом костриці), яке придатне для виготовлення змішаної пряжі для виробництва санітарно-гігієнічних виробів (підгузки, санітарні прокладки) та промислових серветок (для видалення масла, полірування і змазування поверхонь та ін.).

На основі наукових досліджень вченими, вперше, було встановлено загальні властивості волокон льону олійного, які свідчать про їх перевагу з поміж інших видів сировини для виготовлення різногалузевої продукції:

1. *Екологічні властивості* – є фундаментальними властивостями, які впливають на їх вибір серед інших видів сировини (готова продукція не має шкідливого впливу на здоров'я людини (насипний утеплювач), здатність до біологічного розкладання (геотекстиль), можливість вторинної переробки, щорічна відновлюваність сировини та низька вартість (важливо для виготовлення целюлози, оскільки попит на сировину для її виробництва дуже великий і відносно дорожчий);

2. *Якісні характеристики*, що включають в себе традиційні фізичні, хімічні властивості волокон та вторинні ефекти, які впливають на загальний рівень якості готової продукції;

3. *Функціональні характеристики* волокна, що дають можливість досягти очікуваних або бажаних функцій готової продукції (структуру, поглинаючу здатність, ізоляційні та зміцнюючі властивості, стійкість до вогню);

4. *Вторинні ефекти* або очікувані побічні ефекти, які відображають зміну параметрів якісних показників волокон в процесі їх обробки, що впливає на загальні властивості кінцевого продукту. Ці ефекти найчастіше проявляються при виробництві змішаної пряжі (нерівномірне змішування різних видів волокон може призвести до виникнення вузлів або клоччя в пряжі, що суттєво погіршує якісні показники міцності та лінійної щільності пряжі);

5. *Основні властивості волокон*, їх знання вказує на загальну якість сировини і характеризує область застосування, а також можна передбачити параметри готової продукції (фізико-хімічні, фізико-механічні властивості волокон).

У Польщі започатковано переробку льону олійного приватними компаніями «Madex» (м. Мальборк) та «Ekotex» (с. Коваловець, округа Намислове) [29, 30]. Ці компанії є членами найбільшої державної організації «Polska Izba Lnu i Konopri» [31], яка підтримує проекти в галузі переробки, стандартизації та виготовлення інноваційної продукції, а саме біокомпозитів, технічних і текстильних матеріалів з луб'яних культур, у тому числі й льону олійного, організовує міжнародні конференції та бере участь в аналогічних світових заходах. Фірмою «Ekotex» [30] і вченими Інституту натуральних волокон та лікарських рослин (м. Познань) д.т.н., проф. Єжи Маньковським і д.т.н. Анджеєм Кубакі здійснюються спільні науково-дослідні роботи з метою створення інноваційної продукції з луб'яних культур. Компанія «Ekotex» виробляє багато видів луб'яних волокон з льону-довгунцю, льону олійного та конопель: котонін (для виробництва змішаної пряжі в композиції з бавовною, вовною, поліестером та віскозою), кардне волокно у вигляді стрічки, а також штапельні волокна в діапазоні довжин від 10 мм (рисунок 1.7).



а) штапельне волокно



б) очищений котонін

Рис. 1.7 Види продукції з лляних волокон компанії «Ekotex» (Польща)

Компанія «Ekotex» реалізує більшу частину льняного волокна, в тому числі і льону олійного для виробництва внутрішніх компонентів в автомобілях: дверні панелі і панелі на стелі, а також нетканий матеріал типу повсть (льоноватин). Також, виготовляє волокно для створення лляних матів, що застосовується в меблевій промисловості та в композиції з поліестером або пропиленом для виготовлення термопластичних (терморективних) матів з метою їх застосування в автомобільній промисловості. Також, з біологічних відходів, що утворюються в процесі переробки лляної соломи – виготовляє лляну кострицю (підстилка для коней, курей, гусей і т.д.), годівниці для тварин та екологічно чисті паливні пелети з низьким вмістом вуглецю (рисунок 1.8).



а) лляна костриця



б) годівниці



в) пелети паливні

Рис. 1.8 Види продукції з льону олійного компанії «Ekotex» (Польща)

Компанія «Madex» виготовляє загалом волокно льону-довгунцю №3, №4 та в деякій мірі льону олійного, що пов'язано з кількістю сировини. Готова продукція, тобто волокна №3, №4, придатна для виробництва

технічного текстилю, а з волокон №2 отримують катонін – для виготовлення змішаної пряжі (текстильна промисловість) та целюлозного напівфабрикату (целюлозні та санітарно-гігієнічні вироби). Готова продукція (волокна) реалізується на промислові об'єкти Польщі та експортують в Німеччину.

Глибокий аналіз літературних джерел свідчить, що перспективними напрямками використання даної сировини було виробництво пульпи, паперу (вихід пакувальної обгортки або картону становив 50-53% від маси стебел), нетканих матеріалів різного призначення, (наприклад, для армування конструкційних полімерних матеріалів з метою використання у автомобільній, авіаційній та інших галузях промисловості), мішковини, шпагату, мотузок, різних шнурів і інших виробів. Залежно від фізико-механічних характеристик стебел, терміну і способів збирання трести, процесів первинної обробки волокна льону олійного було придатне для виготовлення змішаної пряжі з метою вироблення столових рушників, брезентових тканин, полотна. З відходів виробництва цього волокна або низькоякісних стебел вироблялися обтиральна і будівельна пакля, листова вата, наповнювач в повсть, а з костриці паливні брикети [10, 32].

Вищезазначені наукові досягнення дають новий поштовх, як на відновлення діяльності так, і на створення в Україні нових льонопереробних підприємств; текстильні, целюлозо-паперові та ін. виробництва зможуть використовувати вітчизняні щорічно відновлювані сировинні ресурси для виготовлення своєї продукції; фермерські господарства збільшать свої прибутки від вирощування льону олійного за рахунок реалізації соломи. А головне льон олійний, за його наявності в нашій державі в достатньому обсязі [2], може стати головним джерелом натуральної сировини для різних галузей промисловості, що на даний час знаходяться в умовах повної імпортозалежності від сировинних ресурсів. Тому переробка стебел цієї культури на підприємствах України й

виготовлення інноваційних виробів на основі використання української натуральної та якісної сировини – це можливість забезпечувати українських виробників легкої промисловості українською луб'яною сировиною. До того ж, науковцями Херсонського національного технічного університету досліджено потенціал льону олійного, що культивується в умовах України та розроблено фундаментальні ресурсозберігаючі технології переробки стебел льону олійного для одержання продукції різного функціонального призначення, а саме: органічний геотекстиль, нетканий матеріал типу неткане полотно, меблеве полотно, льоноватин, целюлозний напівфабрикат та фільтрувальний папір, композиційний матеріал [32, 33, 39].

Тож, перспективним напрямком виходу із кризового стану є виробництво конкурентоспроможної продукції інноваційного характеру для різних груп споживачів із використанням власних сировинних ресурсів, а саме з льону олійного.

1/3/ Новітня термінологія, ієрархічна система класифікації та визначення споживних властивостей сировини з льону олійного

Формування сировинного ринку в Україні на основі волокон льону олійного вимагає впровадження принципово нових технологій комплексної переробки льону олійного в Україні, що є важливим етапом до виходу вітчизняних виробників на європейський ринок з інноваційною продукцією, яка може гідно конкурувати з імпортними товарами. Тому організація промислового виробництва конкурентоспроможних високоякісних товарів на основі дешевої, щорічно відновлюваної лляної сировини є прикладом комплексного вирішення економічних і соціальних проблем [40]. Науковцями Херсонського національного технічного університету були вже запропоновані ресурсозберігаючі технології

одержання волокон льону олійного різного функціонального призначення для створення різноманітних екологічно чистих товарів: нетканого полотна, лляного ватину, целюлози, композиційних матеріалів з основними технологічними процесами механічної первинної та вторинної переробки даної культури [33]. В результаті певних технологічних процесів механічної обробки стебел льону олійного одержуються волокна різного функціонального призначення, що визначають їхню технологічну цінність (1.9).

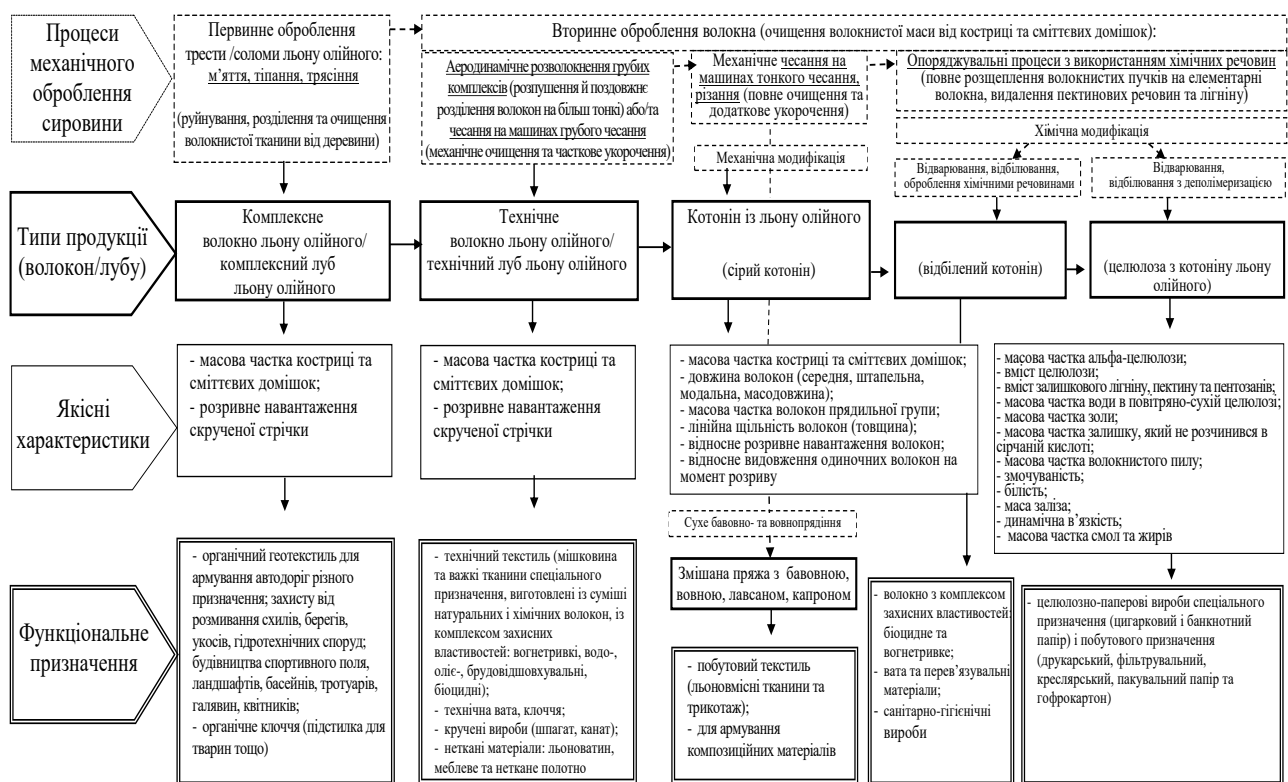


Рисунок 1.9 – Основні процеси первинного та вторинного оброблення стебел льону олійного, якісні характеристики та функціональне призначення одержаної продукції

Дана схема, що подана на рис. 1.9 сформована на основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень. Вона детально візуалізує етапи первинної обробки соломи та трости льону олійного і вторинної

обробки волокон із застосуванням різних технологічних операцій з метою отримання волокон різного функціонального призначення для задоволення потреб споживача. Представлено всю продукцію, що одержується зі стебел льону олійного, її якісні характеристики та окреслені сфери застосування [32].

Результати вищезазначених досліджень свідчать про те, що за різними технологіями і режимами оброблення соломи або трести льону олійного одержують волокно різного функціонального призначення. У зв'язку з цим запропоновано оцінювати волокна за певними групами якісних характеристик, згідно з якими можна обрати технологію оброблення сировини та прогнозувати сферу застосування одержаної продукції для задоволення потреб споживачів.

Враховуючи вищевикладене, наступні дослідження були спрямовані на створення ієрархічної системи класифікації стебел льону олійного, згідно з якою якісні характеристики соломи, трести та волокон даної культури було розподілено за номенклатурою споживних властивостей. Метою проведення ієрархічної класифікації було представлення максимально повного переліку класифікаційних ознак стебел льону олійного на різних ієрархічних ступенях їхнього використання. Результати ієрархічної класифікації стебел льону олійного подано у вигляді схеми на рис. 1.10.

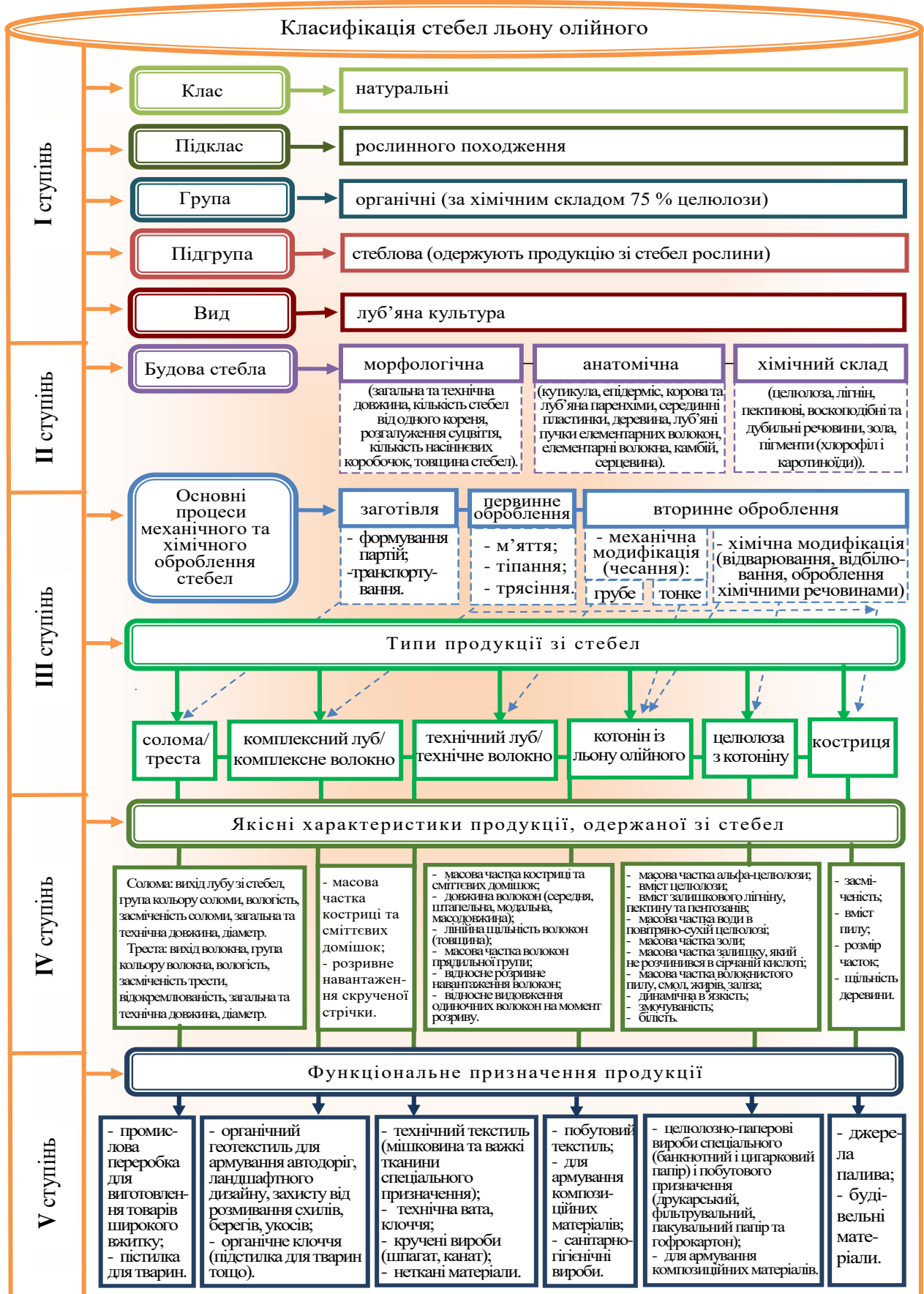


Рисунок 1.10 – Ієрархічна класифікація стебел льону олійного як промислової сировини

Під час формування *першого ступеня* ієрархії розглянуто наступні загальноприйняті класифікаційні категорії: клас, підклас, група, підгрупа, рід, вид [41, 42].

Другий ступінь ієрархії розкриває будову стебел льону олійного з точки зору морфологічних та анатомічних ознак та хімічного складу, що здійснено на основі результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Третій ступінь ієрархічної класифікації, що розкриває основні процеси механічно-хімічного оброблення стебел, представлених у вигляді трьох основних груп та відображає всю продукцію, що одержується зі стебел льону олійного. Сукупність продукції запропоновано розподілити за класифікаційною ознакою «тип продукції», а її найменування відображає спосіб отримання і прогнозує сферу подальшого галузевого застосування.

Четвертий ступінь ієрархічної класифікації відображає якісні властивості продукції зі стебел льону олійного та є результатом аналітичного узагальнення чинних досліджень, результати яких наведено в розділі 1, 2 наукової роботи.

П'ятий ступінь ієрархічної класифікації містить інформацію щодо функціонального призначення продукції, яка сформована з урахуванням новітніх тенденцій її застосування.

Отримана ієрархічна класифікація дозволяє візуалізувати значну кількість класифікаційних ознак і систематизувати їх. Враховуючи повноту представленої інформації та зручність її візуального сприйняття, дана ієрархічна класифікація може бути широко застосована у виробництві, науковій діяльності та навчальному процесі.

Згідно ієрархічної класифікації в третьому ступені зазначені потенційні типи продукції, що одержуються зі стебел льону олійного. Термінологія типів продукції та їх визначення було сформовано таким чином, щоб кожна назва характеризувала чіткий перелік фізико-механічних

властивостей, із врахуванням групи процесу механічної чи механічно-хімічної обробки стебел.

Терміни та визначення щодо льону олійного, як сировини промислового застосування:

1. Стебла льону олійного – це звільнені від насінневих коробочок стебла технічної культури льону олійного зі збереженими морфологічними ознаками по всій довжині, які отримані під час ручного брання, призначені для здійснення наукових досліджень. Після дозрівання насіння, у стадії жовтої стиглості, сільськогосподарською технікою здійснюється обмолот насіння та скошування стебел.

2. Солома льону олійного – це звільнені від насінневих коробочок стебла технічної культури льону олійного, які отримані під час обмолоту насіння зернозбиральними комбайнами. Солома призначена для отримання лубу або приготування трести.

3. Треста льону олійного – це солома (стебла) льону олійного, в якій під впливом біологічної, хімічної або фізико-хімічної дії порушено зв'язки луб'яних пучків із суміжними тканинами. Треста льону олійного призначена для первинного перероблення на льонозаводах з метою отримання короткого волокна.

4. Волокно льону олійного – це продукція (неорієнтовані короткі волокна), отримана в результаті первинного та вторинного оброблення сировини (трести льону олійного), яка може бути різного типу. Волокно льону олійного являє собою сукупність коротких, неорієнтованих та неоднорідних за фізико-механічними властивостями волокон.

5. Луб льону олійного – це продукція (неорієнтований короткий луб), отримана в результаті первинного та вторинного оброблення сировини (соломи льону олійного), яка може бути різного типу.

6. Комплексне волокно льону олійного (комплексний луб льону олійного) – це продукція, отримана в результаті первинного

оброблення трести льону олійного (соломи льону олійного), що супроводжується механічними операціями м'яття, тіпання та трясіння для руйнування, розділення й очищення волокнистої тканини від деревини. Дана продукція складається із щільно скріплених між собою комплексів волокон та частково невідділеної деревини (костриці), яка розташована на волокнах суцільно чи з невеликими проміжками на довжині до 5 см і більше.

7. Технічне волокно льону олійного (технічний луб льону олійного) – це продукція, отримана в результаті вторинної обробки комплексного волокна льону олійного (комплексного лубу льону олійного), що супроводжується механічними операціями – аеродинамічним розволокненням грубих комплексів із метою розпушування (поздовжнього поділу волокон на більш тонкі) і/або грубим чесанням для очищення, часткового укорочення та відокремлення елементарних волокон. Дана продукція складається з пучків елементарних волокон, щільно склеєних між собою пектиновими речовинами, та частково невідділеної деревини (костриці), яка розташована на волокнах суцільно чи з невеликими проміжками на довжині до 1 см.

8. Котонін із льону олійного – це продукція, отримана в результаті вторинної обробки технічного волокна льону олійного (технічного лубу льону олійного) шляхом механічної (чесання на машинах тонкого чесання, різання) або хімічної (відварювання, відбілювання, обробки хімічними речовинами) модифікації з метою повного очищення від костриці та сміттєвих домішок, розщеплення пучків волокон на елементарні волокна, формування певного штапелю та видалення пектинових речовин і лігніну. Якісні характеристики котоніну з льону олійного залежать від вибору технології обробки (сірий котонін із льону олійного – це продукція, отримана в результаті вторинної обробки технічного волокна льону олійного (технічного лубу льону олійного) шляхом механічної модифікації (чесання на машинах тонкого чесання) з метою повного очищення від костриці та

сміттєвих домішок і розщеплення пучків волокон на елементарні волокна; відбілений котонін із льону олійного – це продукція, отримана в результаті вторинної обробки сірого котоніну з льону олійного шляхом хімічної модифікації (опоряджувальні процеси з використанням хімічних речовин: відварювання, відбілювання, обробки хімічними речовинами) з метою повного розщеплення пучків волокон на елементарні волокна, видалення пектинових речовин, лігніну та відбілювання одержаної продукції).

9. Целюлоза з котоніну льону олійного (целюлозний напівфабрикат) – це продукція, отримана в результаті вторинної обробки котоніну з льону олійного шляхом хімічної модифікації (опоряджувальні процеси з використанням хімічних речовин: відварювання, відбілювання з деполімеризацією, обробки хімічними речовинами) з метою одержання природного полімеру (целюлозного напівфабрикату).

10. Костриця льону олійного – це деревина стебел трести льону олійного, зруйнована механічним шляхом і відокремлена від волокон.

Новітня запропонована термінологія може бути використана в процесі сфері вирощування, переробки і оцінки якості соломи, трести та волокон льону олійного.

Вищезазначене, дало можливість здійснити розподіл якісних показників соломи, трести та волокон льону олійного за загальноприйнятою номенклатурою споживних властивостей, що поділяють на такі основні групи: функціональні, соціальні, ергономічні, естетичні, екологічні, надійності, безпеки. Результати досліджень узагальнено та представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Споживні властивості соломи, трести й волокон льону

олійного

№ з/п	Групи властивостей	Продукція зі стебел льону олійного						
		солома	треста	волокно / луб				
				комплексне	технічне	котонін	целюлоза з котоніну	
1	Функціональні	вихід лубу зі стебел	вихід волокна	-	-	довжина (середня, штапельна, модальна, масодовжина)	масова частка альфа-целюлози	
		група кольору соломи	група кольору волокна				масова частка води в повітряно-сухій целюлозі	
		розгалуження суцвіття	відокремлюваність (ступінь вилежаності)				лінійна щільність (товщина)	масова частка золи, волокнистого пилу, заліза, смол та жирів
		загальна та технічна довжина стебел	загальна та технічна довжина стебел				масова частка волокон прядильної групи	масова частка залишку, що не розчинився в сірчаній кислоті
		діаметр	діаметр					змочуваність
					вміст целюлози			
					вміст залишкового лігніну, пектину та пентозанів			
2	Естетичні	засміченість	засміченість	масова частка костриці та сміттєвих домішок	масова частка костриці та сміттєвих домішок	масова частка костриці та сміттєвих домішок	білість	
3	Надійності	вологість	вологість	розривне навантаження скрученої стрічки	розривне навантаження скрученої стрічки	відносне розривне навантаження волокон відносне видовження одиночних волокон на момент розриву	динамічна в'язкість	
4	Екологічні							
5	Ергономічні							
6	Соціальні							
7	Безпеки							

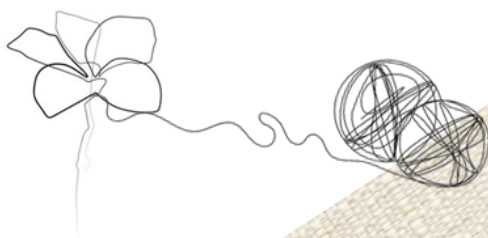
Аналіз табл. 1.4 свідчить, що кожен тип продукції, отриманої зі стебел льону олійного, характеризується чітким переліком споживчих властивостей, найбільша кількість яких відноситься до функціональної групи. Набагато менше позицій зайнято в групах естетичних властивостей і надійності. Групи екологічних, ергономічних, соціальних властивостей та безпеки не були заповнені споживними властивостями жодного типу продукції. Це, насамперед, пов'язано з тим, що дані об'єкти не відносяться до готових товарів народного споживання, а є специфічною категорією продукції, що підлягає товарознавчому дослідженню. Відомо, що луб'яна сировина є натуральною та екологічно безпечною для навколишнього середовища й здоров'я людини. Тому кінцева продукція, виготовлена на її основі, вважається гігієнічною, ергономічною, а також має соціальну групу споживних властивостей оскільки задовольняє індивідуальні та суспільно-соціальні потреби споживачів.

Враховуючи світовий досвід використання льону олійного в легкій промисловості, розроблені комплекси технологій переробки льону олійного для одержання продукції різного функціонального призначення можна вирішити питання відсутності стабільного сировинного ринку в Україні. Адже, волокна льону олійного є гідною, а головне, екологічно чистою альтернативою волокнам льону-довгунця та бавовнику, які імпортуються в Україну на замовлення вітчизняних виробників продукції легкої промисловості, зокрема і текстильних товарів.

Легка промисловість України у 2023-2024 роках зіткнулася з численними викликами, але водночас демонструє потенціал для розвитку. Військова агресія, перебої з електроенергією, зростання імпорту та падіння експорту стали основними проблемами, які стримують галузь. Однак індустріальні парки, ініціативи з переробки текстильних відходів і можливості для розвитку внутрішнього ринку, зокрема через замовлення від Збройних сил України, створюють нові перспективи.

До слова, відомо, що в рамках концепції сталого розвитку світова текстильна промисловість нині орієнтована на скорочення використання синтетичних матеріалів, що забруднюють довкілля. Льон олійний є повністю біорозкладною сировиною, яка дозволяє зменшити вуглецевий слід виробництва, а світовий ринок продукції на основі даної сировини демонструє стабільне зростання. Нині, Україна має значні можливості для вирощування льону олійного завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам, науковому потенціалу та суттєвій дерегуляції галузі, що відкриває шлях до лідерства на світовому ринку.

Отже, волокна льону олійного є цінною сировиною в технічному целюлозному напрямку, паливно-енергетичному комплексі, а особливо для текстильного сегменту, адже вітчизняна текстильна галузь орієнтована лише на імпортовану сировину. Огляд літературних джерел свідчить про те, що покращення роботи вітчизняної текстильної промисловості можливе за умови реалізації комплексу невідкладних радикальних заходів, спрямованих як на стабілізацію і розвиток національної легкої промисловості в цілому, так і на коригування стратегії розвитку власного сектора текстильної сировини, якою може стати льон олійний.



РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБІВ З ЛЬОНОВМІСНОЇ ЗМІШАНОЇ ПРЯЖІ

2/1/ Огляд існуючих досліджень споживних властивостей волокон льону олійного за світовим асортиментом продукції на їх основі

Текстильний сектор в усьому світі є однією з провідних галузей економіки, що значною мірою забезпечує формування державного бюджету. Відомо, що виробництво товарів із текстильних волокон знаходиться в сировинній залежності від бавовносіючих держав. В зв'язку з цим, в нашій країні та за кордоном проводяться роботи з виробництва із льону-довгунця катоніну та його використання в суміші з бавовною, вовною та хімічними волокнами для виготовлення текстильних та трикотажних виробів [37]. Брак натуральної екологічно чистої сировини та виготовлених з неї текстильних товарів із відповідними споживними властивостями зараз є однією з найважливіших проблем для легкої промисловості України. Різні волокна мають різні споживні властивості, різну ціну й по-різному переробляються в прядінні та ткацтві. Для отримання того чи іншого ефекту в якості, властивостях, зовнішньому вигляді виробів, а також економічної вигоди (включаючи вартість сировини та складність її переробки), використовують методи виготовлення тканин із суміші різних волокон.

Для створення екологічно чистої пряжі з високими споживними характеристиками за доступною ціною необхідно мати вітчизняну сировину високої якості, якою раніше був льон-довгунець. Однак зараз зменшення посівних площ льону-довгунця та підвищення закупівельних цін на імпортовану бавовну призвело до відсутності на текстильних комбінатах сировини для виробництва льоновмісних тканин [2].

На даний час одним із джерел сировинних ресурсів для створення екологічно чистих товарів є льон олійний. Раніше він розглядався як малоприсадатна чи взагалі непридатна сировина для виробництва побутових текстильних товарів, адже в стеблах даної культури містяться здебільшого короткі волокна. До певного часу ці волокна використовувалися недостатньо ефективно [43]. Однак, розроблені технології отримання з короткого волокна льону олійного шляхом його модифікації різними способами – катоніну, повинна забезпечити легку промисловість власною сировиною. Адже, за умови розщеплення на елементарні волокна, тобто його попередньої модифікації, коротке волокно льону олійного в суміші з бавовняними, вовняними та хімічними волокнами може бути використане не тільки для виготовлення товарів технічного призначення – нетканих матеріалів, утеплювачів, геотекстилю та агротекстилю, але й для виробництва високоякісних текстильних товарів [40].

Льон олійний (linseed, *linum usitatissimum* у олієносних сортах) тривалий час розглядають переважно як джерело насіння та олії, однак останні десятиліття зростає зацікавленість у використанні стеблової сировини цього виду як джерела волокна для текстилю та технічних матеріалів. Хімічний склад волокон льону олійного, який у дослідженнях описують як високий у вмісті целюлози (близько 60–70 %), пояснює їхню високу міцність, жорсткість і гігроскопічність — властивості, що визначають низку споживних характеристик текстильних виробів (всмоктувальна здатність, «дихаючість», тактильне відчуття). Ці дані підтверджені експериментальними дослідженнями, що виділяють типовий склад: целюлоза ~60–70 %, геміцелюлоза, лігнін та невеликі частки екстрактивних речовин і попелу.

Фізико-механічні властивості волокон льону олійного роблять їх корисними для певних класів продукції: волокна демонструють відносно

високу міцність на розрив і високий модуль пружності в порівнянні з багатьма іншими природними волокнами, що робить їх привабливими для виробів, де потрібна міцність і довговічність. Проте важливо зазначити їхню більшу мінливість за довжиною і однорідністю порівняно зі спеціалізованими сортами «fiber flax»: в олієносних сортах частіше фіксують коротші та неоднорідніші волокна, що ускладнює отримання тонкої однотипної пряжі без адаптації технологій обробки. Саме тому сучасні дослідження приділяють значну увагу фактору технологічної придатності – методам отримання трести, декортікації та механічної обробки, які дозволяють підвищити чистоту волокна, збільшити вміст целюлози й покращити показники довжини та міцності для подальшого кручення і плетіння.

У світовій літературі і в промислових проектах останніх років чітко прослідковуються дві паралельні тенденції: по-перше, використання льону олійного як альтернативного джерела волокна для короткої та середньої пряжі, нетканих матеріалів і геотекстилю; по-друге, активна інтеграція таких волокон у біокомпозити для автомобільної та будівельної галузей. Експериментальні роботи, спрямовані на отримання 100% лляних (linseed) ниток і їхнє змішування або покриття для підвищення довговічності (наприклад, покриття лляною олією чи хітозаном), демонструють реалістичну можливість промислового застосування у сегментах геотекстилю, ізоляції та технічного текстилю. Одночасно з'являється й напрям повністю біобазованих композицій, де і матриця (епоксидні системи на основі епоксидованої лляної олії), і армування (льон) є продуктами однієї культури — це відкриває перспективи для «повністю зелених» композитів з конкурентними механічними властивостями.

Споживні характеристики кінцевих виробів із волокон льону олійного: м'якість, тактильність, зносостійкість, гігроскопічність та стійкість до фарбування, суттєво залежать від поєднання агротехнічних факторів (сорт,

стадія збирання), технології первинної обробки (тип вилежування: біологічний, хімічний або механічний), ступеня декортікації і постобробки (відбілювання, пом'якшення, покриття). У практичному вимірі це означає, що для виходу на ринок текстильної продукції високої якості потрібна стандартизація та оптимізація всіх цих стадій; численні огляди і статті закликають до розробки узгоджених методик відбору та оцінки волокон льону олійного, щоб забезпечити стабільну якість сировини для виробників пряжі та тканин.

Що стосується асортименту продукції на основі цього волокна, сучасний ринок демонструє розширення застосувань, як зазначалося у першому розділі роботи. Якщо раніше льон (включно з олієносним) асоціювався головно з побутовими тканинами та папером, сьогодні його волокна використовують у пряжах для сумок, серветок, спецодягу, у нетканих ізоляційних матеріалах, у геотекстилі, а також як наповнювач та армування в автомобільних панелях, панелях інтер'єру та будівельних композиціях. Крім того, практики змішування льону з бавовною, бамбуком або синтетичними волокнами дозволяють отримувати комбіновані властивості (м'якість, покращене фарбування, зниження крихкості), що робить продукцію привабливішою для кінцевого споживача та розширює ніші на ринку еко-матеріалів.

Незважаючи на позитивні тренди, у наукових роботах часто вказують на прогалини: порівняно невелика кількість великомасштабних, стандартизованих досліджень щодо відтворюваної якості волокон саме олієносних сортів, обмежена кількість систематичних випробувань у реальних технологічних лініях і потреба в узгоджених межах вимірюваних показників (довжина, лінійна щільність, вміст целюлози, стандартні показники міцності). Це стримує широке комерційне використання у тонких текстильних сегментах, але одночасно стимулює інновації у способах обробки (механічні екстрактори, оптимізовані режими реттінгу,

поверхнева модифікація волокон) та у виробництві композитних матеріалів.

Практичні наслідки для виробників та технологів очевидні: для обґрунтування споживних переваг слід приводити конкретні числові діапазони характеристик (вміст целюлози, довжини й розподілу волокон, величини міцності), описувати технологічний ланцюг від поля до пряжі з урахуванням варіантів отримання трести й декортікації, а також наводити кейси застосувань (пряжа, неткані матеріали, біокомпозити) із зазначенням реального технічного виконання. Синтез огляду сучасних наукових публікацій і промислових розробок дозволяє зробити висновок, що льон олійний має реальний потенціал як джерело волокна для розширеного асортименту продукції, за умови цілеспрямованої стандартизації вирощування і переробки, а також впровадження адаптованих технологій кручення й обробки волокна.

Тому, на нашу думку, волокна льону олійного можуть бути гідною альтернативою бавовні, яка імпортується в Україну на замовлення вітчизняних виробників товарів текстильного призначення, та гідною заміною льону-довгунцю. Адже отримання вітчизняної дешевої та, до того ж, щорічно відновлюваної сировини може стати додатковим джерелом для виробництва вітчизняних товарів текстильного призначення і, у свою чергу, сприятиме вирішенню проблеми імпортозаміщення.

Основою споживчої вартості текстильних товарів є їхні природні властивості, які повинні відповідати потребам людини. Отже, найважливішим принципом виявлення та класифікації споживних властивостей є принцип їх відповідності як особистим, так і суспільним потребам людей. Це однаковою мірою стосується і виробу в цілому, і будь-яких його складових – сировини, пряжі, матеріалів, конструктивних особливостей.

Певні споживні властивості майбутніх текстильних товарів залежать від властивостей волокон, які входять до складу змішаної пряжі [44]. Для одержання високоякісних текстильних товарів із льону, волокна сортують за довжиною, лінійною щільністю, показниками міцності, кольору та гігроскопічності. Основні властивості елементарних волокон льону-довгунця (котоніну) та льону олійного, від яких залежать основні споживні властивості пряжі, наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Властивості волокон з льону олійного

Споживні властивості волокон	Волокна льону олійного	Елементарні лляні волокна (котонін)
Довжина, мм	33-55	35-45
Лінійна щільність, текс	0,6-1,2	0,3-4,0
Розривне навантаження, сН / волокно	6-8	15-20
Відносне подовження, %	2,2	2,0
Пружність	-	-
Жорсткість	невисока	висока
Гігроскопічність, %	8-15	9-12

Як вже, зазначалося в першому розділі даної роботи, льон олійний – це високоприбуткова культура, яка користується певним попитом у зарубіжних країнах, а саме в Канаді, США, Італії, Франції, Німеччині, Польщі [10, 32]. Світовий досвід застосування короткого волокна льону олійного на зарубіжних підприємствах свідчить, що необхідно використовувати весь закладений у рослині потенціал: насіння, волокно та відходи у вигляді макухи й костриці, як високоякісну сировину для продукції широкого асортименту [10, 12-31, 34-36].

Виробництво екологічно чистих товарів із льону олійного може розвиватися тільки за умов підтримки держави, введення постійно діючих дотацій на вирощування даної культури та впровадження інноваційних

технологій для одержання з льону олійного товарів із новими споживними й функціональними властивостями, що значно розширить сферу їх використання та підвищить їх привабливість для споживачів.

Застосування льону олійного для виробництва високоякісних текстильних товарів потребує розробки технології одержання льоновмісної пряжі на основі даних волокон з оптимальним вмісту компонентів суміші.

2/2/ Чинники формування споживних властивостей змішаної пряжі

У сучасних умовах життя помітно зростає значення функціональності тканин та одягу. У цілому естетичні властивості одягу та його функціональність сприймаються споживачами як взаємопов'язані показники, що доповнюють один одного. Тому першочерговим завданням виробників галузі є подальший розвиток і комбінування вже існуючих властивостей волокон та матеріалів і перенесення їх на нові товари. Усе це потребує розробки нових методів і підходів до організації процесу переробки бавовняних, лляних та хімічних волокон.

Одним із важливих факторів, що мають істотний вплив на фізіологічні та гігієнічні властивості нових товарів широкого спектру застосування, є правильний підбір сировини, її раціональне використання для виготовлення товарів різноманітного призначення [37]. Забезпечення високих гігієнічних показників базується головним чином на використанні натуральних лляних і бавовняних волокон, а поєднання їх із хімічними волокнами дозволяє одержувати змішані тканини, що мають необхідну легкість, драпірувальність, комфортність, зручність в догляді та важливі експлуатаційні властивості: незминальність і стійкість до стирання.

Під час проектування льоновмісних трикотажних тканин для одягу та інтер'єру особливе значення має вибір хімічних та натуральних волокон і

ниток для виробництва змішаної пряжі, а також способів обробки тканин, які забезпечують підвищення екологічності майбутньої тканини [2, 38].

Під час добору волокна для змішаної пряжі слід враховувати, що властивості волокон значною мірою визначають якість пряжі і хід технологічного процесу (обривність пряжі) [41].

За умови підбору компонентів які входять до складу суміші необхідно враховувати наступне:

- міцність пряжі, виробленої із суміші, що складається з декількох компонентів, приблизно дорівнює середньозваженій міцності пряжі, виробленої з окремих компонентів;

- нерівномірність по міцності пряжі, виробленої із суміші, близька до середньозваженої нерівномірності пряжі, отриманої при роздільному прядінні окремих компонентів суміші;

- обривність пряжі, виробленої із суміші, на прядильних машинах зазвичай нижче середньозважених величин обривності пряжі тих же товщин, отриманої при роздільному прядінні компонентів;

Підбирати компоненти треба таким чином, щоб їх позитивні якості доповнювали один одного, а недоліки одного компонента компенсувалися позитивними властивостями іншого компонента, що входить до складу змішаної пряжі [42].

Однак змішування компонентів із занадто різними фізико-механічними властивостями знизить якість пряжі і погіршить технологічний процес. У зв'язку з цим слід врахувати, що компоненти суміші повинні відрізнятися один від одного вмістом інкрустів (лігніну) не більше ніж 0,75%, гнучкістю не більше 12 мм, міцністю 6-8 кг і міцністю мокрого волокна 1,5 - 2кг.

За умови вибору компонентів суміші підраховують їх середньозважені показники і перевіряють їх відповідність нормам фізико-механічних показників [65].

Також під час підбору компонентів змішаної пряжі необхідно також враховувати вартість волокна з тим, щоб вартість готової суміші не перевищувала планову вартість.

Виходячи з цього, розроблено різні сортування пряжі частка додаткового компонента в яких становила від 40 до 90% , а основного волокна льону олійного - не перевищувала 60 %. Таке поєднання сировини у складі пряжі не замінює волокна льону олійного, а навпаки, покращує його фізико-механічні та споживні властивості та дає можливість доповнити і збагатити асортимент пряжі для одягу.

На даний час у текстильному виробництві використовуються льоновмісні композиції з різним відсотковим вмістом натуральних та хімічних волокон [42]. Асортимент волокон, використовуваних для виготовлення інноваційних товарів, є доволі різноманітним. Усі волокна відрізняються одне від одного за будовою, властивостями та природою полімеру. Природа, будова та властивості полімеру є найважливішими чинниками, що зумовлюють основні фізико-механічні й гігієнічні властивості текстильних товарів, отриманих із суміші волокон.

Найбільш розповсюдженими композиціями для виготовлення текстильних товарів на основі волокон льону є льоно-лавсанові, льоно-акрилові, льоно-бавовняні, льоно-вовняні та стрейчеві суміші. Для приготування змішаної пряжі застосовуються хімічні волокна: лавсанові, капронові, нітрільні, а також натуральні волокна: вовна та бавовна. Змішування лляних волокон з іншими волокнами забезпечує покращення властивостей та зовнішнього вигляду виробів.

Розглянемо споживні властивості компонентів, які можуть бути застосовані для виготовлення змішаної пряжі на основі волокон льону олійного.

Поліефірне волокно (лавсан) – це продукт поліконденсації двохатомного спирту етиленгліколю $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$ і двоосновної

терефталевої (1,4-бензолдикарбонової) кислоти $\text{HOOC-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$ (зазвичай використовується не сама терефталева кислота, а її диметилловий ефір).

Лавсан – це торгова назва поліефірного волокна, яке випускається у Великобританії воно має назву терелен, у США – дакрон, в Японії – теторон, у Німеччині – діолен, у Польщі – елана, у Франції – тергаль. Також підприємствами хімічної промисловості виготовляють та інші поліетилентерефталатні волокна, що відрізняються технологією виробництва.

Лавсан є лінійним жорстколанцюговим полімером. Наявність регулярно розташованих у ланцюзі макромолекул полярних складноефірних груп -O-CO- сприяє посиленню міжмолекулярних взаємодій, надаючи полімеру жорсткість і високу механічну міцність. До його переваг відносяться також стійкість до дії підвищених температур, світла та окислювачів.

Поліефірне волокно характеризується більш високою стійкістю до стирання й багаторазових вигинів, ніж лляне волокно, високою міцністю при розтягуванні в сухому та мокрому стані. Це волокно також має пружні властивості. Застосування його в суміші з лляним волокном надає тканинам низьку зминальність.

Однак недоліком поліефірного волокна є його низька гігроскопічність. Льоно-лавсанові тканини повільніше поглинають вологу й повільніше віддають її, ніж лляні тканини, мають меншу повітропроникність, що погіршує їх гігієнічні властивості. Недоліком лавсану також є здатність утворювати на поверхні тканини при терті кульки та мушки із синтетичного волокна, так званий пілінг.

У суміші з лляним волокном переробляють штапельні некручені волокна лавсану, матовані, термофіксовані та піддані антистатичній обробці.

Державним стандартом встановлено норми на наявність вад і дефектів (склеювання, непрорізи та ін.) у товарах із використанням лавсану.

Лавсан застосовують також і у вигляді комплексних ниток. Їх скручують із лляною або льоно-лавсановою пряжею в комбіновані нитки, які використовують для виготовлення костюмних тканин. Отримані тканини мають меншу зминальність, більшу міцність і високу стійкість до згинання та стирання. Комплексні нитки застосовують у пожежних рукавах, напівсинтетичних і синтетичних брезентах, світлостійких кручених виробів, іноді в зовнішніх шарах кручених виробів. Для виготовлення кручених виробів використовують високоміцні поліефірні комплексні нитки з відносним розривним навантаженням 55-65 сН/текс.

Лавсанові волокна стабілізують розміри тканин під час вологих обробок, підвищують їх зносостійкість. Встановлено, що найкращий ефект у зниженні зминальності та усадки досягається при введенні лавсанового волокна в кількості не менше ніж 50 %. Найбільш поширені льоно-лавсанові тканини, які містять 50 % або 67 % лавсану.

Найкращі результати отримані при вкладенні в суміш із льоном 67 % поліефірного волокна. При цьому тканина набуває незминальності, а стійкість до стирання збільшується в 4 рази. Такі тканини застосовуються для виготовлення чоловічих костюмів, суконь, сорочок та іншого асортименту текстильних товарів.

Льоно-лавсанову пряжу можна використовувати і по основі, і по утоку. Вприкрукту з льоно-лавсановою пряжею іноді застосовують лавсанові, віскозні та капронові нитки. Поверхнева щільність тканин становить 90-300 г/м².

Поліакрилонітрильне волокно (нітрон) – це синтетичне волокно, яке отримують шляхом формування з розчинів поліакрилонітрилу або його похідних. Воно являє собою сополімер акрилонітрилу $CH_2 = CHCN$ (більше

ніж 85 % за масою), метилметакрилату $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ та ітаконової кислоти $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{COOH})\text{CH}_2\text{COOH}$ [50, 59].

Нітрон випускається в багатьох країнах під такими торговими назвами: орлон та акрилан – у США, кашмілон – в Японії, куртель – у Великобританії, дралон і вольпрюла – у Німеччині.

Волокно нітрону міцне, жорстке, стійке до фарбування. Вміст добавок варіюється залежно від типу волокна. Його застосовують для виготовлення трикотажних виробів і костюмних тканин. Нітрон також використовується у вигляді напилена, для надання матеріалам водовідштовхувальних властивостей, для виготовлення різних технічних виробів.

За своїми механічними властивостями нітрон дуже близький до вовни, і в цьому відношенні він перевершує всі інші хімічні волокна. Нітрон стійкий до дії сильних кислот середньої концентрації навіть при нагріванні, а також до лугів середньої концентрації. Розчинники, застосовувані для прання та чищення одягу (бензин, ацетон, чотирихлористий вуглець, дихлоретан та ін.), не впливають на міцність волокна; фенол, м-крезол та формалін руйнують волокно.

Дослідження показали, що застосування 50 % нітрон у сумішах із льоном дозволить отримати тканини з низькою зминальністю та високими фізико-механічними показниками. Особливістю волокна нітрон є відсутність пілінгу. Це дозволяє виробляти тканини з великими перекриттями без необхідності міцного закріплення волокна.

Капрон - синтетичне волокно, що відноситься до групи поліамідних волокон. Гігроскопічність волокон капрону низька, як у триацетатного волокна, він недостатньо гігієнічний і тому не рекомендується для білизняних тканин.

До дії світла капрон недостатньо стійкий, але цей недолік усувають додаванням у смолу світлостабілізаторів.

Капронові нитки характеризуються такими механічними властивостями: високою міцністю при розтягуванні, що дозволяє виготовляти з них тонкі й досить міцні вироби з високою стійкістю до стирання (при додаванні до льону всього лише 10 % капрону зносостійкість виробів збільшується у 2-2,5 рази); високою пружністю (при витягуванні капрону на 16 % пружне подовження становить 91 %, а при витягуванні на 20-25 % – близько 75-80 %).

Капрон застосовується в легкій промисловості у вигляді штапельного волокна, комплексних ниток і монониток.

З капрону виробляють легкі тканини й трикотаж, мереживо, стрічки, тасьму, штучний каракуль та ін. Штапельне капронове волокно також застосовується в суміші з вовною та бавовною для виготовлення сорочкових, костюмних і пальтових тканин.

Найбільш розповсюдженими натуральними волокнами, що використовуються в суміші з лляними волокнами, є вовна та бавовна.

Вовна – це тонка довга шерсть тварин, що використовується в текстильній промисловості як сировина для виготовлення вовняних тканин. Вовняне волокно має високу пружність, а отже, й низьку зминальність. Вовна – досить міцне волокно, але в мокрому стані волокна на 30 % втрачають свою міцність.

Властивості вовни унікальні – їй притаманна висока звалюваність, що пояснюється наявністю на поверхні волокна лускатого шару. Ця властивість враховується під час обробки (валяння) суконних тканин, фетру, повсті, ковдр, при виробництві валяного взуття.

Вовна має низьку теплопровідність, тому тканини з неї відрізняються гарними теплозахисними властивостями.

За гігроскопічними показниками вовна перевершує всі волокна. Вона повільно вбирає та випаровує вологу, завдяки чому не охолоджується, залишаючись на дотик сухою. При висиханні вовна дає максимальну

усадку, тому вироби з неї рекомендується піддавати хімічному чищенню. Додавання лляного волокна в суміш до волокон вовни сприяє покращенню гігієнічних властивостей отриманої змішаної пряжі.

До дії світла вовняне волокно більш стійке, ніж бавовняне та лляне волокно, але при тривалому опроміненні воно руйнується.

Луги на вовну діють руйнівні, до кислот вона стійка. Тому якщо вовняні волокна, що містять рослинні домішки, обробити розчином кислоти, то ці домішки, які складаються з целюлози, розчиняться, і вовняні волокна залишаться в чистому вигляді. Такий процес очищення вовни називають карбонізацією.

Найбільш розповсюдженою складовою льоновомісних сумішей є бавовна – волокно, одержуване з бавовнику [52]. Пряжа з бавовни буває мерсеризованою (блискучою) і немерсеризованою (матовою). Мерсеризовані волокна бавовни більш міцні, стійкі до зношування, краще профарбовуються. Вироби з бавовни добре пропускають вологу, забезпечують вологопоглинання з тіла людини та повітропроникність. Такі вироби не прилипають до тіла людини, а отже, не ускладнюють потовиділення, тобто сприяють встановленню оптимального підодягового клімату. Бавовна не розчиняється в лугах, але розчиняється в міцних розчинах сірчаної та соляної кислот.

Надійність бавовняних тканин зумовлюється зміною їх фізичних характеристик і моральним старінням. Зміна фізичних характеристик відбувається під дією зовнішнього середовища, як кліматичного (фізико-хімічні фактори), так і предметного (механічні та фізичні фактори). Під дією сонячного світла волокна бавовни руйнуються. Процес руйнування волокон супроводжується зниженням їх міцності, стійкості до стирання та багаторазового згинання. У результаті інсоляції протягом 50 днів розривне навантаження бавовняних волокон зменшується на 36 %, а в'язкість целюлози знижується на 87 %.

Оскільки бавовна – це натуральне волокно, на якому не накопичується великих електричних зарядів, то бавовняні тканини не відносяться до таких, що швидко забруднюються.

Вироби з бавовни не подразнюють шкіру, легко набувають будь-якої форми, не потребують особливого догляду, їх можна навіть кип'ятити.

Для виготовлення одягових тканин зазвичай використовують по основі бавовняну пряжу 10-60 текс, переважно кручену в два додавання, а по утку – льоно-лавсанову, лляну та пачосову пряжу мокрого способу прядіння 24-96 текс і пневмомеханічного способу прядіння 200 та 240 текс [42].

Таким чином, розробка нових технологічних, екологічно чистих сумішей волокна льону олійного з натуральними й хімічними волокнами дозволить значно розширити асортимент натуральної та екологічно чистої продукції, а також дасть можливість створити нові інноваційні товари в текстильній промисловості. Змішування льону з іншими волокнами не змінює властивості волокон льону, а сприяє поліпшенню їх властивостей і дозволяє в майбутньому покращити якість і зовнішній вигляд товарів. Створення абсолютно нових видів змішаної пряжі забезпечує розширення асортименту тканин і трикотажу.

Однак до цього часу не досліджено вплив відсоткового вмісту хімічних і натуральних волокон на зміну споживних характеристик змішаної льонової пряжі. Тому одним із завдань даної наукової роботи є визначення оптимального вмісту компонентів змішаної пряжі на основі волокон льону олійного для покращення споживних властивостей майбутніх трикотажних виробів.

2/3/ Потенційні вироби на основі нового асортименту змішаної пряжі

В останні роки у зв'язку з техногенними катастрофами й погіршенням екологічного становища у світі все більше уваги приділяється забезпеченню гігієнічності та екологічної чистоти одягу, домашнього текстилю, трикотажних виробів та інших предметів побуту. Тому виробництво екологічно чистого текстилю набуло підвищеної актуальності й стало перспективним напрямком розвитку ринку текстильної продукції [45-50].

Потенційне застосування нового асортименту змішаної пряжі охоплює широкий спектр текстильних виробів, що поєднують у собі покращені споживні, експлуатаційні та естетичні властивості. Завдяки поєднанню волокон льону, конопель, бавовни, віскози або інших природних і синтетичних компонентів, змішана пряжа формує унікальні структури з підвищеною міцністю, гігроскопічністю, терморегуляцією та зниженим рівнем усадки. Це робить її конкурентоспроможною у виробництві як легкого, так і технічного текстилю. Зокрема, така пряжа може використовуватися для створення трикотажних полотен для літнього та демісезонного одягу, де важливими є повітропроникність, комфорт і екологічність матеріалу. Завдяки високому вмісту целюлозних волокон та стабільності структури, вона підходить для виготовлення сорочкових і костюмних тканин, які потребують міцності, формостійкості та приємної на дотик текстури.

Крім традиційного одягового сегмента, змішана пряжа має значний потенціал у виробництві домашнього текстилю. Можливим є створення високоякісних декоративних тканин, рушників, пледів, скатертин та оббивних матеріалів, які потребують водопоглинання, зносостійкості та

антибактеріальних властивостей — характеристик, притаманних льону й коноплям. Також перспективним напрямом є виготовлення технічного текстилю: канатів, фільтраційних матеріалів, екопакування та армованих композитів, де важлива висока міцність і стійкість до зовнішніх впливів. У сегменті екологічно орієнтованих продуктів змішана пряжа може стати основою для створення біорозкладних матеріалів, еко-сумок, нетканих полотен та виробів для будівельної й автомобільної промисловості. Таким чином, використання змішаної пряжі відкриває можливості для формування нового покоління текстильних виробів, що поєднують екологічність, функціональність і дизайнерську привабливість, відповідаючи сучасним вимогам ринку.

Сировина та пряжа на її основі є одними з основних чинників, що формують якість трикотажних виробів. В даний час трикотажні підприємства переробляють практично всі види та різновиди волокон і одержуваних з них ниток [42].

В даний час в трикотажному виробництві переробляють всі види сировини, включаючи пряжу з очосів натурального шовку і з лляних волокон в суміші з синтетичними та натуральними, при цьому застосовують волокна різної товщини і різний ступінь крутки [41, 42]. В основному використовують пряжу і нитки змішаного волокнистого складу, які забезпечують гарні гігієнічні властивості полотен, меншу усадку та змиральність, та надають високу зносостійкість.

Білизняні полотна виробляють переважно з бавовняної, бавовнолавсанової, бавовнополіозної, бавовновіскозної пряжі, а також з віскозних, ацетатних і поліамідних комплексних ниток [41]. Деяка кількість полотен виробляється з напіввовняної і чистововняної пряжі. Полотна для верхнього трикотажу виготовляють із усіх видів сировини. Панчішно-шкарпеткові вироби виготовляють в основному з поліамідних ниток, бавовняної і напіввовняної пряжі.

Тонку та гладку пряжу з хімічної сировини застосовують для полотен з підвищеною гладкістю поверхні (лицьового і виворітного), які повинні легко ковзати по поверхні шкіри і верхнього одягу. Це білизняні, блузочні та сорочкові полотна. Блискуча поверхня ниток підкреслює ефект блискучих і матових смуг, відтінків. З ниток підвищеної об'ємності - текстурованих - отримують полотна з рельєфною поверхнею, підвищеної товщини при невеликій масі 1 м². Товсту, пухку пряжу використовують для теплої білизни або спортивного одягу. Пряжа пухкої структури особливо необхідна для виготовлення верхніх трикотажних виробів [51].

Найкраща за властивостями пряжа не може бути визнана задовільною та конкурентоспроможною, якщо вона не відповідає вимогам вироблюваного виробу або не підготовлена для переробки на обладнанні в сучасних умовах виробництва [41, 52].

Недостатня підготовка сировини до переробки негативно позначається не тільки на якості та сортності продукції, а й на показниках роботи підприємства та використання техніки. Широкий діапазон вимог до сировини для трикотажних виробів пояснюється дуже великою різноманітністю самих виробів [51].

Найперспективнішою натуральною сировиною вітчизняного походження для трикотажних виробів вважається вовна та льон, але навіть після прийняття проекту Концепції загальнодержавної інноваційної програми відродження та розвитку лляної промисловості України для відродження льонарства відбувалося дуже повільно [2]. А при великій кількості вовняних волокон, використання їх також неможливе із-за повної відсутності підприємств які б займалися переробкою цих волокон [3,6].

Гідною альтернативою сировині з бавовнику та льону-довгунця в Україні є льон олійний (*Linum usitatissimum*) [2]. Волокно льону олійного, як додаткове джерело сировини для вітчизняних текстильних, целюлозно-

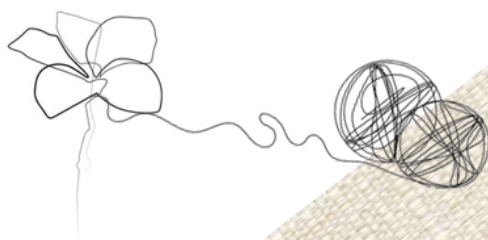
паперових, фармацевтичних підприємств може зменшити валютні витрати держави на закупівлю бавовни за кордоном.

Коротке волокно льону олійного – це інноваційний матеріал із високими фізико-механічними, хімічними та екологічними показниками, який може бути альтернативою котонізованим волокнам льону-довгунця, що широко застосовуються в трикотажних виробках.

У сучасних умовах підвищення ефективності виробництва можна досягти переважно за рахунок розвитку інноваційних процесів, які отримують кінцеве вираження в нових технологіях і конкурентоспроможній продукції. Сучасні аналітичні огляди та офіційні джерела свідчать, що інноваційна активність у галузі залишається низькою, переважна частина продукції виробляється за традиційними технологіями, а частка технологічно нових товарів у загальному обсязі реалізації обмежена. Показники конкурентоспроможності та інноваційного розвитку України за шкалою European Innovation Scoreboard підтверджують, що легка промисловість відноситься до секторів із найменшою наукоємністю та обмеженою інноваційною активністю, при цьому позитивний ефект від впровадження технологічних новацій у експортну продукцію існує, але він не є домінуючим. Це пов'язано з поширенням давальницьких схем виробництва товарів у галузі, за якими, згідно з даними Укрлегпрому, працюють близько 90 % українських підприємств швейної промисловості. Основними замовниками продукції є фірми Німеччини, США, Канади, Франції, Італії, Нідерландів, Великобританії та інших країн [3].

Українські товари легкої промисловості користуються великим попитом у всьому світі, але питання пошуку дешевої вітчизняної сировини залишається відкритим. Тому важливого значення набуває використання волокнистої частини льону олійного під час створення екологічно чистих текстильних товарів за умови відповідної підготовки та переробки

льоноволокна із застосуванням композиційних поєднань його з різними волокнистими компонентами. Волокна, що містяться в стеблах льону олійного, мають товарознавчу цінність не тільки для виробників целюлози, а й для підприємств із виготовлення трикотажних виробів, у тому числі змішаної пряжі. Тому зараз особливої актуальності набуває створення екологічно чистого вітчизняного трикотажу, оскільки його реалізація сприятиме підвищенню рентабельності вирощування льону олійного й вирішенню проблем кризового стану вітчизняної економіки та забезпечення текстильною сировиною підприємств багатьох галузей промисловості з метою одержання широкого асортименту текстильних товарів.



РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ТА СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБІВ З ЛЬОНОВМІСНОЇ ЗМІШАНОЇ ПРЯЖІ

3/1/ Об'єкт та послідовність досліджень

Експериментальні дослідження здійснювалися на базі науково-дослідної лабораторії переробки натуральних волокон кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету. Промислова апробація проводилася на ТОВ «Богуслав текстиль», м. Богуслав Київської області.

Актуальність даної роботи пояснюється, перш за все, наявністю в країні в достатньому обсязі коротковолокнистого льону олійного та необмеженим попитом на трикотажні товари з натуральної сировини, якою є волокно цієї культури. Проте до цього часу текстильні товари із застосуванням волокна льону олійного не можуть бути запропоновані на ринку для продажу у зв'язку з відсутністю систематизованих результатів товарознавчого оцінювання їх споживних властивостей [2].

У зв'язку з низькою величиною відносного розривного навантаження волокон льону олійного було зроблено припущення, що за рахунок створення сумішей волокон цієї культури з хімічними та натуральними волокнами можна досягти підвищення фізико-механічних показників змішаної пряжі й, відповідно, майбутніх товарів. Розробка нових композиційних сумішей для виготовлення пряжі з основним вкладенням волокон льону олійного та їх товарознавче оцінювання дозволять відродити вітчизняну текстильну та трикотажну промисловість і наповнити український ринок екологічно чистими льоновмісними трикотажними виробами. Для підтвердження цієї гіпотези та розвитку теоретичних основ одержання змішаної пряжі різного

функціонального призначення на основі волокон льону олійного розроблено загальну схему досліджень, наведену на рис. 3.1.

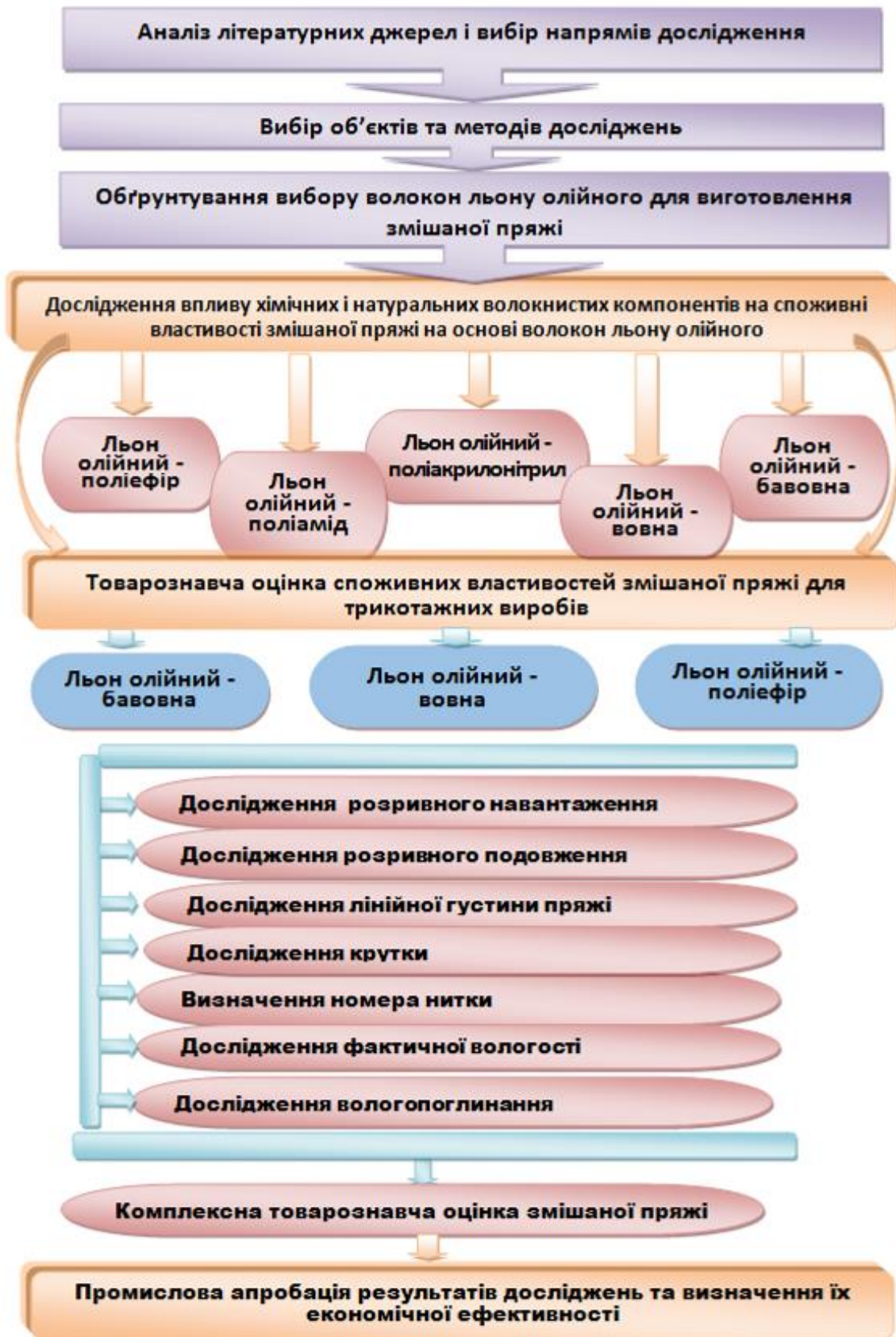


Рис. 3.1. Загальна схема досліджень.

Згідно з цією схемою в роботі було:

- досліджено сучасний стан і проблеми ринку текстильних та трикотажних виробів в Україні та проаналізовано асортимент і властивості сировини та пряжі для виготовлення трикотажних виробів;
- проаналізовано напрями створення змішаної льоновомісної пряжі;
- досліджено вплив додаткових компонентів на зміну фізико-механічних та гігієнічних властивостей змішаної пряжі на основі волокон льону олійного;
- визначено оптимальний вміст і склад змішаної пряжі та виготовлено її;
- здійснено товарознавче оцінювання споживних властивостей змішаної пряжі, виготовленої з різним відсотковим вмістом натуральних та хімічних компонентів. Розраховано комплексний інтегральний показник якості та визначено конкурентоспроможність змішаної пряжі;
- доведено економічну ефективність використання інноваційної змішаної пряжі на основі волокон льону олійного та розраховано економічний ефект від впровадження її у виробництво.

Об'єктом дослідження обрано змішану пряжу, виготовлену на основі волокон льону олійного з додаванням різних волокнистих хімічних та натуральних складових для виготовлення трикотажних виробів.

З метою виявлення закономірностей формування змішаної пряжі та зміни її споживних властивостей здійснено детальний аналіз фізико-механічних властивостей різних волокнистих компонентів, що додаються в суміш із волокнами льону олійного. Для проведення досліджень в якості хімічних волокнистих складових у суміші з волокнами льону олійного були використані найбільш розповсюджені хімічні волокна: поліефірні (лавсан), поліакрилонітрильні (нітрон) і поліамідні (капрон), а в якості натуральних волокнистих складових обрано бавовну та вовну.

Для всіх волокон, що застосовувалися для виготовлення змішаної пряжі, визначали основні фізико-механічні показники: довжину волокон, відносне розривне навантаження, відносне розривне подовження, лінійну густина та нормовану вологість. Характеристика якісних показників волокнистих складових, які були використані для одержання змішаної пряжі, наведена в табл. 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 – Показники якості волокон льону олійного як основного компонента змішаної пряжі

№ з/п	Показник	Значення показника
1.	Довжина волокон, мм	33-55
2.	Відносне розривне навантаження, сН/текс	6-8
3.	Відносне розривне подовження, %	2,0-2,3
4.	Лінійна густина, текс	0,60-1,20
5.	Нормована вологість, %	8,5-15,0

Таблиця 3.2 – Показники якості волокнистих складових, що додаються до волокон льону олійного

№ з/п	Показник	Волокнисті складові змішаної пряжі				
		бавовна	вовна	лавсан	нітрон	капрон
1.	Довжина волокон, мм	35-50	45-190	100	35-150	65-90
2.	Відносне розривне навантаження, сН/текс	24-36	10-14	32-40	25-34	35-46
3.	Відносне розривне подовження, %	7-9	20-67	43-55	25-31	45-65
4.	Лінійна густина, текс	0,66-0,22	0,20-5,00	0,55	0,11-2,50	0,40
5.	Нормована вологість, %	8,5	18,3	1,0	5,0	1,0-2,0

Під час попередніх досліджень було встановлено, що для одержання змішаної пряжі найдоцільніше використовувати такі композиційні поєднання волокон льону олійного з хімічними волокнами: 1-й варіант – льон олійний-лавсан; 2-й варіант – льон олійний-нітрон; 3-й варіант – льон олійний-капрон. Для проведення дослідів з переробки волокна льону олійного в суміші з натуральними волокнами були обрані: 1-й варіант – бавовна, тому що волокно льону олійного наближене за своїми довжиною, розривним навантаженням та гігроскопічними властивостями до волокна цієї натуральної сировини; 2-й варіант – вовна, як найбільш розповсюджене волокно для поєднання з волокнами луб'яних культур.

Використання волокон льону олійного для створення змішаної пряжі з різним вмістом волокнистих складових передбачає детальне вивчення їх фізико-механічних характеристик, які залежать від технології одержання пряжі. Змішану пряжу можна одержувати на існуючому льонопрядильному та бавовнопрядильному обладнанні українських підприємств за традиційними технологіями, які передбачають доволі низький рівень трудовитрат та енергоспоживання. Тому в нашій країні можливо налагодити виробництво даної продукції з доступною вартістю та високою якістю за рахунок використання вітчизняного лляного волокна, яке буде відповідати всім вимогам до сировини для виготовлення екологічно чистої змішаної пряжі з необхідними споживними властивостями.

Виготовлення змішаної пряжі здійснювалося за існуючою технологією, яка складається з трьох основних етапів [52]:

- підготовка волокон до прядіння, тобто сукупність процесів, у результаті яких отримують стрічку – напівпродукт;
- попереднє прядіння, або отримання рівниці зі стрічки;
- прядіння.

Властивості та доброякісність отриманої пряжі, насамперед, залежать від ретельності проведення кожної операції прядильного виробництва, а також їх кількості або числа переходів. У виробничих умовах ТОВ «Богуслав текстиль» прядіння здійснювалося пневмомеханічним способом. Послідовність технологічних операцій подано на рис. 3.2.

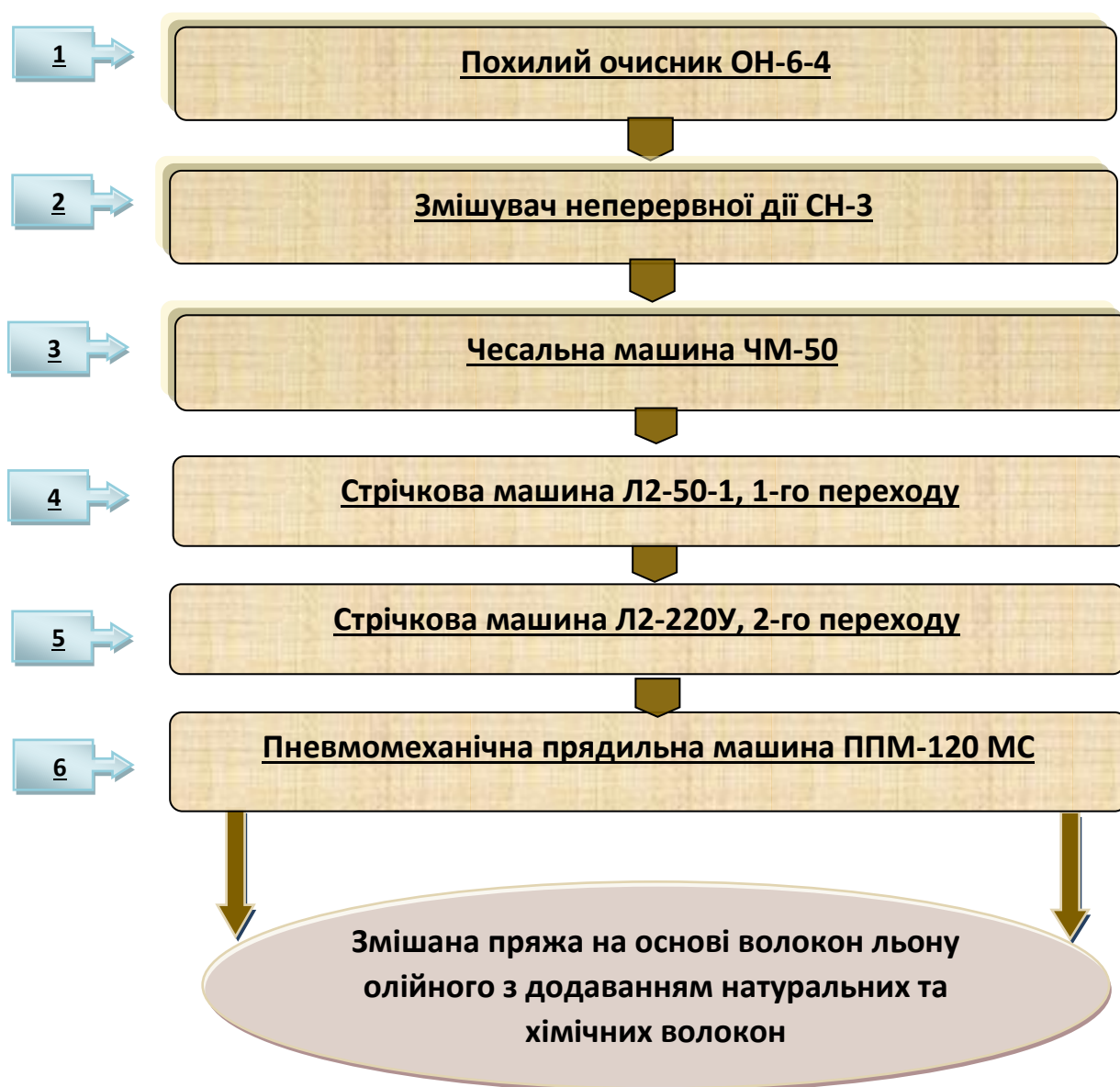


Рис. 3.2. Технологічний процес одержання змішаної пряжі.

При правильному підборі за властивостями хімічних і натуральних волокон для змішування, можна значно підвищити прядильну здатність суміші та полегшити технологічний процес виготовлення текстильних товарів.

Дуже важливо, для отримання якісного кінцевого продукту, щоб в технологічному процесі виготовлення змішаної пряжі, надавалося оброблюваному волокну необхідну вологість, та зберігання її в процесі подальшої переробки суміші. Для цього у виробничих цехах необхідно підтримувати температуру і відносну вологість такою, щоб сировина не висихала. Зазвичай, за допомогою вентиляційно-зволожувальної системи відносну вологість підтримують у межах 60-70% , а температуру 20°C [52]. На якість пряжі і хід технологічного процесу впливає налагодження устаткування і точність дотримання технологічних параметрів, які в повному обсязі повинні дотримуватися на текстильних підприємствах [5-54].

Також, на якість пряжі впливає комплекс фізико-хімічних, технологічних і біологічних параметрів сировини та процесу її обробки. Серед ключових чинників варто виділити властивості волокон: довжину, рівномірність, міцність, еластичність, гнучкість і товщину, а також наявність домішок та пошкоджень. Важливу роль відіграє вміст целюлози, лігніну та інших складових, що визначають міцність і оброблюваність волокон. Структура і кількість елементарних волокон у тресті, щільність пряжі, її усадка, ворсистість та здатність до скручування без руйнування також безпосередньо впливають на однорідність і міцність готової нитки. Технологічні параметри, такі як спосіб подрібнення та очищення волокон, ступінь розпушення, метод кручення та натяг пряжі під час прядіння, визначають гладкість, рівномірність та механічну стабільність нитки. Крім того, вологість волокон і температурно-вологісний режим обробки впливають на електростатичні властивості та еластичність пряжі, а

хімічна обробка і застосування добавок можуть покращувати міцність, м'якість і фарбувальні характеристики. Усі ці параметри взаємопов'язані і разом визначають кінцеву якість пряжі, її довговічність, комфорт при використанні та придатність для виробництва текстильних виробів різного призначення.

3/1/1/ Загальна номенклатура показників якості змішаної пряжі

Загальна номенклатура показників якості змішаної пряжі охоплює низку характеристик, які визначають її споживні, технологічні та експлуатаційні властивості. До фізико-механічних показників належать довжина та однорідність волокон, міцність пряжі при розтягуванні, її еластичність, здатність до скручування, ворсистість та усадка. Важливими є також лінійна щільність нитки, рівномірність товщини, кількість і розподіл вузликів або дефектів, а також стабільність форми під час обробки. До хімічних характеристик відносяться вміст целюлози, лігніну та інших компонентів волокон, що визначають міцність, оброблюваність і здатність до фарбування. Параметри вологості, зокрема гігроскопічність та вологовідношення волокон, впливають на електростатичні властивості, еластичність та комфортність пряжі. Додатково оцінюють структурні характеристики волокон, такі як кількість та товщина елементарних волокон у складі трести, а також їх взаємне переплетення. Для спеціалізованих видів змішаної пряжі враховують показники термостійкості, стійкості до хімічних і механічних впливів, здатність до утворення ворсу і декоративних ефектів. Система цих показників формує комплексну оцінку якості змішаної пряжі, дозволяючи прогнозувати її поведінку при прядінні, виготовленні текстильних виробів та експлуатації готової продукції. Вибір номенклатури цих властивостей для конкретних товарів є важливим завданням товарознавства.

Якість текстильних товарів – це сукупність властивостей волокнистих компонентів пряжі, що обумовлюють здатність майбутніх трикотажних товарів задовольняти певні потреби споживачів відповідно до їх функціонального призначення [52-54].

Під оцінюванням рівня якості трикотажних товарів розуміють сукупність операцій, що включають в себе вибір номенклатури показників якості оцінюваної продукції, визначення значень цих показників і зіставлення їх із базовими.

Сировиною для виготовлення трикотажних товарів різного функціонального призначення є пряжа та нитки. Пряжа й нитки для трикотажного виробництва характеризуються за зовнішнім виглядом, структурними, геометричними, фізико-механічними, хімічними та іншими властивостями. Однак наявність інформації при великій кількості характеристик пряжі ще не є визначальним фактором для ефективного її використання, управління якістю та асортиментом продукції, що випускається.

Вибір номенклатури показників якості волокнистих компонентів сумішей, мінімально необхідної для достовірного судження про реальну якість пряжі, завжди має важливе значення для виробництва. З розвитком асортименту пряжі та виробів із неї, з підвищенням вимог до готових виробів актуальність вибору національної номенклатури показників якості постійно зростає.

Однак на даний час ще не розроблено нормативної документації з визначення якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, оскільки такий тип сировини не використовується для виробництва текстильних товарів.

Тому для визначення номенклатури показників якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного потрібно встановити функціональне призначення даної пряжі, вимоги споживача (замовника)

до неї, основні показники якості та сфери застосування показників якості пряжі.

Основними сферами застосування номенклатури показників якості змішаної пряжі є технічні посилання на науково-дослідні роботи з визначення перспектив розвитку виробництва даної продукції, дослідно-конструкторські роботи, державні стандарти, технічні умови та карти технічного рівня якості продукції.

Головним критерієм вибору слід вважати інформативність номенклатури показників якості текстильних товарів при мінімальному її складі. Основними завданнями вибору даної номенклатури є:

- виявлення показників, які мають істотний вплив на виникнення дефектів у продукції, що випускається;
- скорочення трудових і матеріальних витрат на проведення контрольних операцій;
- забезпечення об'єктивного й достовірного контролю якості текстильної продукції;
- виявлення можливості автоматизації процесів контролю;
- забезпечення можливості отримання числового значення показника шляхом вимірювання технічними засобами;
- забезпечення можливості отримання числового значення показника безпосередньо в процесі виробництва.

У 2019 році офіційний каталог стандартів України підтвердив, що ГОСТи «втратили чинність» як національні стандарти і не можуть використовуватись як нормативна база; замість них рекомендовано застосовувати ДСТУ або – у разі їх відсутності – технічні умови / стандарти організацій.

Водночас, у спеціалізованій літературі констатується, що перехід від системи ГОСТ → ДСТУ у багатьох галузях, зокрема промислових, йде поступово і для деяких сфер (включно з легкою або текстильною

промисловістю) ще досі може бути складним через брак нових національних стандартів або невизначеність у їх застосуванні.

При виборі номенклатури стандартів для досліджень нової змішаної пряжі постала низка проблем, зокрема відсутність сучасного ДСТУ для конкретного виду пряжі – не всі різновиди пряжі або змішаних ниток мають свої окремі ДСТУ. Іноді нових стандартів не розроблено, або вони ще не введені. У таких випадках старі ГОСТи залишаються як єдина (хоч і неофіційно) база, на яку можна спиратись при науковому порівнянні. Деякі ГОСТи охоплюють змішані пряжі, луб'яні, комбіновані: на момент їх створення вони були єдиними нормативами, що системно описували показники якості для таких матеріалів. Якщо сучасний ДСТУ не має аналогічного документу — дослідники використовують ГОСТ як історичну «еталонну» базу. Як показали зміни в стандартизації України, перехід від системи ГОСТ → ДСТУ відбувається не одномоментно, і деякі старі стандарти можуть залишатись у використанні як «тимчасово чинні» або за відсутності актуальних аналогів

Тому в даній роботі був проведений критичний аналіз всіх можливих стандартів на змішану пряжу для визначення її якісних показників. У результаті було встановлено основний перелік нормативних документів, за якими здійснювалися експериментальні дослідження: для бавовняної та змішаної пряжі – ГОСТ 4.8-2003 «Система показателей качества продукции. Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Номенклатура показателей»; пряжі з хімічних волокон – ГОСТ 4.56-79 «Пряжа из химических волокон. Номенклатура показателей»; пряжі чистолляної, лляної та змішаної – ГОСТ 4.419-86 «Система показателей качества продукции. Пряжа чистольняная, льняная и смешанная. Номенклатура показателей»; ниток хімічних – ГОСТ 4.128-84 «Система показателей качества продукции. Нити химические. Номенклатура показателей». Загальні технічні вимоги до чистої та змішаної пряжі для текстильного виробництва

регламентовані державними й галузевими стандартами, технічними умовами, у тому числі: ГОСТ 17511-83 «Пряжа гребенная чистошерстяная и полушерстяная для трикотажного производства. Технические условия»; ГОСТ 18621-73 «Пряжа аппаратная чистошерстяная и полушерстяная для трикотажного производства. Технические условия»; ГОСТ Р 51703-2001 «Пряжа смешанная из смеси хлопкового, льняного и химического волокон. Технические условия»; ГОСТ 10208-74 «Пряжа хлопчатобумажная и смешанная. Метод определения пороков»; ГОСТ 10078-85 «Пряжа из лубяных волокон и их смесей с химическими волокнами. Общие технические условия».

Методи випробувань пряжі та ниток, у тому числі визначення показників їх фізико-механічних властивостей встановлені у відповідних державних і галузевих стандартах: ГОСТ 6611.1-73 «Нити текстильные. Метод определения линейной плотности»; ГОСТ 6611.4-73 «Нити текстильные. Методы определения влажности»; ГОСТ 23362-78 «Нити и жгуты синтетические текстурированные. Метод определения линейной плотности»; ГОСТ 23364-78 «Нити и жгуты синтетические текстурированные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве»; ГОСТ 23365-78 «Нити и жгуты синтетические текстурированные. Метод определения числа кручений»; ГОСТ 17-750-83 «Пряжа шерстяная, полушерстяная и из химических волокон. Метод определения линейной усадки» тощо.

В даній роботі ГОСТи мають історичний характер і можуть не відображати сучасних вимог, але застосовані задля забезпечення порівнянності з попередніми дослідженнями та через відсутність альтернатив.

У виробничих процесах розрізняють дві головні форми контролю якості пряжі та ниток: контроль фізико-механічних властивостей продукту, який проводиться в спеціалізованих лабораторіях; контроль за

ходом виробничого процесу, тобто контроль усіх факторів, які впливають на продуктивність праці та якість продукції, що випускається.

Метод визначення товщини й нерівномірності лінійної густини текстильних ниток, метод визначення дефектів зовнішнього вигляду та прихованих дефектів текстильних ниток, метод визначення крутки текстильних ниток, метод визначення розривного навантаження та подовження текстильних ниток, метод визначення усадки ниток – усі вони є необхідними для вхідного контролю й перевірки якості текстильних товарів.

На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що визначення стандартизованих вимог до якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, придатної для виробництва екологічно чистих високоякісних трикотажних виробів, має важливе значення для вітчизняної легкої промисловості.

Тому під час подальших досліджень потрібно визначити показники якості, що характеризують споживні властивості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням хімічних та натуральних волокон, які стануть науковим підґрунтям для впровадження нормативної документації на інноваційну змішану пряжу.

3/2/ Методи визначення споживних властивостей волокон льону олійного

Головним завданням даної роботи є дослідження волокна льону олійного, яке було б придатним для застосування в текстильному виробництві та мало необхідні показники якості. З літературних джерел відомо, що основними споживними характеристиками волокнистої сировини є фізико-механічні та гігроскопічні показники, які характеризують прядильну здатність волокна.

Для визначення якісних показників волокон льону олійного, а саме довжини, розривного навантаження, лінійної густини, маси та відносної вологості досліджуваної сировини, використовувалися ДСТУ на соломі, тресті та волокно льону-довгунця і ТУ льону олійного: ДСТУ 4149:2003 «Треста лляна. Технічні умови», ГОСТ 9394-76 «Волокно льняное короткое. Технические условия», ТУ У 01.1-2303511525-001:2025 «Солома льону олійного. Технічні умови», ТУ У 01.1-3161317547-001:2025 «Треста льону олійного. Технічні умови», ТУ У 01.1-3161317547-002:2025 «Волокно льону олійного. Технічні умови», ДСТУ 5015:2008 «Волокно лляне коротке. Технічні умови» [55-59].

3/2/1/ Визначення розривного навантаження волокон льону олійного.

Розривне навантаження волокон льону олійного визначали інструментальними методами за та ДСТУ 5015:2008 «Волокно лляне коротке. Технічні умови», ТУ У 01.1-3161317547-002:2025 «Волокно льону олійного. Технічні умови» [58, 59]. Для цього з різних місць кіпи волокна відбирали наважку, загальна маса якої становила 3 кг і розділяли її на дві групи: перша – волокно завдовжки приблизно до 25 см, друга – довше ніж 25 см. З кожної групи волокна відбирали п'ять наважок масою по 5,5 г. Після видалення костриці відбирали 3 наважки масою по 5,5 г, з яких формували стрічки завдовжки 1,0 м та завширшки 3 см. Кожну стрічку пропускали п'ять разів через прилад ЛО-2. Після кожного з чотирьох пропусків одержану стрічку розділяли на метрові відрізки та складали вчетверо так, щоб одержати стрічку завдовжки 1 м; після п'ятого пропуску стрічку розрізали на відрізки завдовжки 27 см та одержували 30 відрізків кожен масою 0,42 г.

Розривне навантаження волокна, одержаного з трести, визначали на динамометрі ДКВ-60. Відрізки стрічки скручували за допомогою приладу

КВ-3, змонтованого на розривній машині. У цьому разі ручку повертали ліворуч чи праворуч до упору, встановленого біля відмітки 20, що дає одне кручення на 10 мм довжини відрізка. Скручений відрізок стрічки закріплювали в затискачах розривної машини, зберігаючи його скрученість. Відстань між затискачами повинна дорівнювати 70 мм. Розрив виконували, обертаючи руків'я машини з частотою 1 оберт за 1 с. Точність визначення – до 0,1 даН з подальшим округленням до цілого числа. Розривне навантаження волокна розраховували за формулою:

$$Pr = \frac{1}{30} \sum_{i=1}^{30} Pr_i, \quad (3.1)$$

де Pr_i – розривне навантаження однієї наважки волокна, даН;
30 – кількість випробувань.

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне результатів усіх тридцяти випробувань та округлювали його до цілого числа.

3/2/2/ Визначення лінійної густини волокон льону олійного за розщепленістю

Для визначення лінійної густини волокон льону олійного за розщепленістю застосовується метод, який характеризує не тільки товщину волокон, але й здатність їх до подальшого розщеплення. Для досліджень заготовлюють прядки волокон певної довжини й роблять з них вирізки завдовжки $L_s = 20$ мм загальною масою M_s , мг. Потім підраховують загальну кількість вирізаних у такий спосіб волокон n_0 . Ціле волокно й розщеплене менш ніж на половину своєї довжини вважають кожне за одне волокно, а розщеплене більш ніж на половину своєї довжини волокно – за стільки волокон, на скільки кінців воно розщеплено (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Підрахунок кількості волокон з урахуванням їх розщепленості.

Лінійну густина розщеплених волокон, текс, розраховують за формулою:

$$T_p = 1000M_s / (L_s n), \quad (3.2)$$

де n – умовна кількість волокон з урахуванням кінців, розщеплених більш ніж на 0,5;

L_s – звичайно 0,5 ($L_s = 5$ мм).

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів, виражене в текс. Підрахунки здійснювали з точністю до другого десяткового знака.

3/2/3/ **Визначення довжини волокон льону олійного**

Стандартів для визначення довжини волокон льону олійного до цього часу не розроблено. Тому, на нашу думку, можна використовувати з цією метою чинні стандарти для бавовняних волокон, уніфіковані для модифікованих лляних волокон, а також для волокон льону олійного.

У масі волокон довжина їх неоднакова, тому під час досліджень використовують різні зведені характеристики довжини й нерівномірності волокон за довжиною, а також додаткові характеристики [53, 54, 58].

Припустимо, що в загальній масі сировини міститься n_1 волокон завдовжки L_1 і масою M_1 , n_2 волокон завдовжки L_2 і масою M_2 і т.д. Практично значення n_1, n_2, \dots, n_n визначають після промірювання довжини кожного волокна й підрахунку кількості волокон, які мають однакову довжину або відносяться до певного інтервалу довжин. Для знаходження M_1, M_2, \dots, M_n усі волокна розсортовують на групи, що містять волокна певного інтервалу довжини, і зважують кожну групу окремо.

Середню арифметичну довжину L_a часто називають середньою довжиною або фактичною довжиною. Її визначають за формулою:

$$L_a = (L_1 n_1 + L_2 n_2 + \dots + L_n n_n) / (n_1 + n_2 + \dots + n_n) = \sum (L_i n_i) / \sum n_i \quad (3.3)$$

Цю зведену характеристику використовують при визначенні довжини хімічних волокон, а також довжини сплутаних або коротких волокон (наприклад, бавовняного пуху, митої вовни тощо), для яких вимірювання довжини окремих волокон є обов'язковим. Оскільки таке промірювання та підрахунок кількості волокон з однаковою довжиною

досить трудомісткий процес, то зазвичай застосовують розсортовування волокон на групи однакової довжини і їхнє роздільне зважування.

Також було визначено характеристики нерівномірності волокон за довжиною. Середнє квадратичне відхилення S , мм, і коефіцієнт варіації C , %, характеризують нерівномірність волокон при вимірюванні середньої арифметичної довжини L_a . Їх обчислюють за формулами:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (L - L_a)^2 n}{\sum n}}, \quad (3.4)$$

$$C = 100S/L_a, \quad (3.5)$$

де L_a – середня довжина окремих груп волокон, мм;

n – кількість волокон в окремих групах, шт.

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів.

3/2/4/ Визначення фактичної вологості волокон льону олійного

Фактична вологість волокон льону олійного W_ϕ , %, обчислюють згідно з ТУ У 01.1-3161317547-002:2025 «Волокно льону олійного. Технічні умови» [58].

Для визначення фактичної вологості з різних місць кіпи волокна відбирають приблизно рівними частинами дві проби масою 150-200 г кожна. Обидві проби вкладають в металеву банку з кришкою або в поліетиленовий пакет. Від кожної з проб відбирають по одній наважці масою 50 г. Наважки висушують у сушильному пристрої при температурі $(105 \pm 2^\circ\text{C})$ до постійної маси згідно з ДСТУ ISO 6741-1:2004 «Текстиль. Волокна і нитки (пряжа). Методи визначення торгової маси партії вантажу» [60]. Висушування вважають закінченим, якщо різниця між

двома послідовно проведеними зважуваннями не перевищує 0,05 %. Фактичну вологість розраховують за формулою:

$$W_{\Phi} = \frac{m_n - m_c}{m_c} \cdot 100, \quad (3.6)$$

де m_n – початкова маса проби, г;

m_c – маса проби після висушування, г.

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів, виражене в %. Підрахунки здійснювали з точністю до першого десяткового знака.

3/2/5/ Методика проведення світлової мікроскопії поперечних зрізів лляного волокна

Світлову мікроскопію поперечних зрізів волокон льону олійного здійснювали за методом В.А. Архангельського з використанням металевих пластин, на яких є невеликі отвори для формування зрізів.

Згідно з цим методом тонкий жмут досліджуваних волокон попередньо трохи скручують та протягують петлею швейної нитки крізь невеликий круглий отвір у тонкій металевій пластині. У результаті жмут волокон затискається в отворі перпендикулярно пластині. Кінці жмута, що виступають, зрізують лезом з обох боків на рівні пластини. Пластину закладають в мікроскоп для розгляду поперечного зрізу у відбитому світлі [101].

Дослідження здійснюють на біологічному мікроскопі МБР-1, призначеному для вивчення прозорих об'єктів у прохідному світлі.

Для порівняльної оцінки ступеня розщепленості волокон, отриманих із застосуванням різних способів механічної та фізико-хімічної обробки,

слід використовувати методику світлової мікроскопії [58], згідно з якою від 30 жмень порівнюваних партій волокна, відібраних із різних місць, відділяють по маленькій прядочці. З волокна кожної прядочки роблять поперечні зрізи. Під мікроскопом підраховують кількість одиночних елементарних волокон і волокон у групах в усіх технічних волокнах. Далі підраховують загальну кількість волокон у групах до 5 (у тому числі й одиночних), від 6 до 10, від 11 до 15, від 16 до 20, від 21 до 25, від 26 до 30, від 31 до 35 і більше 35 або волокна у групах більше 25 об'єднують разом. Потім підраховують загальну кількість волокон і визначають відсоток кожної групи від загальної кількості волокон. За результатами підрахунків будують графічне зображення розподілу волокон за групами для кожної партії. На основі отриманих кривих роблять висновок про ступінь і характер подрібнення волокна при різних режимах обробки.

3/3/ Методи визначення споживних властивостей змішаної пряжі

Оцінювання якості пряжі проводиться за її фізико-механічними властивостями, чистотою та дефектами зовнішнього вигляду.

У зв'язку з відсутністю нормативно-технічної документації для оцінювання якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням хімічних та натуральних волокон їх фізико-механічні й санітарно-гігієнічні показники визначали за чинними міждержавними стандартами на пряжу та нитки на основі бавовни й льону-довгунця. Номенклатуру показників для цього виду товару групують за складом сировини, способом виготовлення, якісними показниками та функціональним призначенням.

У нормативній документації на змішану пряжу, призначену для виготовлення трикотажних виробів, нормуються такі показники: лінійна

густина пряжі (відхилення); розривне навантаження та подовження й відхилення від них за коефіцієнтом варіації; коефіцієнт скрученості; вологопоглинання та відносну вологість змішаної пряжі.

Тому для визначення фізико-механічних показників змішаної пряжі на основі волокон льону олійного застосовують чинні ГОСТи й ДСТУ для льону-довгунця та бавовни: ГОСТ 6611.0-73 (СТ СЭВ 2462-80) «Нити текстильные. Правила приёмки»; ГОСТ 6611.1-73 (ISO 2060-72) «Нити текстильные. Метод определения линейной плотности»; ГОСТ 6611.2-73 (ISO 2062-72, ISO 6939-88) «Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве»; ГОСТ 13784-94 «Волокна и нити текстильные. Термины и определения»; ГОСТ 16736-2002 (ISO 1139-73) «Нити текстильные. Обозначение структуры»; ГОСТ 6611.3-2003 (ISO 2061:1995) «Материалы текстильные. Нити. Методы определения числа кручений, укрутки и направления крутки»; ГОСТ 6611.4-73 (СТ СЭВ 2040-79, СТ СЭВ 2465-80) «Нити текстильные. Методы определения влажности».

3/3/1/ Визначення розривного навантаження змішаної пряжі

Визначення характеристик подовження та розривного навантаження одиночних ниток із суміші волокон льону олійного й натуральних і хімічних волокон здійснюють за ГОСТ 6611.2-73 (ISO 2062-72, ISO 6939-88) «Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве» на розривній машині РМ-3.

Для цього на розривній машині РМ-3 встановлюють відстань між затискачами 500 ± 1 мм. Нитки, що мають подовження понад 40 %, можна випробовувати при затискній довжині 200 ± 1 мм. Швидкість опускання нижнього затискача встановлюють таким чином, щоб середня тривалість

розтягування до розриву була: 10 ± 2 с – для пряжі з усіх видів волокон; 20 ± 3 с – для ниток натуральних, технічних і неоднорідних.

Нитки заправляють в затискачі розривної машини при попередньому натягуванні, яке встановлюється залежно від лінійної густини ниток.

Поворот рукоятки механізму управління на себе надає нижньому затискачу рух униз. Після розриву нитки знімають показання розривного навантаження й розривного подовження. Потім поворотом рукоятки від себе вручну повертають у вихідне положення нижній затискач і важіль. Кінці розірваної нитки по площині затискачів зрізають лезом і складають у склянку.

За фактичне розривне навантаження та фактичне подовження при розриві ниток приймають середнє арифметичне результатів усіх первинних випробувань.

Середнє розривне навантаження визначають за формулою:

$$P_p = \frac{\sum P_i}{n}, \quad (3.7)$$

де n – кількість дослідів, шт.

Відносне розривне навантаження ниток, P_o , сН/текс, яке визначається методом розриву декількох ниток, обчислюють за формулою:

$$P_o = \frac{P_p}{T_\phi}, \quad (3.8)$$

де P_p – розривне навантаження нитки, сН;

T_ϕ – фактична лінійна густина, текс.

Також було визначено коефіцієнт варіації розривного навантаження C , %, який обчислюють за формулою:

$$C = \frac{S_p}{P_p} \cdot 100, \quad (3.9)$$

де S_p – середнє квадратичне відхилення за розривним навантаженням.

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum (P_p - \bar{P}_p)^2 n_i}{\sum n_i}} \quad (3.10)$$

За кінцевий результат визначення розривного навантаження та подовження приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів. Підрахунки відносного розривного навантаження в сН/текс здійснювалися з точністю до другого десяткового знака з подальшим округленням до першого десяткового знака. Розривне подовження, виражене в мм, округлювали до цілого числа, а виражене в % – до першого десяткового знака.

3/3/2/ Визначення лінійної густини та номера змішаної пряжі

Лінійна густина і нерівномірність ниток за товщиною згідно з ГОСТ 6611.1-73 визначається за масою довгих та коротких відрізків.

Для визначення лінійної густини пряжі та ниток використовують пасма завдовжки 100, 50 і 25 мм. Для утворення пасм застосовують мотовило МПА-ІМ з периметром крони 1 м. За допомогою мотовила отримують моточки ниток завдовжки 50 м і перерізають їх ножицями. З утвореного жмута відбирають 30 будь-яких ниток завдовжки 1 м і зважують їх на торсійних вагах.

За показниками довжини та маси відрізків ниток визначають лінійну густина, T , текс, і коефіцієнт варіації за лінійною щільністю C , %, за формулами:

$$T = 1000 \frac{\sum m}{L \cdot n}, \quad (3.11)$$

де $\sum m$ – сума мас 30 або 20 пасм, г;

L – довжина ниток у пасмі, м;

n – кількість пасм – 30 або 20 шт.

$$C = \frac{S}{M} \cdot 100, \quad (3.12)$$

де S – середнє квадратичне відхилення мас пасм, г;

\bar{M} – середнє арифметичне значення мас пасм, г.

$$\bar{M} = \frac{\sum M}{n}, \quad (3.13)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (m_i - \bar{M})^2 n_i}{n - 1}}. \quad (3.14)$$

За показником лінійної густини визначали номер N отриманої на виробництві пряжі, який розраховували за формулою:

$$N = \frac{1000}{T}. \quad (3.15)$$

За кінцевий результат визначення лінійної густини приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів, виражене в текс. Отримані дані округлювали до цілого числа.

3/3/3/ Визначення показників крутки змішаної пряжі

Крутка ниток характеризується такими показниками: напрямом крутки, характеристиками інтенсивності скручування та укруткою.

Текстильні нитки виробляються з напрямом крутки S та Z. У ниток із напрямом крутки S витки йдуть знизу праворуч і нагору ліворуч (ліва крутка), а з напрямом Z – знизу ліворуч та нагору праворуч (права крутка).

Характеристиками інтенсивності скручування є: крутка, коефіцієнт скрученості та кут скручування.

Крутка – це число витків, що припадає на 1 м довжини скрученої нитки. Цей показник використовується як міра інтенсивності скручування ниток з однаковою об'ємною густиною та однаковою лінійною щільністю.

Коефіцієнт скрученості α – це умовна характеристика, що приймається як міра інтенсивності скручування ниток різної лінійної густини, але з однаковою середньою густиною.

Для визначення скрученості ниток пряжі методом подвоєного крутіння за ГОСТ 6611.3-2003 використовують універсальний круткомір УК-2. Затискачі круткоміра слід встановлювати на відстані 250 мм (або, за домовленістю, 500 мм) \pm 1 мм. При цьому необхідно усунути будь-який бічний зазор у затискачах, який може мати істотний вплив на базову довжину проби для випробування. Базову довжину треба перевіряти шляхом вимірювання відстані між затискачами за допомогою точного шаблону або кронциркуля. Круткомір слід встановити на нуль.

Якщо потрібні дані щодо зміни довжини при розкручуванні, то необхідно звільнити механізм для кріплення рухомого затискача й визначити довжину вихідної проби після розкручування та при початковому натягуванні. Потім слід зареєструвати зміну довжини й зазначити її збільшення або зменшення. Цю операцію слід повторювати до того часу, поки не буде випробувана необхідна кількість проб.

Зазвичай використовують дві методики крутіння ниток: методику безпосереднього розкручування та методику подвоєного крутіння. У нашому випадку застосовуємо методику подвоєного крутіння, тому що

вона використовується для одиночної пряжі з лінійною щільністю менше ніж 84 текс.

Згідно з методикою подвоєного крутіння обмежувач стрілки встановлюють так, щоб стрілка могла відходити вліво від нульової позначки не більше ніж на 2 поділки шкали (2 мм). Метод подвоєного крутіння характеризується тим, що пряжа спочатку розкручується, а потім закручується у зворотному положенні. При розкручуванні довжина пряжі збільшується та стрілка відходить від 0 вліво, а при закручуванні пряжі довжина її зменшується. Закручування пряжі відбувається до того часу, поки стрілка не стане на 0. Показники лічильника заносять в таблицю.

Фактичне число скручень ниток K , кр/м, при визначенні методом подвоєного крутіння обчислюють за формулою:

$$K = \frac{\bar{n} \cdot 1000}{2 \cdot L}, \quad (3.16)$$

де \bar{n} – середнє арифметичне проведених кручень, кр;

L – відстань між затискачами, м.

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів, виражене в кр/м. Отримані дані округлювали з точністю до першого десяткового знака.

Коефіцієнт скрученості для одиночних ниток обчислюють за формулою:

$$\alpha = \frac{K_{\phi} \sqrt{T_{\phi}}}{100}, \quad (3.17)$$

де T_{ϕ} – лінійна густина пряжі, текс;

K_{ϕ} – фактичне число скручень, кр/м.

Проміжний результат визначення коефіцієнта скрученості ниток обчислюють з точністю до другого десяткового знака, а остаточний – до першого десяткового знака.

Кут скручування ниток визначають за формулою:

$$\tan \beta = \frac{K\sqrt{T}}{8921\sqrt{\delta}}, \quad (3.18)$$

де δ – об'ємна густина пряжі (бавовна + льон = 0,9; нітрон + льон = 0,8; бавовна + лавсан = 10).

3/3/4/ Визначення санітарно-гігієнічних показників змішаної пряжі

Гігроскопічність пряжі – це здатність волокон та пряжі поглинати водяну пару й віддавати її в навколишнє середовище. Це доволі важлива фізична властивість пряжі, від якої залежить відповідність текстильного виробу вимогам гігієни. Поглинання вологи може відбуватись як при простому змочуванні волокон, так і при дії на них повітряної вологи, причому характер зовнішніх умов впливає на час поглинання та на кількість адсорбованої речовини.

Фактичну вологість змішаної пряжі W_{ϕ} , у відсотках визначають за ГОСТ Р 51703-2001 «Пряжа смешанная из смеси хлопкового, льняного и химического волокна. Технические условия». Її встановлюють залежно від відсоткового співвідношення волокон у суміші та розраховують за формулою:

$$W_{\phi} = \frac{W_{B1}M_1 + W_{B2}M_2}{100}, \quad (3.19)$$

де $W_{\phi 1,2}$ – вологість волокон, що входять до складу суміші, %;

$M_{1,2}$ – масова частка волокон, що входять до складу суміші, г.

За кінцевий результат приймали середнє арифметичне результатів усіх дослідів, виражене в %. Підрахунки здійснювали з точністю до першого десяткового знака.

Крім звичайного методу характеристики гігроскопічних властивостей волокнистих матеріалів за кількістю адсорбованої ними вологи була проведена спроба визначення цієї властивості пряжі за кількістю поглиненої води шляхом її безпосереднього змочування та з подальшим розрахунком вологопоглинання.

Для визначення вологопоглинання змішаної пряжі використовували кліматичну камеру. Для цього спочатку відбирали проби змішаної пряжі різного складу та відсоткового співвідношення. Проби висушувалися в сушильній шафі до постійної маси, зважувалися на лабораторних вагах і ця маса вважалася масою абсолютно сухого матеріалу. Відібрані проби сумішей окремо розподілялися в кліматичній камері в спеціальних бюксах. У камері встановлювалася відносна вологість до максимального значення 100 %. Максимальний процес вологопоглинання відбувався приблизно за 15 хвилин для кожної суміші. При цьому через кожні 5 хвилин відбирали пробу та визначали її масу, яка вважалася масою мокрого матеріалу.

Під час дослідження процесу вологопоглинання в певні проміжки часу визначали фактичну вологість W , %, змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, яку розраховували за формулою:

$$W = \frac{G_m - G_c}{G_c} \times 100, \quad (3.20)$$

де G_m – маса мокрої пряжі, г;

G_c – маса абсолютно сухої пряжі, г.

За кінцевий результат приймали округлене з точністю до першого десяткового знака середнє арифметичне шести паралельних випробувань, допустиме розходження між якими не перевищувало 0,1 % відносно середньої величини.

3/4/ Комплексна оцінка якості асортименту змішаної пряжі

Під час експлуатації товару забезпечується задоволення не однієї, а декількох потреб. І оскільки асортименту змішаної пряжі притаманний комплекс властивостей, тому оцінку їх якості доцільно виразити комплексним показником.

Якість асортименту змішаної пряжі з волокнами льону олійного для трикотажних виробів оцінювали шляхом визначення комплексного показника якості за допомогою узагальненої функції бажаності.

Комплексна оцінка якості асортименту змішаної пряжі здійснювалася у такі етапи:

- вибір номенклатури властивостей, що забезпечують використання за призначенням;
- оцінювання обраних властивостей;
- визначення рівня якості одержаного асортименту змішаної пряжі;
- порівняння одержаних показників якості асортименту змішаної пряжі на основі волокон льону олійного із показниками якості базового зразка пряжі на основі волокон льону-довгунця.

З метою визначення номенклатури властивостей використовувався експертний метод, який набув широкого розповсюдження при вирішенні прикладних товарознавчих завдань.

3/5/ Математичне планування експерименту та оброблення результатів досліджень

Для підвищення ефективності досліджень, особливо при великій різноманітності волокнистих складових пряжі, необхідне застосування математичного планування експерименту. Процедура його, насамперед, полягає у виборі числа й умов проведення дослідів, необхідних та достатніх для рішення поставленої задачі із заданою точністю [62].

З метою отримання достатньо надійних статистичних даних по кожному із показників проводили не менше 5-ти паралельних випробувань. Отримані експериментальні дані обробляли на ЕОМ за допомогою програм «MathCAD 13» та «Curve Expert 1.4».

Статистична обробка результатів експериментів дала можливість визначити з відомою ступеню надійності та точності вміст та склад асортименту змішаної пряжі на основі волокон льону олійного за показниками розривного навантаження та вологопоглинання, оскільки фізико-механічні властивості не є чітко детерміновані через розбіжність властивостей і складу пряжі, а також через похибки методів випробувань, обумовлених похибкою контрольно-вимірювальних приладів. Основними статистичними характеристиками, які використовували для первинного оброблення даних, є середнє арифметичне значення $X_{сер}$, середнє квадратичне відхилення S та коефіцієнт кореляції r .

На основі отриманих даних, для того щоб проаналізувати характер залежності, одержаної експериментальним шляхом, значення функції були апроксимовані.

3/6/ Наукове обґрунтування використання волокон льону олійного для виготовлення трикотажних товарів

Використання волокон льону олійного для виготовлення трикотажних виробів має наукове та технологічне обґрунтування, що ґрунтується на фізико-механічних, біохімічних і споживчих властивостях даного виду сировини. Льон олійний відрізняється високим вмістом целюлози, що забезпечує міцність і стійкість волокон до механічних навантажень, а також відмінну гігроскопічність, яка гарантує здатність матеріалу швидко вбирати і віддавати вологу, підтримуючи комфортні умови при носінні виробів. Володіючи оптимальною довжиною та однорідністю волокон, льон олійний легко піддається процесу прядіння та формує рівномірну, міцну пряжу, що дозволяє виготовляти трикотажні полотна з високою експлуатаційною надійністю.

З технологічної точки зору, волокна льону олійного добре піддаються механічній обробці, розпушенню та крутінню, що забезпечує стабільність пряжі, рівномірність товщини нитки та зменшення кількості дефектів у готовому полотні. Це сприяє виготовленню трикотажних виробів із високими механічними характеристиками, стійких до розтягування та деформацій у процесі експлуатації. У сукупності перелічені властивості обґрунтовують використання льону олійного як цінної сировини для створення трикотажних виробів, які поєднують високу міцність, комфорт, екологічність та привабливий зовнішній вигляд.

Одержання високоякісного волокна із вітчизняної сировини та виготовлення з нього конкурентоспроможних текстильних товарів є дуже важливим на сучасному етапі розвитку легкої промисловості в Україні. Враховуючи загострення екологічних проблем у світі, одним із головних завдань сьогодення є створення комфортних, екологічно

чистих матеріалів як для виробництва одягу, так і для виготовлення виробів побутового та промислового призначення. На даний час бавовна для України повністю стала імпортною сировиною, тому планувати роботу більшості підприємств текстильної промисловості тільки з її використанням недоцільно. У зв'язку з цим постає питання про заміну імпортованої бавовни на вітчизняну сировину. Одним із джерел сировинних ресурсів для України може стати льон олійний, який до цього часу використовується нераціонально. Попитом користується тільки насіння для виготовлення продовольчих товарів, а волокниста частина стебел спалюється на полях.

Сучасну тенденцію до розширення посівів льону олійного у більшості країн світу можна пояснити тим, що він є основним джерелом отримання високоякісної олії з великим вмістом ненасичених кислот омега-3 та омега-6 [10]. У вирощуванні льон олійний невибагливий, має високу посухостійкість і швидкостиглість, вегетаційний період його становить 80-90 діб, а врожайність насіння, ціна якого на міжнародному ринку доволі висока, дорівнює 20-30 ц/га.

На даний час селекціонерами Інституту олійних культур НААН України (м. Запоріжжя) створено ряд сортів технічного напрямку з різними періодами вегетації, які характеризуються високим вмістом олії (47-50 %) та потенційною врожайністю до 30 ц/га. Кращими сортами льону олійного, які занесені до Державного реєстру сортів рослин України, є: Айсберг, Дебют, Південна ніч, Орфей. Також широко використовуються сорти Віра, ВНІМК, Золотистий, Ківіка та Ручеек [63].

З метою визначення придатності волокон льону олійного для виготовлення пряжі в роботі був проведений порівняльний анатомічний аналіз мікрорізів стебел і волокон льону олійного різних сортів та льону-довгунця сорту Чарівний. Застосування волокон льону олійного в прядильному виробництві передбачає детальне вивчення не тільки їх

фізико-механічних властивостей, але і анатомічних характеристик. Слід зазначити, що прядильні властивості лляних волокон значною мірою зумовлюються їх поперечними розмірами, які характеризуються показником лінійної щільності (товщиною) [46, 64, 102]. Фізико-механічні властивості волокна залежать, головним чином, від внутрішньої будови стебла. Одним із показників, що характеризує будову стебел на мікрорівні, є ступінь розволокнення елементарних волокон у пучках.

Згідно з «Каталогом сортів та гібридів олійних культур» і методичними рекомендаціями «Льон олійний. Технологія вирощування» для подальшого вивчення мікроструктури стебел і волокон були відібрані сорти льону олійного: Айсберг, Віра, ВНІМК, Золотистий, Дебют, Ківіка, Південна ніч, Орфей, Ручеек, та сорт льону-довгунця Чарівний [63].

Дослідження та порівняльний аналіз внутрішньої будови стебел льону олійного та льону-довгунця є необхідним для правильного розуміння прядильних властивостей волокон льону олійного з метою використання їх у виробництві конкурентоспроможних трикотажних товарів. Тому одним із головних завдань досліджень, проведених під час виконання даної роботи, було складання повної якісної та кількісної характеристики анатомічної будови двох груп льону – льону олійного та льону-довгунця.

З метою виявлення придатності волокон льону олійного до прядіння було проведено порівняльні дослідження анатомічної будови стебел різних сортів льону олійного та льону-довгунця [9, 12, 65]. Виявлені основні анатомічні відмінності й ознаки льону олійного дозволять проаналізувати прядильні властивості волокна та розробити рекомендації щодо його застосування для виготовлення трикотажних товарів.

Під час порівняльного анатомічного аналізу двох груп льону в певних точках стебел соломи визначали такі показники:

- середній розмір каналу елементарного волокна;
- товщину стінки елементарного волокна;
- загальну кількість елементарних волокон на зрізі;
- кількість волокнистих пучків на зрізі;
- середню кількість волокон у пучку.

Серед найвідоміших наукових праць як вітчизняних (Т.О. Кузьміної, Г.А. Тіхосової, О.О. Горач, В.Ф. Дідуха), так і зарубіжних вчених (П.Л. Каполетто, Л. Мурфі, Х. Берінг тощо), присвячених вивченню будови лляного стебла, слід відзначити цілу низку робіт, в яких шляхом ретельного мікроскопічного аналізу стебел різних груп льону спробували підійти до розв'язання проблеми оцінки якості лляної сировини [32]. Автори цих робіт, вивчивши велику кількість стебел льону олійного й порівнявши їх за різними морфологічними та анатомічними ознаками зі стеблами льону-довгунця, встановили ряд залежностей. Однією з найважливіших є залежність між товщиною стебла та відсотком виходу волокна. Крім того, було також визначено, що ця ознака є спадковою. Зв'язку між відсотковим вмістом волокна та розміщенням пучків у стеблі не було встановлено, але визначена залежність між відсотковим вмістом волокна та конфігурацією окремих пучків. Чим компактніші пучки, тим менше відходів утворюється під час подальшої обробки лляної сировини.

У даній роботі для дослідження анатомічної будови було взято стебла трести з діаметром $\pm 1,0$ мм від середнього значення цього показника. Під час вивчення мікрофотограм, отриманих із чотирьох найбільш значущих точок стебла, було проаналізовано співвідношення конфігурації пучків, а також форми й будови елементарних волокон за всією висотою стебла досліджуваних сортів льону олійного та льону-довгунця. На основі електронної мікроскопії поперечних зрізів стебел цих двох груп льону було одержано схеми анатомічної будови стебел льону олійного та льону-довгунця, які зображено на рис. 3.4.

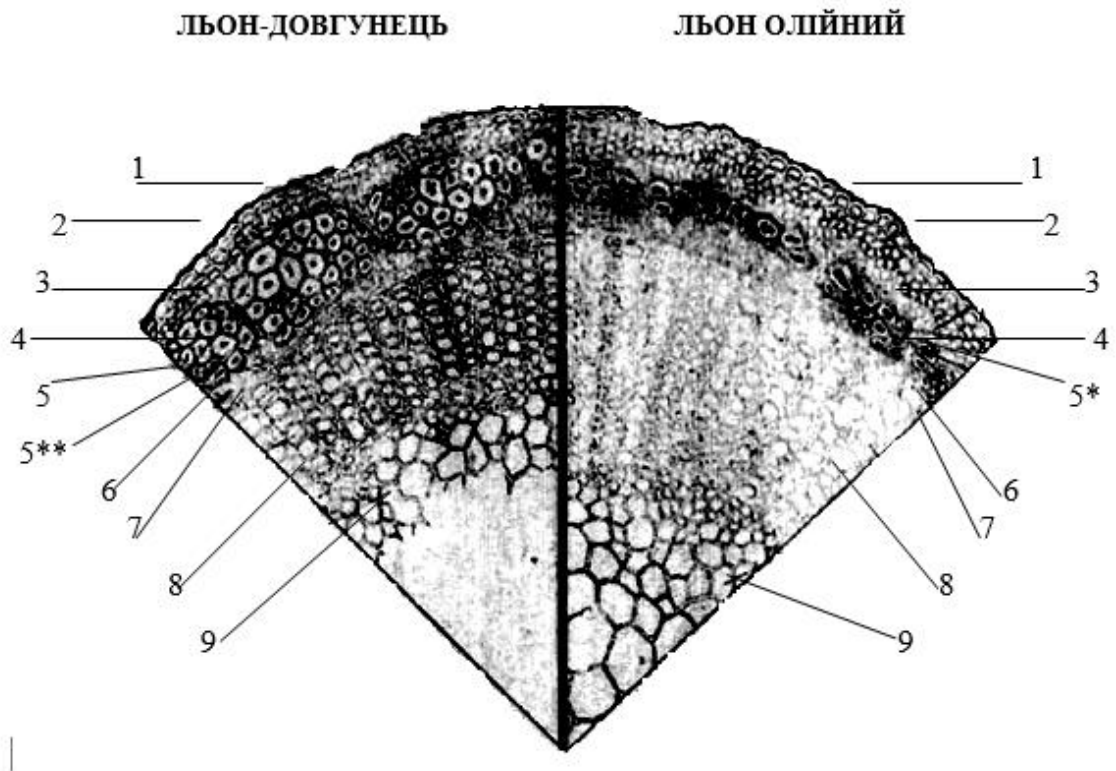


Рис. 3.4. Схема анатомічної будови стебел льону-довгунця та льону олійного:

- | | |
|--|---------------------------|
| 1 – кутикула; | 5** – кути здерев'яніння; |
| 2 – епідерміс; | 6 – луб'яна паренхіма; |
| 3 – коро́ва паренхіма; | 7 – камбій; |
| 4 – елементарні волокна; | 8 – деревина; |
| 5 – серединні пластинки; | 9 – серцевина. |
| 5* – здерев'янілі серединні пластинки; | |

У результаті порівняння даних, отриманих під час дослідження мікрофотограм, було визначено особливості анатомічної будови стебел двох груп льону. За анатомічною будовою стебла льону олійного та льону-довгунця значно відрізняються одне від одного. Льон олійний має грубі покривні тканини та широку міцну паренхіму, а у льону-довгунця тонка кутикула й вузькошарова та ніжна паренхіма.

На поверхні стебло покрите одношаровим епідермісом із 30-40 дихальними отворами на 1 мм² без волосків. У товстих стебел кожна клітина епідермісу розділяється тонкими поперечними стінками на 2-5 розташованих одна на одній клітин. Біля основи товстих стебел епідерміс місцями розривається. Первинна кора складається з 2-8 шарів. Зовні розташовані 1-7 шарів, сформованих із корової паренхіми, яка оточує одношаровий, перетворений у крохмальний чохол епідерміс. Клітини зовнішнього шару корової паренхіми з'єднані одна з одною без проміжків, тоді як між іншими клітинами є великий міжклітинний простір. За винятком товстих стебел, клітини паренхіми являють собою витягнуті в довжину чотирикутні призми [66]. Оболонки клітин корової паренхіми достатньо тонкі та сформовані двома стінками сусідніх клітин і серединною пластинкою, що знаходиться між ними. Вміст цих клітин – більш-менш значні залишки протоплазми.

Клітини луб'яної паренхіми, розташовані між волокнистими пучками, мають на поперечному зрізі неправильну форму, їх радіальний розмір у більшості випадків перевищує тангенціальний. Міжклітинні проміжки зустрічаються рідко. Вміст клітин – залишки протоплазми, іноді крохмаль.

Ксилема формує масив дуже різної товщини як за довжиною стебла, так і за його товщиною. Вона сформована із судин, трахеїд і паренхіми.

Серцевина у вигляді тонкого шару клітин оточує центральну порожнину стебла. Тканини, які знаходяться в стеблі льону, та їх взаємне розташування однакові для всіх рослин. Тільки величина й кількість різних тканин та елементів, особливо в прикореневій частині стебла, різні у товстих і тонких рослин одного сорту, а також у льону різних сортів.

Пучки волокон розташовані у вигляді одного кільця під крохмаленосним шаром первинної кори. У кожному стеблі міститься 15-40 волокнистих пучків. Їх кількість змінюється залежно від зони стебла та

його товщини. Кількість волокон у пучку, яка в середньому дорівнює 30, неоднакова в різних зонах стебла й у стеблах різної товщини. Пучки волокон склеюються один з одним і таким чином формують циліндричну оболонку.

Елементарні волокна льону-довгунця внаслідок здійснюваного на них тиску сильно прилягають одне до одного і їх первісна округла форма переходить у п'яти- або шестикутну. Цю форму волокна мають на більшій частині стебла, за винятком прикореневої частини та верхівки.

Кількість волокон збільшується від прикореневої частини, досягає максимуму на $1/3$ висоти стебла в зоні, де воно має найбільший діаметр, після чого знову повільно зменшується. Це положення справедливо лише для льону-довгунця. У льону олійного максимальна кількість луб'яних волокон міститься в середній частині стебла.

Максимальна кількість волокон у середині стебла більш ніж у 4 рази перевищує кількість волокон у прикореневій частині. Приблизно така сама закономірність спостерігається й відносно розподілу волокнистих пучків та кількості волокон у них.

Товщина волокон змінюється зовсім інакше, ніж їх кількість. Середня величина поперечного перерізу волокна досягає найбільшого значення в прикореневій частині й поступово зменшується у верхівковій частині стебла.

Велика відмінність між льоном олійним та льоном-довгунцем спостерігається також у рівномірності відокремлюваності волокна від деревини за довжиною стебла, яка, перш за все, залежить від рівномірності розподілу паренхіми в стеблі. У стеблі льону олійного міцність паренхіматичного шару зростає від прикореневої до верхівкової частини. Це є причиною більш складного відокремлення волокна у верхівковій частині стебла порівняно з прикореневою частиною. У льону-довгунця ця закономірність виражена значно слабше [32, 65].

За результатами вивчення характерних для льону-довгунця кореляційних зв'язків між показниками анатомічної будови стебла та вмістом і якістю волокна дослідники пропонують обрати ті або інші критерії діагностики якості волокна за анатомічними ознаками з метою зменшення їх кількості та спрощення методики аналізу. Наприклад, для обліку параметрів анатомічної будови важливим є характер їх варіювання (діапазон зміни). Проте стосовно льону олійного подібних досліджень майже не проводилося. Тому для визначення характеру залежності якісних показників волокна льону олійного від анатомічних ознак стебел необхідно здійснити ґрунтовні дослідження форми та розташування волокнистих пучків на поперечному зрізі. Проаналізувавши розташування волокнистих пучків на зрізі стебла й зовнішній вигляд пучків і елементарних волокон, можна зробити висновок про якість та кількість волокна в стеблі.

Для визначення придатності волокна льону олійного до застосування в текстильній промисловості потрібно насамперед дослідити анатомічну будову волокнистих пучків та кількісне співвідношення різних тканин у стеблі, які наведені на рис. 3.5.

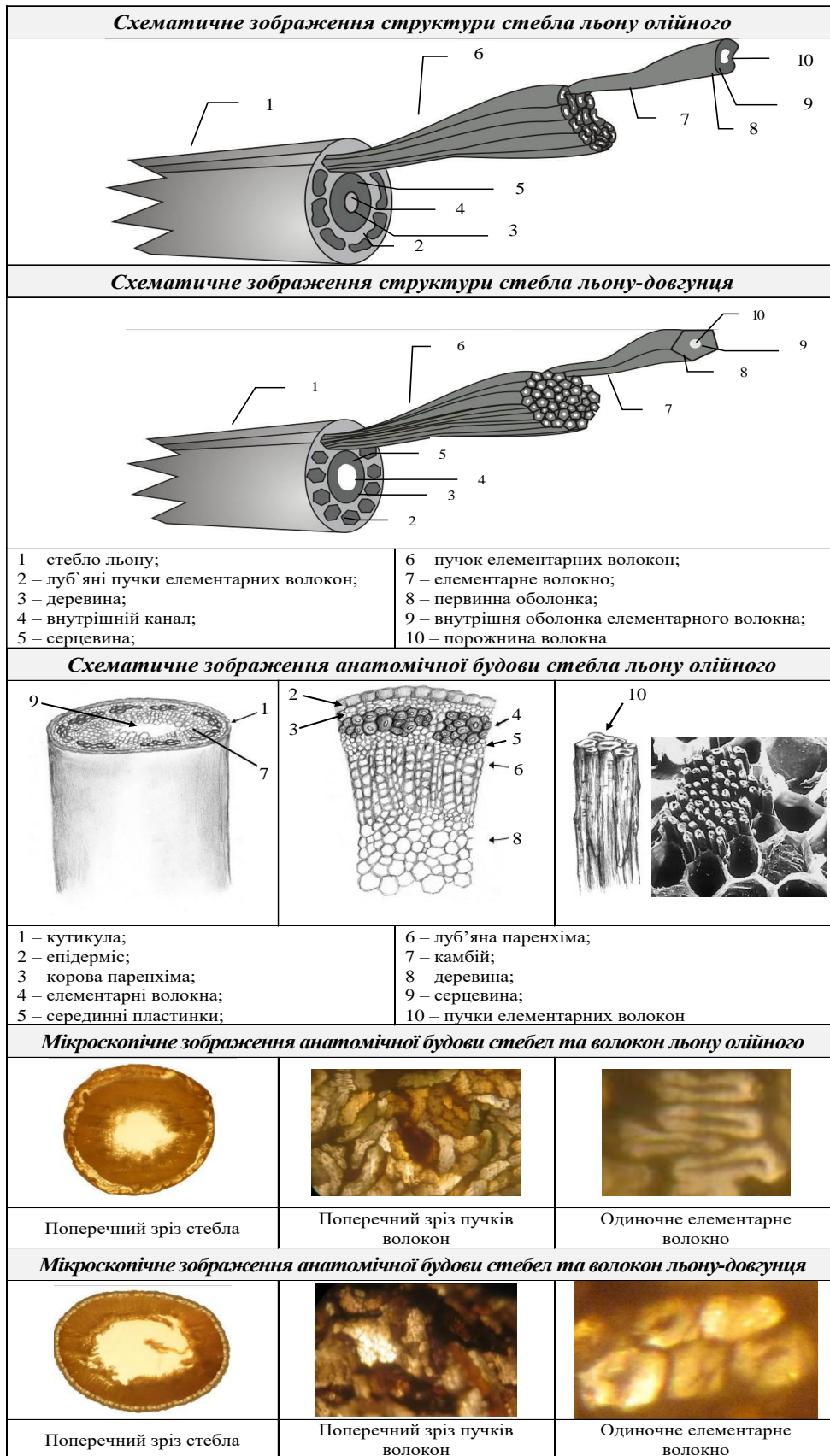


Рис. 3.5. Порівняльна характеристика анатомічної будови стебел і волокон льону-довгунця та льону олійного

Льон, у якого волокнистий шар складається з щільно розташованих і однакових за розміром пучків, а в пучках містяться рівномірні за діаметром елементарні волокна з мінімальною внутрішньою порожниною, оцінюється як найбільш придатний до прядіння. Найкращими вважаються пучки тангенціальної або подовжено-овальної форми, оскільки вони в процесі переробки легше роздрібнюються на елементарні волокна [32]. У результаті аналізу анатомічної будови стебел льону олійного визначено, що волокнам даної культури притаманні загальні закономірності, які раніше були встановлені під час досліджень волокон льону-довгунця.

Найцікавішим є те, що волокна, які є цінною текстильною сировиною, складаються з багатьох клітин, або так званих елементарних волокон (одичні волокна, що розташовані в тканині окремо одне від одного або входять до складу пучка). З елементарних волокон льону складаються пучки луб'яних волокон, сукупність яких утворює технічні волокна (тобто певна кількість елементарних волокон складає пучок технічного волокна). Властивості технічного волокна зумовлюються властивостями елементарних волокон і хімічним складом речовин, які склеюють їх одне з одним.

З урахуванням вищевикладеного були проведені дослідження анатомічної будови елементарних волокон льону олійного та льону-довгунця. Встановлено, що елементарні волокна у льону-довгунця товстостінні, багатогранні, з вузькою порожниною й незначною шаруватістю. У льону олійного елементарне волокно тонкостінне, із широким каналом, округле або овальне з різко окресленою шаруватістю (рис. 3.6).

У льону-довгунця довгі й тонкі елементарні волокна, які мають велику, порівняно з іншими волокнами, поверхню взаємного склеювання, що зумовлює підвищену міцність пучків елементарних волокон. У льону олійного елементарні волокна розпушені, не склеєні пектиновими

речовинами, тому вони майже не утворюють пучків. Унаслідок цього міцність волокон льону олійного набагато менша, ніж волокон льону-довгунця. Тому застосовувати волокно льону олійного для виготовлення пряжі недоцільно у зв'язку з його низькою міцністю.

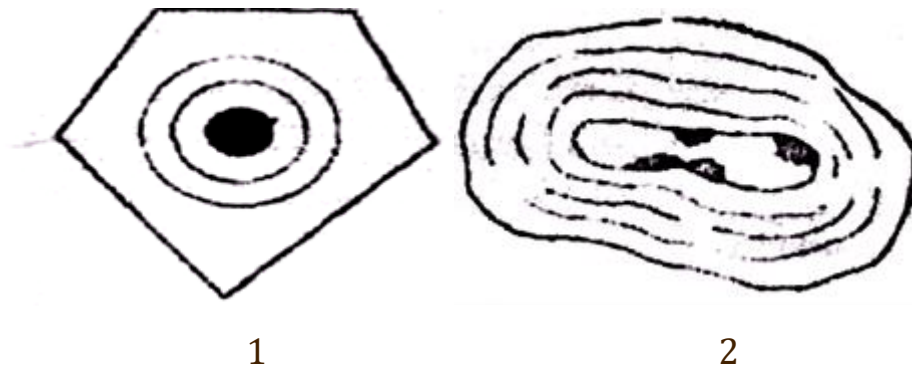


Рис. 3.6. Схема будови елементарних волокон льону-довгунця й льону олійного:

- 1 – будова елементарного волокна льону-довгунця;
- 2 – будова елементарного волокна льону олійного.

З метою порівняння кількості волокон на поперечних зрізах стебел різних сортів льону здійснювався підрахунок кількості пучків у кожному зрізі. Потім розраховувалася середня кількість елементарних волокон у пучку та помножувалася на кількість пучків. Таким чином визначалася загальна кількість волокон на зрізі.

Поперечні зрізи пучків волокон усіх досліджуваних сортів льону олійного та сорту Чарівний льону-довгунця, взятого для порівняльного аналізу анатомічної будови, наведено на рис. 3.7-3.16.

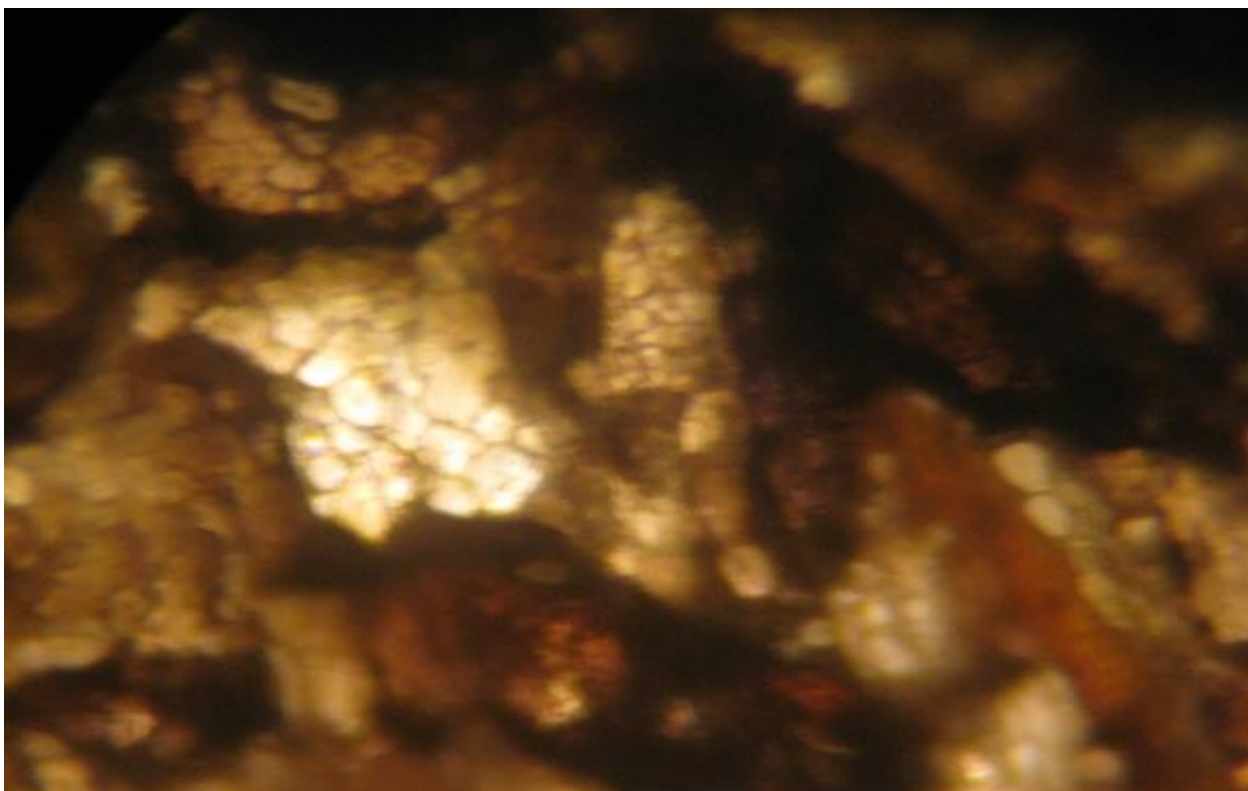


Рис. 3.7. Поперечний зріз пучків волокон льону-довгунця сорту Чарівний

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону-довгунця сорту Чарівний свідчить, що в ньому знаходиться 55 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 44 шт. елементарних волокон, у другому – 31, у третьому – 44, у четвертому – 33, а в п'ятому – 40 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 2112 шт. Елементарні волокна льону-довгунця сорту Чарівний мають п'яти-шестикутну форму й щільно прилягають одне до одного.

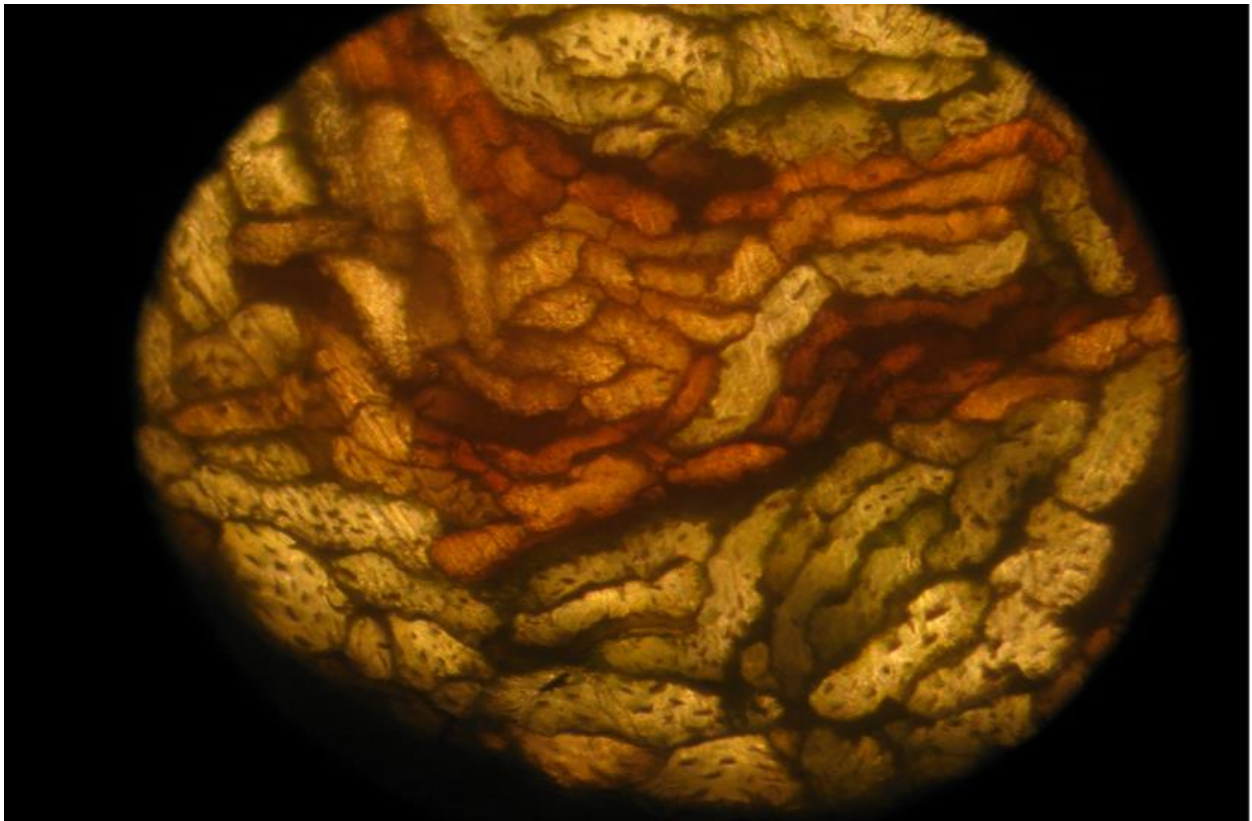


Рис. 3.8. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Південна ніч.

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Південна ніч свідчить, що в ньому знаходиться 60 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 17 елементарних волокон, у другому – 14, у третьому – 13, у четвертому – 15, а в п'ятому – 18 елементарних волокон. Загальна кількість волокон на зрізі дорівнює 924 шт. Елементарні волокна льону олійного сорту Південна ніч мають бобоподібну форму та великий повітряний канал. Між елементарними волокнами знаходиться товстий прошарок паренхіми, деревна частина стебел збільшена.

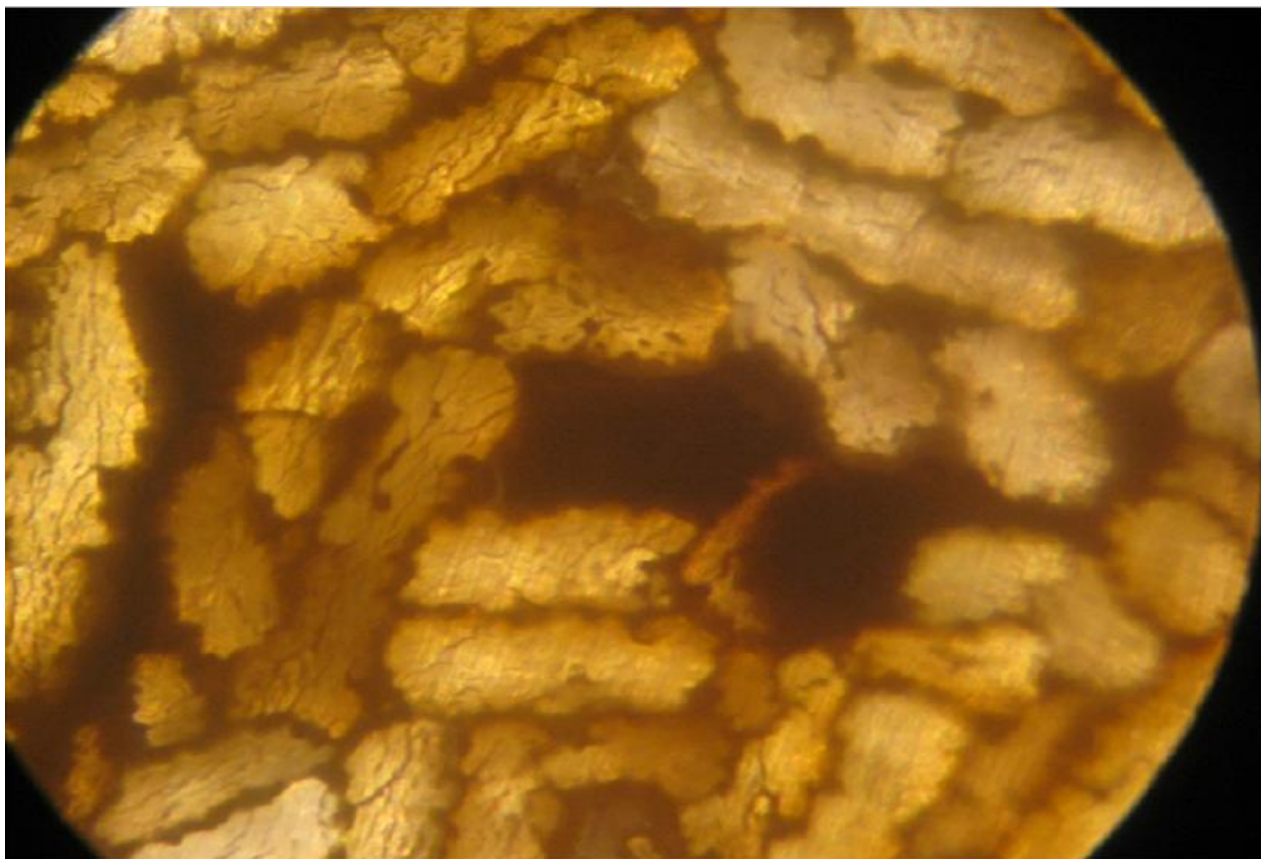


Рис. 3.9. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Золотистий

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Золотистий свідчить, що в ньому знаходиться 53 пучки. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 21 шт. елементарних волокон, у другому – 20, у третьому – 24, у четвертому – 13, а в п'ятому – 26 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 1102 шт. Елементарні волокна льону олійного сорту Золотистий також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал.

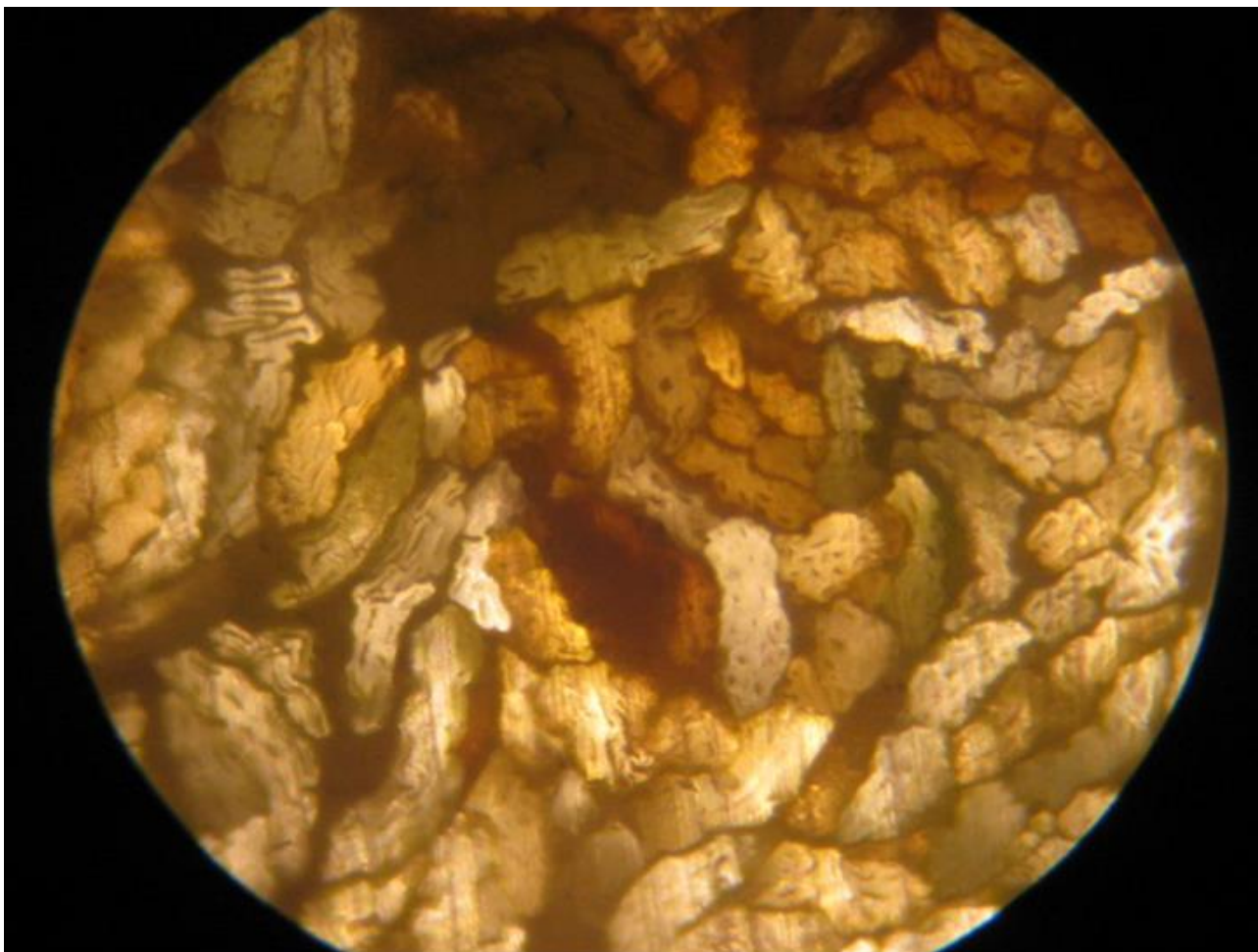


Рис. 3.10. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Ківіка

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Ківіка свідчить, що в ньому знаходиться 69 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 13 шт. елементарних волокон, у другому – 12, у третьому – 17, у четвертому – 25, а в п'ятому – 15 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 1132 шт. Елементарні волокна сорту Ківіка також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал.



Рис. 3.11. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Айсберг

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Айсберг свідчить, що в ньому знаходиться 50 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 19 шт. елементарних волокон, у другому – 21, у третьому – 19, у четвертому – 17, а в п'ятому – 18 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 940 шт. Елементарні волокна сорту Айсберг також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал.

Пучки відділені один від одного товстим прошарком паренхіми й мають велику кількість зон здерев'яніння.

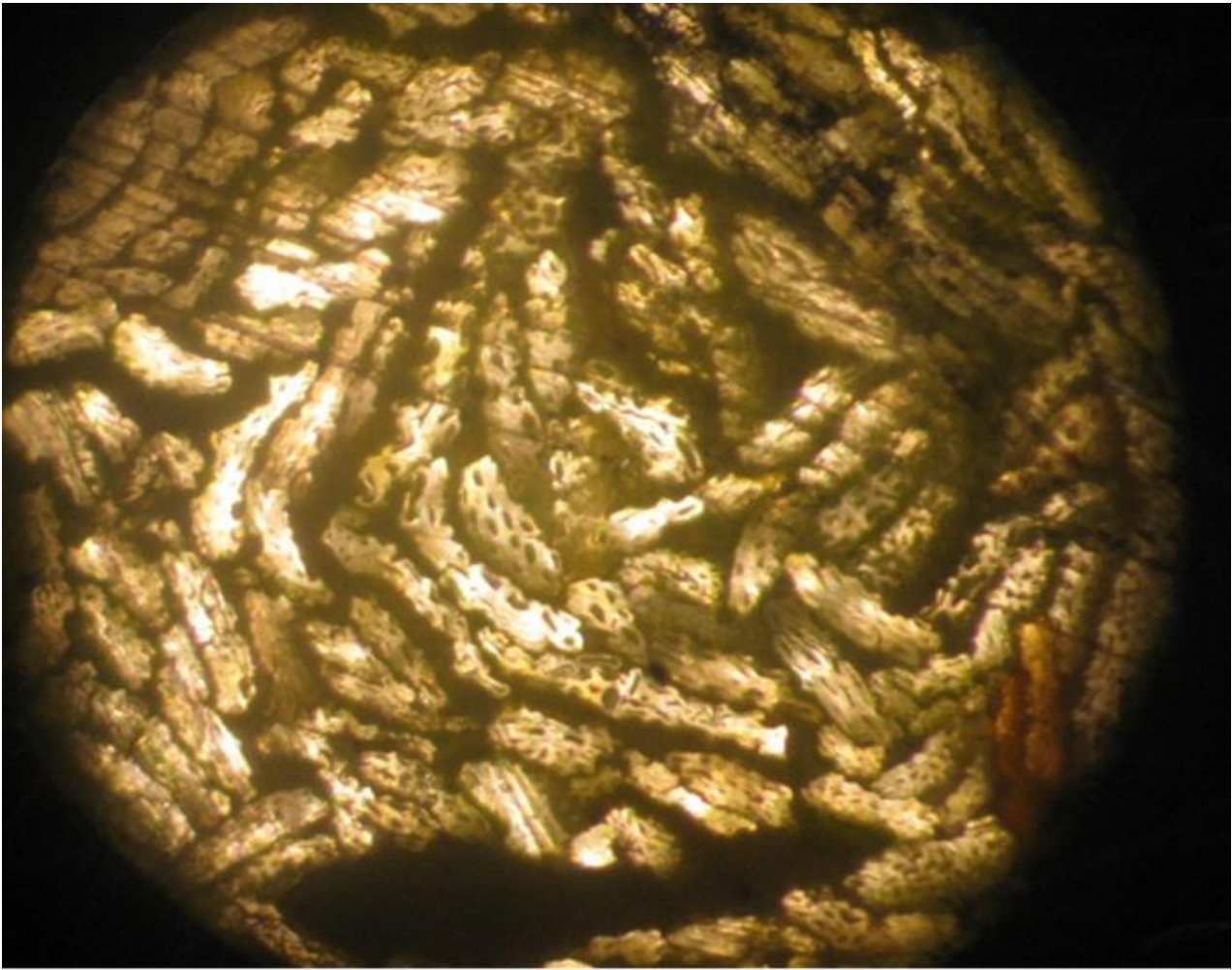


Рис. 3.12. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Віра

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Віра свідчить, що в ньому знаходиться 40 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 22 шт. елементарних волокон, у другому – 28, у третьому – 38, у четвертому – 22, а в п'ятому – 30 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 1120 шт. Елементарні волокна сорту Віра також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал. Пучки елементарних волокон також розпушені. Між ними містяться товстий прошарок паренхіми й зони здерев'яніння.

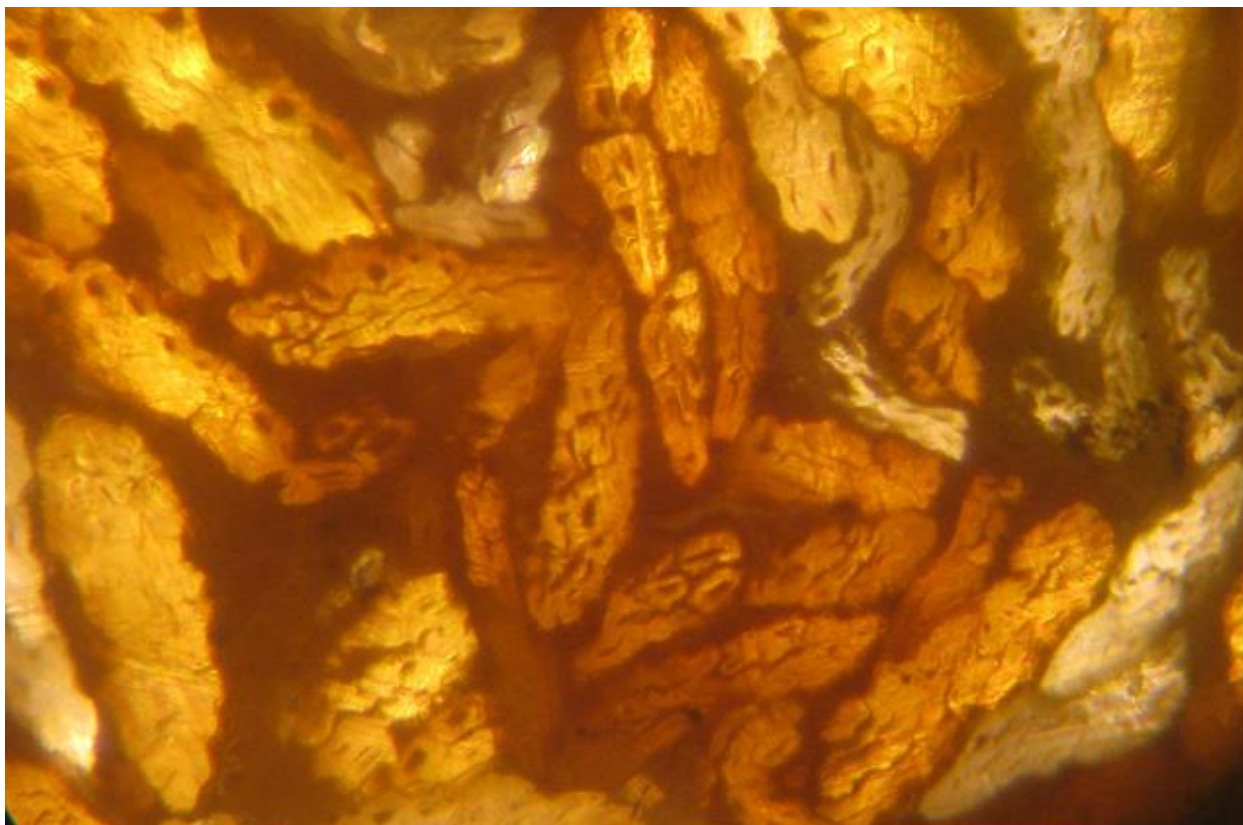


Рис. 3.13. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту ВНІМК

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту ВНІМК свідчить, що в ньому знаходиться 43 пучки. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 16 шт. елементарних волокон, у другому – 15, у третьому – 14, у четвертому – 18, а в п'ятому – 13 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 654 шт. Елементарні волокна сорту ВНІМК також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал.

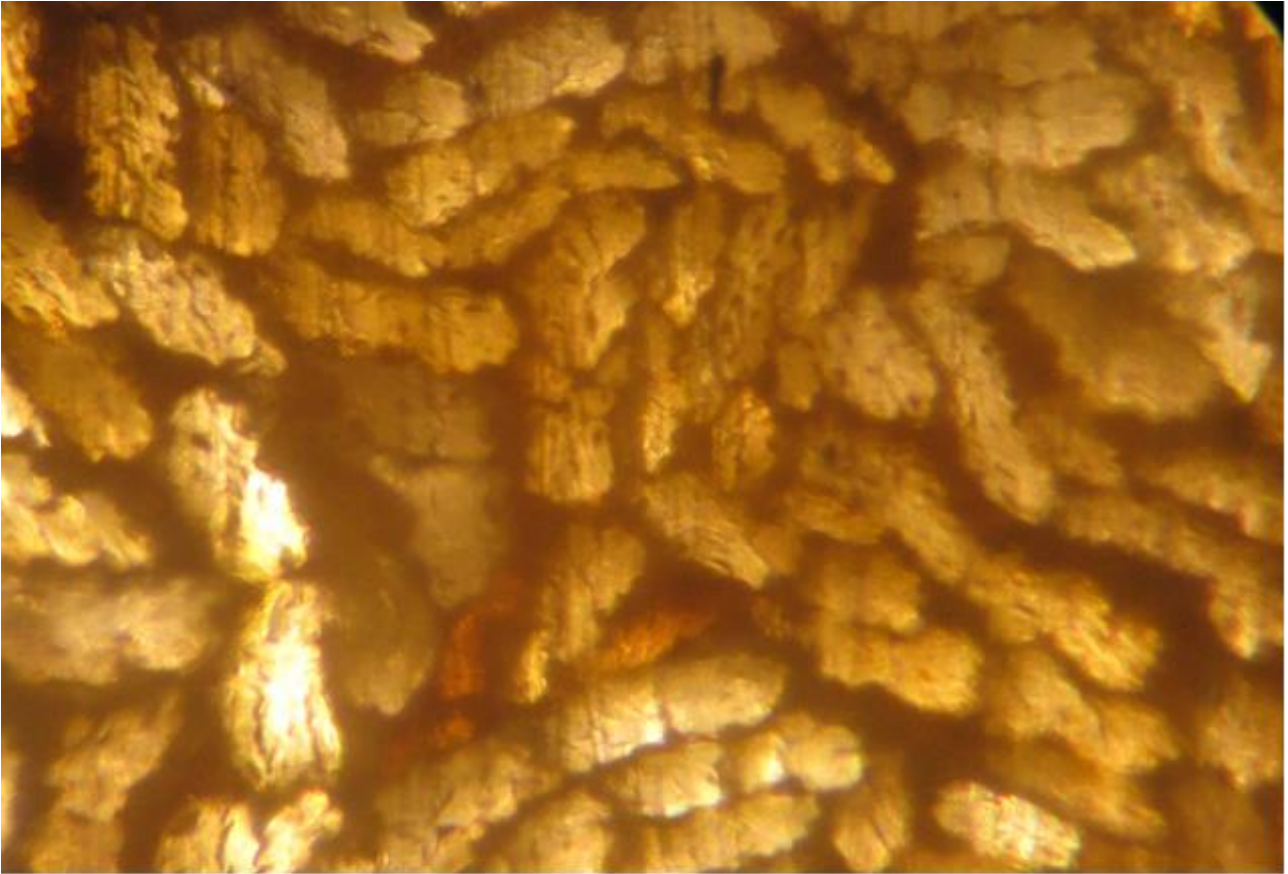


Рис. 3.14. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Дебют

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Дебют свідчить, що в ньому знаходиться 37 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 17 шт. елементарних волокон, у другому – 18, у третьому – 12, у четвертому – 17, а в п'ятому – 20 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 622 шт. Елементарні волокна сорту Дебют також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал.

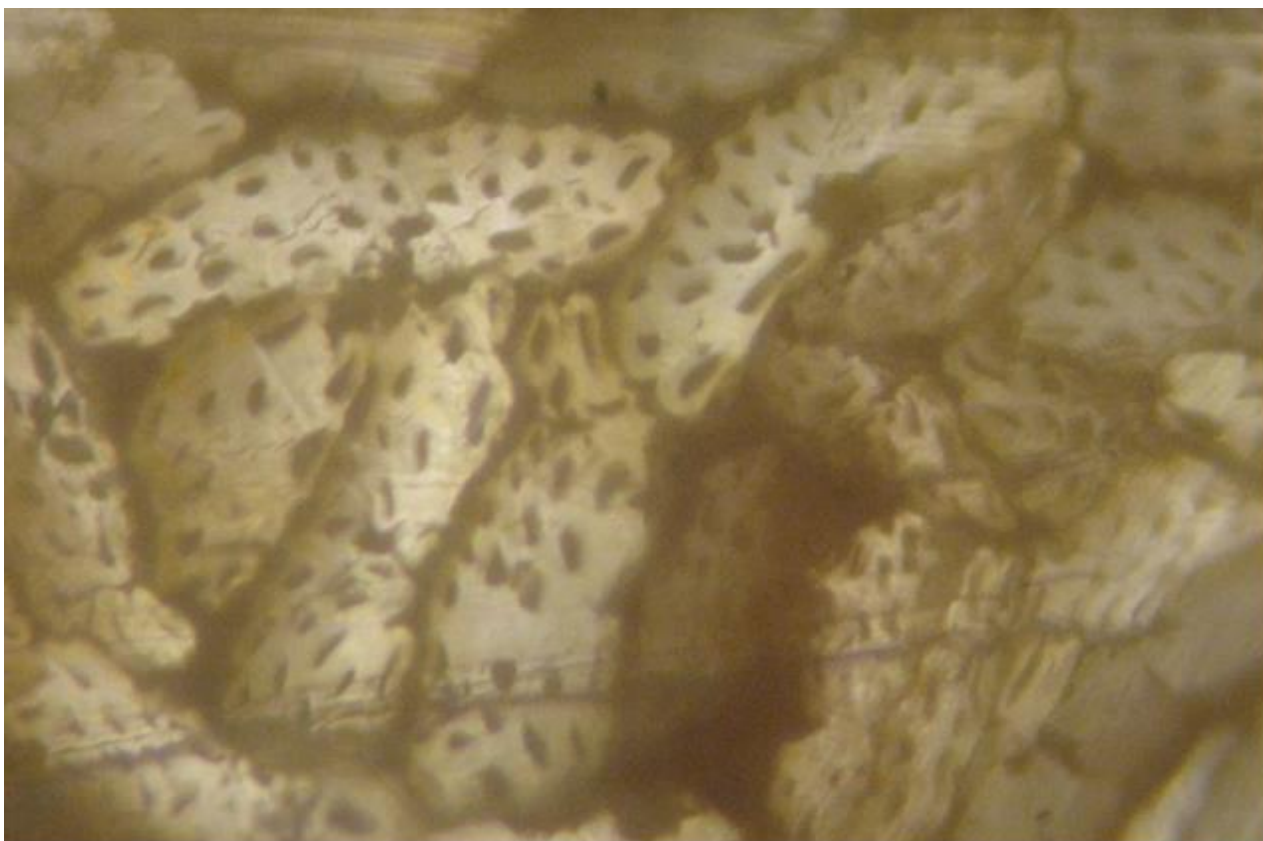


Рис. 3.15. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Орфей

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Орфей свідчить, що в ньому знаходиться 42 пучки. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 8 шт. елементарних волокон, у другому – 11, у третьому – 23, а в четвертому та п'ятому – по 18 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 655 шт. Елементарні волокна сорту Орфей також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал. Даний сорт відрізняється значною нерівномірністю розподілу елементарних волокон у пучках – від 8 до 23 шт. Слід очікувати, що він буде містити велику кількість здерев'янілих зон і незначну кількість волокон.

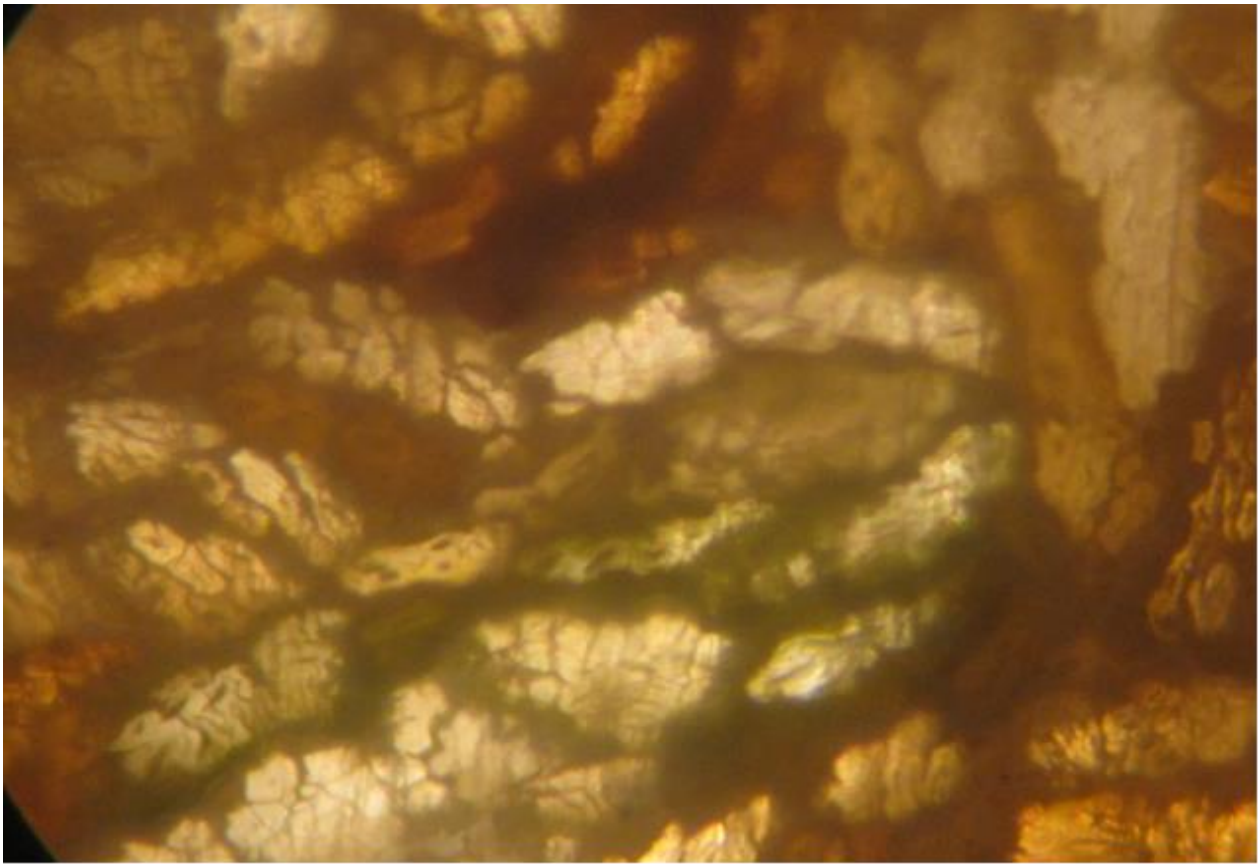


Рис. 3.16. Поперечний зріз пучків волокон льону олійного сорту Ручеек

Аналіз кількості пучків та елементарних волокон на поперечному зрізі льону олійного сорту Ручеек свідчить, що в ньому знаходиться 48 пучків. Після здійснення вибірки п'яти пучків для розрахунку було встановлено, що в першому пучку міститься 11 шт. елементарних волокон, у другому – 23, у третьому – 17, у четвертому – 14, а в п'ятому – 16 елементарних волокон. Загальна кількість елементарних волокон на зрізі дорівнює 778 шт. Елементарні волокна сорту Ручеек також мають бобоподібну форму та великий повітряний канал. Цей сорт характеризується незначною кількістю пучків – 48 і невеликою кількістю елементарних волокон у пучку.

Результати визначення кількості волокон у пучку, кількості пучків і загальної кількості волокон для кожного досліджуваного сорту льону наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Кількість пучків та елементарних волокон у пучках різних сортів льону олійного та льону-довгунця

№ з/п	Група льону	Сорт льону	Кількість пучків, шт.	Кількість волокон у пучках, шт.					Загальна кількість волокон, шт.
				1	2	3	4	5	
1	Льон-довгунець	Чарівний	55	44	31	44	33	40	2112
2	Льон олійний	Південна ніч	60	17	14	13	15	18	924
		Айсберг	50	19	21	19	17	18	940
		Віра	40	22	28	38	22	30	1120
		ВНІМК	43	16	15	14	18	13	654
		Дебют	37	17	18	12	17	20	622
		Золотистий	53	21	20	24	13	26	1102
		Ківіка	69	13	12	17	25	15	1132
		Орфей	42	8	11	23	18	18	655
		Ручеек	48	11	23	17	14	16	778

Порівняльний аналіз мікрорізів стебел двох груп льону дозволив встановити, що за досліджуваними показниками льон олійний значно відрізняється від льону-довгунця. Так, кількість волокнистих пучків на поперечних зрізах різних сортів льону олійного неоднакова і становить 37-69 шт. У стеблах льону-довгунця сорту Чарівний знаходиться в середньому 55 пучків, але вміст елементарних волокон у пучках у 2-3 рази вище, ніж у льону олійного досліджуваних сортів. У пучках льону-довгунця елементарні волокна ущільнені, розташовані близько одне до одного, їх кількість становить 2112 шт., а в льону олійного цей показник коливається в межах від 622 шт. (сорт Дебют) до 1132 шт. (сорт Ківіка). Сорт Ківіка відрізняється також найбільшою кількістю пучків на поперечному зрізі –

69, тобто з нього можна очікувати найвищий вихід волокна, але середня кількість волокон у пучку для цього сорту незначна – 16 шт. Слід зазначити, що найменшим вмістом елементарних волокон у пучках характеризується сорт льону олійного ВНІМК – у середньому 15 шт., а найвищим сорт Віра – у середньому 28 шт.

Крім того, у результаті вивчення мікрорізів стебел різних сортів льону олійного й сорту Чарівний льону-довгунця встановлено, що волокна льону олійного та льону-довгунця відрізняються між собою за зовнішнім виглядом і багатьма анатомічними ознаками.

На відміну від льону-довгунця льон олійний має крупніші волокнисті пучки та елементарні волокна овальної форми з великими каналами. Волокна льону олійного мають більш сплющену форму, товщина стінки елементарного волокна та середній розмір каналу в льону олійного більші, ніж у льону-довгунця. Це свідчить про високі гігроскопічні показники волокон льону олійного.

Сплющеність волокна під час одержання пряжі може позитивно вплинути на перебіг процесу прядіння. Знаходячись у пряжі й маючи велику площу поверхні, сплющені волокна льону олійного можуть підвищити сили тертя між собою, що, ймовірно, сприятиме поліпшенню експлуатаційних властивостей пряжі.

Також відмінним у двох груп льону є такий показник якості волокна, як розмір каналу (порожнини) в елементарному волокні. Волокно з високою прядильною здатністю повинне мати мінімальний за площею поперечний переріз каналу, а за цим показником льон олійний значно відрізняється від льону-довгунця. Результати дослідження анатомічної будови мікрорізів стебел льону олійного та льону-довгунця, а саме їх основні анатомічні характеристики, наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні анатомічні характеристики льону-довгунця сорту Чарівний і льону олійного сорту Віра

Характеристики анатомічної будови стебла та волокна	Середні значення	
	льон-довгунець сорту Чарівний	льон олійний сорту Віра
Середній розмір пучка, мкм	126±9	130±8
Середній розмір елементарного волокна, мкм	22,2±0,9	26,8±0,9
Середній розмір каналу елементарного волокна, мкм	4,6±0,6	8,6±0,6
Товщина стінки елементарного волокна, мкм	8,8±0,7	7,1±0,7
Кількість волокнистих пучків на зрізі	55±7	40±7
Середня кількість волокон у пучку	40±4	31±7
Загальна кількість елементарних волокон на зрізі	2112±105	1120±16
Ступінь здерев'яніння, %	32,4±19,2	38,3±16,1

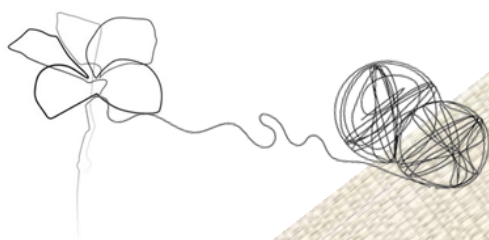
Показники анатомічної будови стебел льону олійного свідчать про те, що волокна всіх сортів невеликі за довжиною й характеризуються високою розщепленістю на тонкі елементарні волокна. Аналіз даних табл. 3.4 дозволяє спрогнозувати зниження міцності пряжі, виготовленої з цих волокон, що унеможлиблює її застосування для виробництва текстильних товарів у чистому вигляді.

Однак, незважаючи на даний недолік, елементарні волокна льону олійного мають великий повітряний канал (рис. 3.7-3.16), наявність якого

може зумовлювати високі санітарно-гігієнічні показники виробів, одержаних із цієї групи льону, такі як вологопоглинання та повітропроникність.

Тому для усунення вищезазначеного недоліку, тобто підвищення міцності майбутньої пряжі та збереження її позитивних санітарно-гігієнічних характеристик, у роботі запропоновано й теоретично обґрунтовано створення змішаної пряжі з різним відсотковим вмістом волокон льону олійного та інших натуральних і хімічних волокон.

Таким чином, для доведення доцільності створення змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з метою підвищення споживних властивостей трикотажних виробів були проведені систематичні дослідження з вивчення анатомічної будови стебел і волокон дев'яти сортів льону олійного та проаналізовано її вплив на експлуатаційні й санітарно-гігієнічні властивості майбутньої льоновмісної пряжі.



РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОЖИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМІШНОЇ ПРЯЖІ НА ОСНОВІ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО

4/1/ Одержання волокна льону олійного у виробничих умовах та визначення придатності різних сортів до прядіння

З метою створення на основі волокон льону олійного змішаної пряжі, придатної для виробництва трикотажних виробів, у даній роботі було проведено систематичні дослідження фізико-механічних характеристик волокон льону олійного різних сортів, а також їх різних відсоткових поєднань з іншими натуральними та хімічними волокнами. У суміші з волокном льону олійного використовували два типи натуральних волокнистих компонентів: волокна бавовни й вовни та три види хімічних волокон: поліакрилонітрильні (нітрон), поліефірні (лавсан) і поліамідні (капрон).

Для створення змішаної пряжі було досліджено товарознавчу цінність головного компонента суміші – волокна льону олійного – за його основними споживними характеристиками.

Волокна льону олійного одержували на модернізованому куделеприготувальному агрегаті в умовах Старосамбірського льонокомбінату [33]. Процес отримання волокон на модернізованому КПАЛ складається з технологічних стадій обробки сировини в м'яльній машині куделеприготувального агрегату й тіпання пром'ятого шару матеріалу в тіпальній машині з подальшим очищенням волокна на машині грубого чесання. Технологічна схема модернізованого куделеприготувального агрегату подана на рис. 4.1, а параметри обробки стебел трести льону олійного наведені в табл. 4.1.

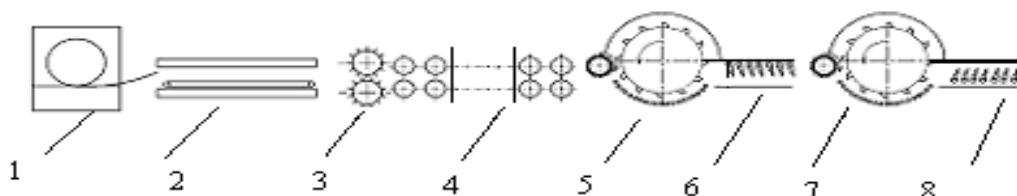


Рис. 4.1. Технологічна схема модернізованого

куделеприготувального агрегату для отримання волокон льону олійного:

1 – рулонорозмотувач РЛР-1500; 2 – сушильна машина; 3 – кілковий живильник; 4 – м'яльна машина; 5 – тіпальний модуль машини «Charle»; 6 – трясильна машина з верхнім гребінним полем; 7 – тіпальний модуль машини «Charle»; 8 – трясильна машина з нижнім гребінним полем.

Таблиця 4.1 – Традиційні параметри обробки стебел трести льону олійного на модернізованому КПАЛ в умовах Старосамбірського льонокомбінату

№ з/п	Найменування параметрів обробки	Параметри режимів обробки
Трясильна частина		
1.	Швидкість подавання шару сировини	33 м/с
2.	Щільність шару оброблюваної сировини	0,40 кг/м ²
3.	Кут розмаху голок	55°
М'яльна частина		
4.	Глибина заходження рифлів	9,5 мм
5.	Частота обертання м'яльних вальців з 1-ої до 18-ої пари	74 об/хв
6.	Частота обертання 19-ої пари вальців	89 об/хв
Тіпальна частина		
7.	Частота обертання тіпальних модулів	360 об/хв
8.	Кількість механічних дій на матеріал	23
9.	Ширина зазору між тіпальним ножом і бильною планкою	6,0 мм

Після обробки стебел льону олійного на куделеприготувальному агрегаті було визначено кількість волокна, одержаного з однієї тонни трести. Цей показник враховували для визначення економічної ефективності та доцільності переробки стебел трести льону олійного з метою одержання волокна, придатного до застосування в трикотажному виробництві. Результати визначення виходу волокна з трести льону олійного різних сортів наведені на рис. 4.2.

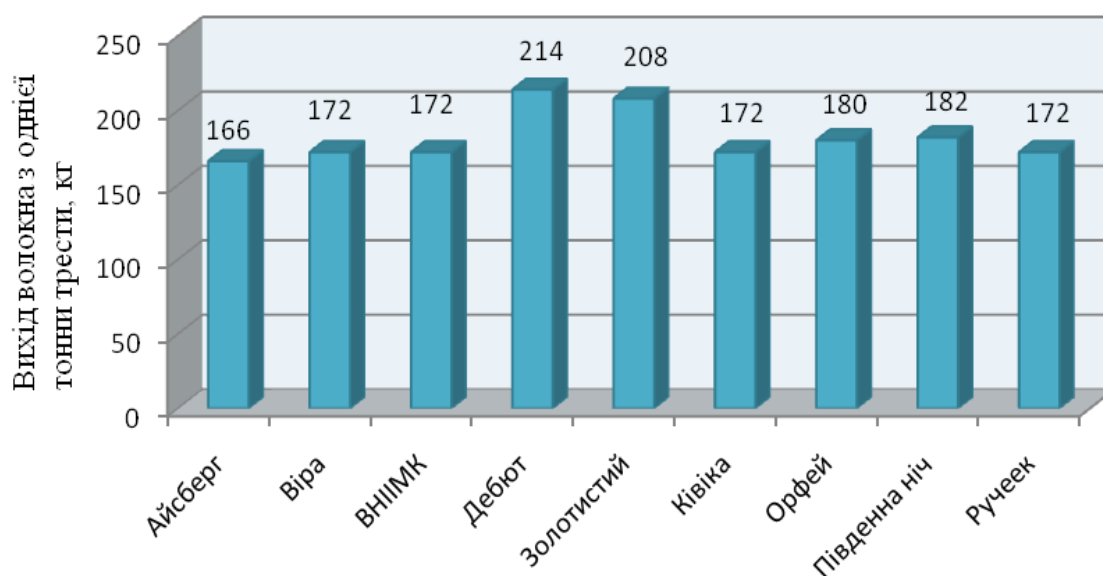


Рис. 4.2. Діаграма виходу волокна з 1 тонни трести льону олійного різних сортів

Аналіз рис. 4.2 свідчить, що вихід волокна з однієї тонни трести всіх досліджуваних сортів льону олійного знаходиться в межах 166-214 кг. Отже, у стеблах цієї культури міститься приблизно 17-21 % волокна, тоді як вміст лубу в стеблах високоволокнистих сортів льону-довгунця досягає 35 % [136]. Однак, незважаючи на те, що в стеблах льону олійного волокна на 10-15 % менше, ніж у стеблах льону-довгунця, ця сировина може бути гідною альтернативою льону-довгунцю.

Однією з найважливіших фізико-механічних характеристик, яка свідчить про придатність волокон того чи іншого сорту льону олійного до використання в суміші з різними натуральними та хімічними волокнами, є довжина волокон у жмутах досліджуваних сортів [137]. Тому для кращого

аналізу прядильної здатності волокон усіх дев'яти сортів льону олійного було визначено довжину волокон. Довжина волокон цієї культури неоднакова, тому зазвичай за формулою вираховують їх середньоарифметичну довжину. Отримані дані наведені на рис. 4.3.

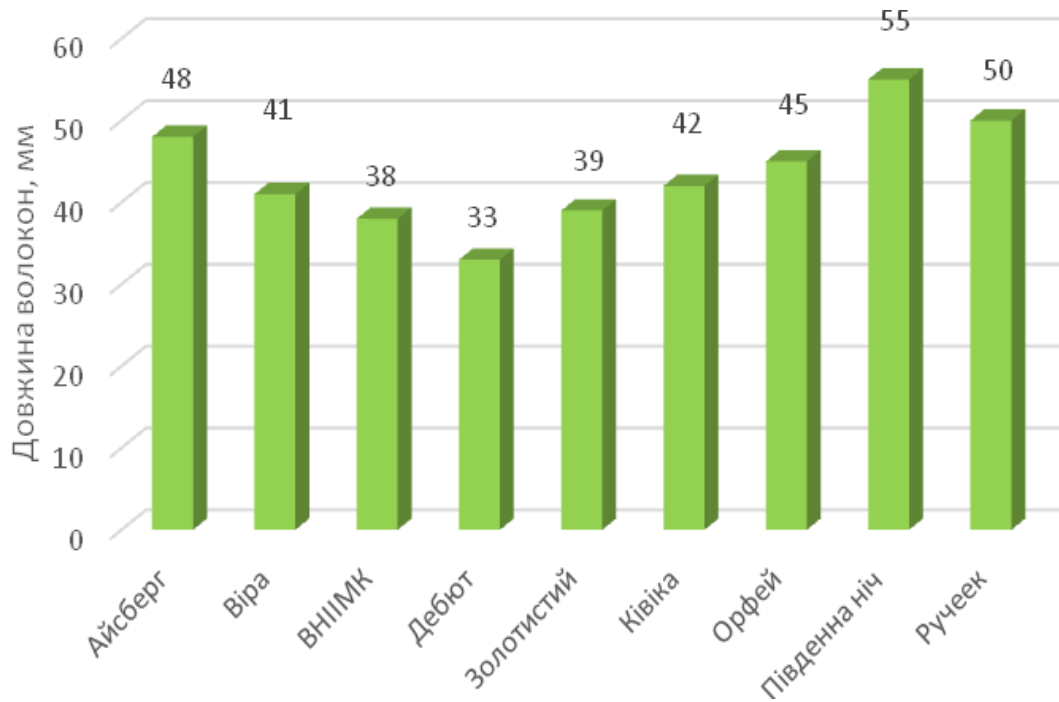


Рис. 4.3. Діаграма середньої довжини волокон льону олійного різних сортів

Аналіз рис. 4.3 свідчить, що середня довжина волокон усіх досліджуваних сортів льону олійного знаходиться в межах 33-55 мм. Найменша середня довжина волокон спостерігається у сорту Дебют – 33 мм, а найбільша, яка дорівнює 55 мм, – у сорту Південна ніч.

Довжина волокон є однією з головних характеристик прядильної здатності, яка зумовлює вибір способу їх прядіння, а також впливає на властивості готової пряжі. Тому, аналізуючи вищевикладене, можна зробити висновок, що середня довжина волокон усіх сортів льону олійного є достатньою для застосування їх у суміші з різними натуральними та хімічними компонентами з метою виготовлення змішаної пряжі.

Для більш детального вивчення волокон, що містяться в стеблах льону олійного, одночасно з визначенням середньої довжини волокон різних сортів цієї культури було досліджено ще один якісний показник – масову частку волокон за довжиною, яка характеризує тонину волокон. Одержані результати подані на рис. 4.4.

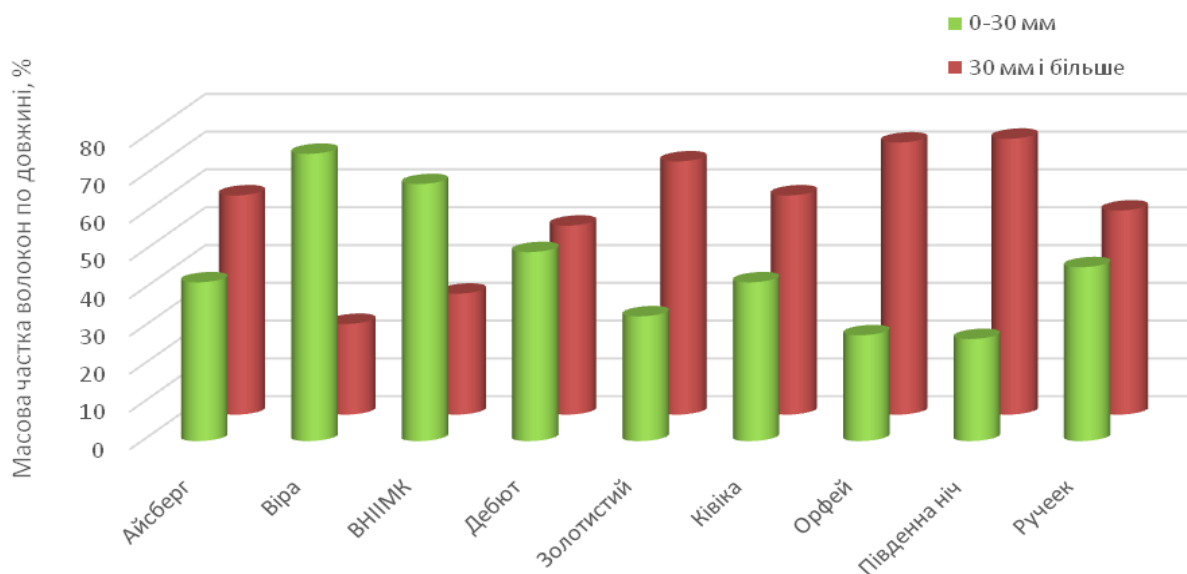


Рис. 4.4. Діаграма розподілу масової частки волокон льону олійного різних сортів за довжиною

Аналізуючи наведені на рис. 4.4 діаграми розподілу за довжиною масової частки волокон льону олійного сортів Айсберг, Віра, ВНІМК, Дебют, Золотистий, Ківіка, Орфей, Південна ніч і Ручеек, можна зробити висновок, що середня масодовжина лляних волокон знаходиться в межах від 30 до 45 мм, тобто в стеблах льону олійного містяться переважно короткі волокна. Ці показники аналогічні середнім статистичним даним для бавовняних волокон, середня довжина яких дорівнює 35-45 мм.

Таким чином, аналіз діаграм, наведених на рис. 4.2-4.4, свідчить, що коротковолокнистий льон олійний усіх сортів має необхідні властивості для застосування в прядильному виробництві.

Узагальнені результати досліджень розподілу волокон льону олійного різних сортів за довжиною подані в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розподіл волокон льону олійного різних сортів за довжиною

Сорти льону олійного	Середня довжина, мм	Масова частка волокон, %	
		група волокон з довжиною 0-30 мм	група волокон з довжиною 30 мм і більше
Айсберг	29,7	42	58
Віра	39,7	76	24
ВНІМК	25,0	68	32
Дебют	29,9	50	50
Золотистий	33,8	33	67
Ківіка	31,8	42	58
Орфей	45,0	28	72
Південна ніч	43,7	27	73
Ручеек	37,5	46	54

Для проведення подальших експериментальних досліджень з метою визначення придатності цієї сировини до створення змішаної пряжі був обраний один сорт льону олійного Віра, який останні декілька років у достатній кількості висівається на полях ДПДГ «Асканійське». Ці дослідження були спрямовані на визначення основних експлуатаційних характеристик волокон, виділених із стебел трести льону олійного даного сорту, для з'ясування можливості їх використання у трикотажних виробках.

4/2/ Дослідження фізико-механічних властивостей волокон льону олійного як компонента змішаної пряжі

Одними з найважливіших товарознавчих характеристик змішаної пряжі є фізико-механічні параметри (експлуатаційні характеристики) її основного компонента – волокон льону олійного: розривне навантаження, довжина, лінійна густина і фактична вологість, які спільно з якісними показниками додаткових компонентів забезпечать комфортність та екологічність майбутніх трикотажних товарів. Дані показники якості волокон льону олійного відіграють важливу роль під час оцінювання експлуатаційних характеристик пряжі, від яких залежить конкурентоспроможність майбутніх трикотажних виробів.

Дослідження фізико-механічних характеристик волокон здійснювали за ДСТУ 5015:2008 «Волокно лляне коротке. Технічні умови» та ТУ У 01.1-3161317547-002:2025 «Волокно льону олійного. Технічні умови» [58, 59].

Для розробки рекомендацій з подальшого використання волокон льону олійного в текстильному виробництві визначали найбільш вагомі показники якості волокон – довжину та лінійну густина. Під час досліджень було виконано детальне розсортування проби волокон за групами довжин та кількістю волокон у групі. Діапазон довжин коливався від 0 до 100 мм. Після цього визначали масу волокон у кожній групі. Результати експериментальних досліджень подані в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Характеристика розподілу за довжиною волокон льону олійного, одержаних зі стебел трести сорту Віра

№ з/п	Інтервал довжин, мм	Середня довжина волокон, мм	Кількість волокон у групі, шт.	Маса волокон у групі, г
1.	0-10	5	2595	0,238
2.	10-20	15	2848	0,373
3.	20-30	25	3510	0,648
4.	30-40	35	3145	0,720
5.	40-50	45	2238	0,675
6.	50-60	55	1943	0,673
7.	60-70	65	1038	0,491
8.	70-80	75	685	0,315
9.	80-90	85	445	0,267
10.	90-100	95	320	0,243
11.	100 та більше	100	475	0,357
Загальне значення			19242	5,000
Середнє арифметичне значення		25-55	1749	0,45

Аналіз даних табл. 4.3 свідчить про те, що волокна льону олійного нерівномірні за довжиною й цей показник коливається від 5 мм до 100 мм і більше. Залежно від довжини та кількості волокон у групі змінюється і їх маса, яка знаходиться в межах від 0,238 г до 0,675 г. Також із таблиці видно, що найбільша кількість волокон має довжину від 20 мм до 60 мм. Отже, у стеблах льону олійного сорту Віра містяться короткі волокна, які

можна рекомендувати для виготовлення не тільки нетканих матеріалів і композитів, а й для одержання змішаної пряжі.

На основі експериментальних даних була побудована діаграма розподілу волокон льону олійного за довжиною з урахуванням їх лінійної густини, яка подана на рис. 4.5.

$$y = 0,7x^4 - 0,5x^3 + 0,003x^2 - 0,134x + 2,353 \quad R^2 = 0,98 \quad (4.1)$$

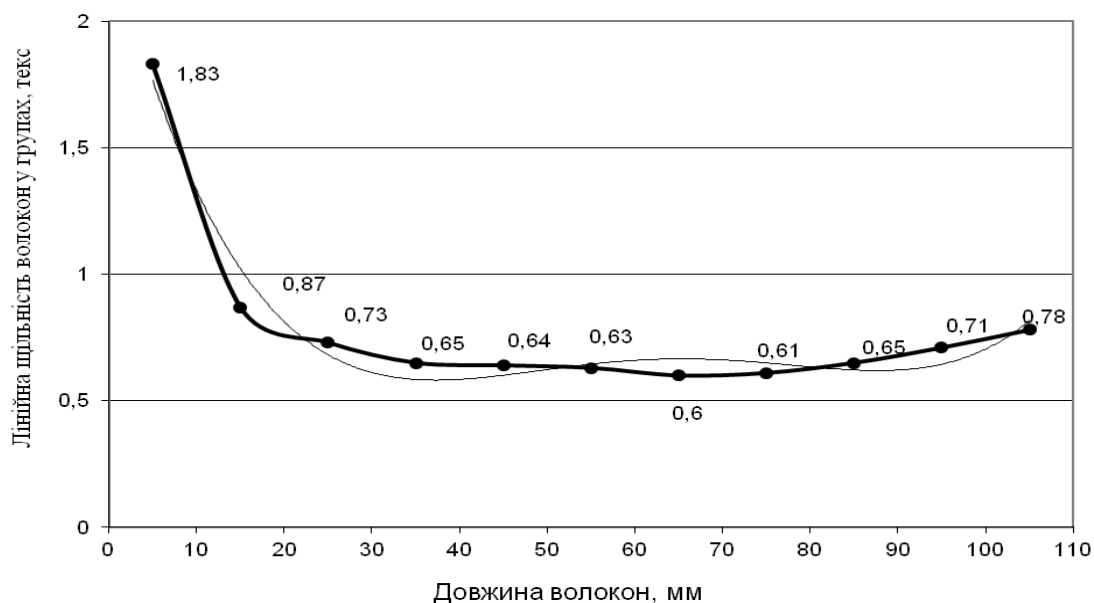


Рис. 4.5. Графік розподілу лінійної густини за довжиною волокон льону олійного сорту Віра

Для більшої достовірності результатів досліджень за даними вищенаведеної діаграми були розраховані похибки визначення лінійної густини, подані в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Лінійна густина волокон льону олійного сорту Віра за довжиною волокон

№ з/п	Інтервал довжин, мм	Лінійна густина, текс	Абсолютне відхилення Δ	Відносне відхилення ϵ , %
1.	0-10	1,83	1,03	128,7
2.	10-20	0,87	0,07	8,7
3.	20-30	0,73	0,07	8,7
4.	30-40	0,65	0,15	18,7
5.	40-50	0,64	0,16	20,0
6.	50-60	0,63	0,17	21,2
7.	60-70	0,60	0,20	25,0
8.	70-80	0,61	0,19	23,7
9.	80-90	0,65	0,15	18,7
10.	90-100	0,71	0,09	11,2
11.	100 та більше	0,78	0,02	2,5
Середнє арифметичне значення		0,80	0,21	26,1

Аналізуючи дані рис. 4.5 та табл. 4.4, можна зробити висновок, що волокна, отримані зі стебел льону олійного сорту Віра, мають практично рівномірну за всією довжиною лінійну густина. Середня тонина цих волокон становить 0,80 текс, тобто дослідний зразок волокон льону олійного має набагато нижчу тонину, ніж технічне волокно льону-довгунця (5,01 текс). Це свідчить про те, що волокно льону олійного з лінійною щільністю 0,9-1,8 текс можна вважати досить тонким волокном і рекомендувати його до використання в текстильній промисловості для виробництва змішаної пряжі. Середнє значення абсолютного відхилення

результатів цих дослідів становить 0,21, а відносного відхилення – 26,1 %, що підтверджує достовірність отриманих даних.

Найбільший вплив на фізико-механічні властивості пряжі має показник розривного навантаження волокна. Тому для перевірки можливості застосування волокон льону олійного в прядінні було досліджено їх розривне навантаження. Повторність дослідів була п'ятиразовою. Отримані дані та результати їх математичної обробки подано в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Розривне навантаження волокон льону олійного, одержаних зі стебел трести сорту Віра

№ з/п	Повторюваність дослідів	Розривне навантаження, даН	Абсолютне відхилення Δ	Відносне відхилення ϵ , %
1.	1	3,7	0,5	11,9
2.	2	4,5	0,3	7,1
3.	3	4,0	0,2	4,8
4.	4	3,9	0,3	7,1
5.	5	4,8	0,6	14,3
Середнє арифметичне значення		4,2	0,4	9,0

Аналіз даних, наведених у табл. 4.5, свідчить, що розривне навантаження волокон, одержаних зі стебел трести льону олійного сорту Віра після обробки на модернізованому куделеприготувальному агрегаті, в середньому дорівнює 4,2 даН. Абсолютне відхилення результатів проведених дослідів становить 0,2-0,6, а відносне відхилення – 7,1-14,3 %, що підтверджує достовірність отриманих даних. Порівняно з волокном

льону-довгунця сорту Чарівний значення розривного навантаження у волокон льону олійного майже в 2,5-3,0 рази менше.

Отже, низькі показники розривного навантаження волокон льону олійного свідчать про те, що самотійне застосування їх у прядінні неможливе. Таким чином, експериментально було підтверджено теоретичне припущення про неможливість виготовлення пряжі з 100 % вмістом волокон льону олійного через низьке значення показника їх розривного навантаження.

Розривне навантаження волокна є однією з найвагоміших характеристик пряжі, отриманої за льонопрядильною або бавовнопрядильною технологією, тому що технологія виготовлення та довговічність пряжі безпосередньо залежать від міцності волокна. Пряжа з високими показниками розривного навантаження переробляється в ткацтві з меншою обривністю, а вироби з неї мають підвищену зносостійкість.

Таким чином, для того щоб підвищити міцність волокон льону олійного та забезпечити можливість їх застосування в прядінні, потрібно композиційно поєднати ці волокна в суміші з іншими натуральними та хімічними волокнами, які мають високі показники розривного навантаження.

Але основним недоліком хімічних волокон є їх низька гігроскопічність при наявності високих значень розривного навантаження. Тому при розробці композицій змішаної пряжі з волокон льону олійного і волокнами других груп необхідно здійснити дослідження гігроскопічних властивостей волокон льону олійного.

У зв'язку з відсутністю нормативно-технічної документації для оцінювання санітарно-гігієнічних властивостей волокон льону олійного гігроскопічні показники цієї сировини потрібно визначати за чинними міждержавними стандартами на волокно льону-довгунця. Дослідження

проводили згідно з ГОСТ 25133-82 (СТ СЭВ 2040-79) «Волокна лубяные. Метод определения влажности». Одержані результати наведені в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 - Фактична вологість волокон льону олійного

№ з/п	Повторюваність дослідів	Фактична вологість, %	Абсолютне відхилення Δ	Відносне відхилення ϵ , %
1.	1	8,6	0	0
2.	2	8,3	0,3	3,5
3.	3	8,9	0,3	3,5
4.	4	8,7	0,1	1,2
Середнє ариф. значення		8,6	0,2	2,1

Аналіз даних табл. 4.6 свідчить про те, що волокно льону олійного має високі показники гігроскопічності, адже середній результат визначення фактичної вологості дорівнює 8,6 %. Цей показник безпосередньо пов'язаний із майбутніми гігієнічними властивостями пряжі, а потім і трикотажних товарів, тому застосування волокон льону олійного в прядінні дає можливість зберегти їх гігієнічні властивості за рахунок використання цих волокон у суміші з іншими натуральними та хімічними волокнами. Середнє значення абсолютного відхилення результатів проведених дослідів становить 0,2, а відносного відхилення – 2,1 %, що свідчить про високу достовірність отриманих даних.

Таким чином, під час товарознавчого оцінювання властивостей волокон льону олійного були визначені вміст волокна в стеблах, а також довжина, розривне навантаження, лінійна густина та фактична вологість цих волокон. Аналізуючи отримані результати досліджень, можна зробити висновок, що волокна льону олійного мають низькі показники розривного навантаження та високі показники гігроскопічності. Це дозволяє стверджувати про можливість застосування їх у прядінні в суміші з іншими

волокнами, які б одночасно підвищували міцність та не шкодили гігієнічним властивостям волокон льону олійного.

З метою підвищення фізико-механічних показників, особливо розривного навантаження, майбутньої пряжі на основі волокон льону олійного під час подальших експериментальних досліджень було виявлено вплив додаткових компонентів – натуральних і хімічних волокон – на розривне навантаження та вологопоглинання змішаної пряжі.

4/3/ Дослідження впливу волокнистих компонентів на зміну розривного навантаження та вологопоглинання змішаної пряжі

У лабораторних умовах ХНТУ були виготовлені зразки сумішей натуральних і хімічних волокон із волокном льону олійного в різному відсотковому співвідношенні. Їх використовували для визначення впливу цих волокнистих компонентів з різним відсотковим вмістом на зміну розривного навантаження та вологопоглинання змішаної пряжі.

За результатами аналізу літературних джерел та вивчення існуючих ринків волокнистої сировини, що зазвичай використовується в текстильній промисловості в суміші з льоном, для подальших досліджень були обрані три види хімічних волокнистих складових: поліефірне, поліакрилонітрильне та поліамідне волокна (рис. 4.6) і два види натуральних компонентів: бавовняне та вовняне волокна (рис. 4.7) [43, 76].



льон олійний-нітрон



льон олійний-лавсан



льон олійний-капрон

Рис. 4.6. Змішана пряжа на основі льону олійного з хімічними волокнами



льон олійний-вовна



льон олійний-бавовна

Рис. 4.7. Змішана пряжа на основі льону олійного з натуральними волокнами

Для того, щоб визначити краще відсоткове співвідношення й волокнистий склад сумішей волокон льону олійного з іншими натуральними та хімічними волокнами й виявити можливості їх використання для створення нового асортименту змішаної пряжі, у даній роботі були проведені детальні дослідження розривного навантаження та вологопоглинання різних варіантів волокнистих сумішей.

За відсутності нормативних документів для визначення якісних показників сумішей льону олійного з натуральними та хімічними волокнами використовували ГОСТи й ДСТУ на змішану пряжу та волокно льону-довгунця й бавовни: ГОСТ Р 51703-2001 «Пряжа смешанная из смеси хлопкового, льняного и химического волокна. Технические условия.» , ДСТУ 5015:2008 «Волокно лляне коротке. Технічні умови», ТУ У 01.1-3161317547-002:2025 «Волокно льону олійного. Технічні умови», ГОСТ 10078-85 «Пряжа чистольняная, льняная и льняная с химическими волокнами. Общие технические условия» та ГОСТ 6611.2-73 «Нити текстильные. Методы определения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве».

Під час попередніх досліджень було встановлено, що середнє розривне навантаження волокон льону олійного становить 4,2 даН. Потім були відібрані проби волокон льону олійного сорту Віра й змішані в різному відсотковому співвідношенні з натуральними та хімічними

волокнами за допомогою стрічкоутворювача ЛО-2. Після формування стрічок із суміші короткого волокна льону олійного з хімічними та натуральними волокнами визначали їх розривне навантаження на динамометрі ДКВ-60.

Результати експерименту оброблялися згідно з нормативними документами. Середні показники розривного навантаження змішаної пряжі наведені в табл. 4.7-4.11.

Таблиця 4.7 – Розривне навантаження змішаної пряжі з волокнами льону олійного та бавовняного волокна, даН

№ з/п	Відсотковий вміст компонентів суміші					
	льон 10% бавовна 90%	льон 20% бавовна 80%	льон 30% бавовна 70%	льон 40% бавовна 60%	льон 50% бавовна 50%	льон 60% бавовна 40%
1.	4,5	6,5	6,0	7,0	6,0	7,0
2.	4,3	6,7	7,0	8,5	6,8	6,8
3.	5,5	7,0	5,5	7,8	5,8	6,5
4.	5,0	6,8	6,5	8,0	6,5	6,0
5.	5,3	7,5	6,0	6,9	6,3	5,6
Сер.	4,9	6,9	6,2	7,6	6,3	6,4
Δ	0,4	0,3	0,4	0,6	0,3	0,5
ε, %	8,2	4,3	6,5	7,9	4,8	7,8

Аналізуючи дані табл. 4.7, можна відзначити, що при додаванні до волокон льону олійного бавовняного волокна міцність пряжі істотно змінюється. Це пов'язано з дуже різною поведінкою волокон у момент розриву, оскільки волокно бавовни ще подовжується тоді, коли волокно льону олійного вже рветься, тому що воно має дуже низьку міцність. Однак, як видно з табл. 4.7, при додаванні в суміш до волокон льону

олійного бавовняного волокна розривне навантаження пряжі значно збільшується, досягаючи максимального значення 7,6 даН при відсотковому співвідношенні компонентів 40/60. Абсолютне відхилення результатів цих дослідів становить 0,3-0,6, а відносне відхилення – 4,3-8,2 %, що свідчить про достовірність отриманих даних. Тому можна зробити висновок, що при застосуванні бавовняного волокна в суміші з волокнами льону олійного міцність пряжі зростає, до того ж, в поєднанні двох волокнистих компонентів рослинного походження екологічність та натуральність суміші становить 100 % .

Таблиця 4.8 – Розривне навантаження змішаної пряжі з волокон льону олійного та вовняного волокна, даН

№ з/п	Відсотковий вміст компонентів суміші					
	льон 10% вовна 90 %	льон 20% вовна 80%	льон 30% вовна 70%	льон 40% вовна 60%	льон 50% вовна 50%	льон 60% вовна 40%
1.	10,5	9,0	7,3	7,0	6,5	5,8
2.	10,0	8,5	7,5	6,0	7,0	7,0
3.	9,5	9,0	6,5	7,5	6,0	6,8
4.	11,0	7,8	7,4	6,7	6,8	5,5
5.	9,8	8,0	7,9	7,4	7,1	6,5
Сер.	10,2	8,5	7,3	6,9	6,7	6,3
Δ	0,5	0,4	0,3	0,5	0,3	0,5
ε, %	4,9	4,7	4,1	7,2	4,5	7,9

Аналіз даних табл. 4.8 свідчить, що чим більше відсотковий вміст волокон вовни в композиційній суміші, тим більше розривне навантаження змішаної пряжі. Це пояснюється тим, що маючи хвилеподібну структуру, вовняне волокно зчіплюється з волокнами льону

олійного в щільну стрічку, надаючи їй більшої міцності. Порівнюючи між собою розривне навантаження сумішей волокон льону олійного з бавовною та вовною, слід зазначити, що суміш льону з вовняним волокном набагато міцніше, ніж суміш льону олійного з бавовною. Однак поєднання таких різних за своїм походженням натуральних компонентів з часом може спричинити зменшення товщини виробів унаслідок додавання вовни. Також, на відміну від бавовняного волокна, волокно вовни чутливе до дії лугів, вибілювачів, спеки та сонячного світла. Абсолютне відхилення в цій серії дослідів становить 0,3-0,5, а відносне відхилення – 4,1-7,9 %, що свідчить про достовірність отриманих результатів.

Таблиця 4.9 – Розривне навантаження змішаної пряжі з волокон льону олійного та поліефірного волокна, даН

№ з/п	Відсотковий вміст компонентів суміші					
	льон 10% лавсан 90%	льон 20% лавсан 80%	льон 30% лавсан 70%	льон 40% лавсан 60%	льон 50% лавсан 50%	льон 60% лавсан 40%
1.	14,5	12,5	11,2	12,6	11,5	10,0
2.	14,3	13,0	12,0	11,8	11,5	9,5
3.	15,0	12,5	12,5	12,7	11,2	9,0
4.	14,0	12,6	10,9	12,9	11,1	10,0
5.	14,8	12,0	10,5	13,0	11,2	9,1
Сер.	14,5	12,5	11,4	12,6	11,3	9,5
Δ	0,3	0,2	0,7	0,3	0,2	0,4
ε, %	2,1	1,6	6,1	2,4	1,8	4,2

Аналіз даних табл. 4.9 свідчить, що при додаванні до волокон льону олійного поліефірного волокна міцність пряжі істотно зростає. Розривне навантаження змішаної пряжі з різним відсотковим вмістом

компонентів коливається в межах 9,5-14,5 даН. Це пов'язано з тим, що лавсан має високу міцність при розтягуванні в сухому та мокрому вигляді. Поліефірні волокна мають більш високу пружність та стійкість до стирання, ніж лляне волокно, тому додавання їх до волокон льону олійного спричиняє меншу зминальність виробів із суміші цих волокон. Використання льоно-лавсанової пряжі покращує споживні властивості тканини, забезпечує її міцність і стійкість до згинання та стирання. Абсолютне відхилення цієї серії дослідів становить 0,2-0,7, а відносне відхилення – 1,6-6,1 %, що свідчить про високу достовірність отриманих результатів.

Таблиця 4.10 – Розривне навантаження змішаної пряжі з волокон льону олійного та поліамідного волокна, даН

№ з/п	Відсотковий вміст компонентів суміші					
	льон 10% капрон 90%	льон 20% капрон 80%	льон 30% капрон 70%	льон 40% капрон 60%	льон 50% капрон 50%	льон 60% капрон 40%
1.	14,5	15,0	13,8	13,2	12,5	10,5
2.	14,8	14,0	14,5	13,0	12,0	10,0
3.	15,5	14,5	14,0	12,5	12,2	9,5
4.	15,0	14,6	13,5	12,0	11,0	10,0
5.	15,6	15,3	13,0	12,0	11,5	10,2
Сер.	15,1	14,7	13,8	12,5	11,8	10,0
Δ	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,2
ε, %	2,6	2,7	2,9	3,2	4,2	2,0

Експериментальні дані, наведені в табл. 4.10, свідчать, що зі збільшенням вмісту поліамідних волокон у суміші з волокнами льону олійного розривне навантаження змішаної пряжі зростає й становить 10,0-

15,1 даН. Це відбувається тому, що маючи дуже велике розривне навантаження, волокна капрону надають льоно-капроновій пряжі більшої міцності, тим самим покращуючи фізико-механічні властивості виробів із такої композиційної суміші. Однак під дією світлопогоди тканини з додаванням капрону швидше втрачають міцність, ніж тканини з льону. Отже, льоно-капронова пряжа, яка складається з двох різних за якісними показниками волокнистих компонентів, буде згодом втрачати свою міцність [36]. Оскільки волокна льону олійного і так мають низькі показники розривного навантаження, то додавання капрону може виправити цей недолік тільки на деякий час. У цій серії дослідів абсолютне відхилення становить 0,2-0,5, а відносне відхилення – 2,0-4,2 %, що свідчить про високу достовірність отриманих результатів.

Таблиця 4.11 – Розривне навантаження змішаної пряжі з волокон льону олійного та поліакрилонітрильного волокна, даН

№ з/п	Відсотковий вміст компонентів суміші					
	льон 10% нітрон 90%	льон 20% нітрон 80%	льон 30% нітрон 70%	льон 40% нітрон 60%	льон 50% нітрон 50%	льон 60% нітрон 40%
1.	7,5	7,1	6,5	6,9	6,3	5,2
2.	7,0	7,5	6,0	7,3	6,1	5,0
3.	8,0	6,5	7,5	7,8	7,2	5,9
4.	8,5	6,8	7,0	7,4	7,4	6,0
5.	7,0	7,0	7,4	7,6	6,7	5,5
Сер.	7,6	7,0	6,9	7,4	6,7	5,5
Δ	0,5	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3
ε, %	6,6	4,3	7,2	2,7	6,0	5,5

Аналіз даних табл. 4.11 свідчить, що використання поліакрилонітрильних волокон у композиційній суміші з волокнами льону олійного сприяє підвищенню показника розривного навантаження змішаної пряжі, хоча міцність і стійкість до стирання нітрону нижча, ніж капрону та лавсану. Також особливістю поліакрилонітрильного волокна є відсутність пілінгу, що дозволяє одержати трикотажні полотна з великими перекриттями без необхідності міцного закріплення волокон. Абсолютне відхилення в цій серії дослідів становить 0,2-0,5, а відносне відхилення – 2,7-7,2 %, що свідчить про достовірність отриманих даних.

Узагальнені результати експериментальних досліджень з визначення розривного навантаження всього асортименту змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з різним відсотковим співвідношенням компонентів подано на рис. 4.8.

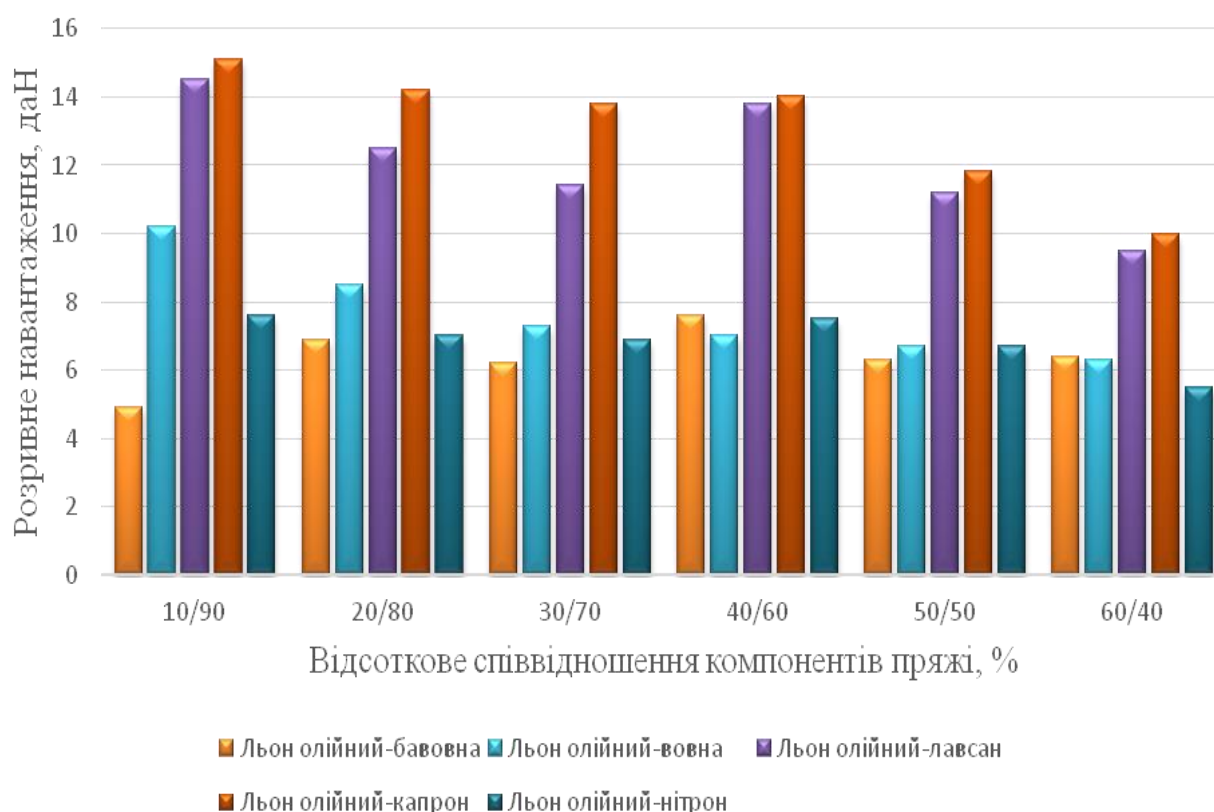


Рис. 4.8. Діаграма показників розривного навантаження змішаної пряжі з різним відсотковим співвідношенням компонентів.

Аналіз наведеної на рис. 4.8 діаграми показників розривного навантаження змішаної пряжі дозволяє зробити висновок, що її міцність підвищується при додаванні до волокон льону олійного всіх натуральних та хімічних волокнистих складових. Таким чином, результати визначення розривного навантаження змішаної пряжі на основі волокон льону олійного свідчать про недоцільність застосування в прядильному виробництві чистолляної пряжі, оскільки вона має низьку міцність.

Під час подальших досліджень властивостей сумішей волокон льону олійного з іншими натуральними та хімічними волокнами визначали вологопоглинання цих сумішей, тобто кількість води, яка вбереться за 30 хв. змішаною пряжею з різним відсотковим співвідношенням волокнистих компонентів. Щоб мати наукове підґрунтя для розробки оптимального складу змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням натуральних та хімічних волокон, було вивчено динаміку процесу вологопоглинання.

Для цього з інтервалом часу в 5 хвилин визначали фактичну вологість усіх досліджуваних зразків змішаної пряжі на основі волокон льону олійного. Максимальне зволоження досягалося вже за 15 хвилин.

Отримані результати у вигляді середніх значень фактичної вологості пряжі з різним відсотковим співвідношенням натуральних і хімічних волокон наведені в табл. 4.12-4.16.

Таблиця 4.12 – Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та бавовняного волокна від терміну вологопоглинання

Термін вологопоглинання, хв	Фактична вологість пряжі з відсотковим вмістом компонентів, %					
	льон 10% бавовна 90%	льон 20% бавовна 80%	льон 30% бавовна 70%	льон 40% бавовна 60%	льон 50% бавовна 50%	льон 60% бавовна 40%
0	8,6	8,8	9,3	9,5	9,6	9,7
5	192,2	223,5	257,1	269,7	280,4	283,2
10	286,5	304,0	350,4	364,7	369,0	371,2
15	323,1	351,8	377,0	386,0	389,5	393,9
20	323,8	352,1	377,6	386,2	389,8	394,3
25	324,0	352,2	377,9	386,4	390,0	394,7
30	324,1	352,4	378,0	386,5	390,2	394,9

Таблиця 4.13 – Залежність фактичної вологості пряжі з волокон льону олійного та вовняного волокна від терміну вологопоглинання

Термін вологопоглинання, хв	Фактична вологість пряжі з відсотковим вмістом компонентів, %					
	льон 10% вовна 90%	льон 20% вовна 80%	льон 30% вовна 70%	льон 40% вовна 60%	льон 50% вовна 50%	льон 60% вовна 40%
0	13,6	13,4	12,9	12,5	12,2	11,8
5	354,1	343,6	320,8	312,6	306,9	295,5
10	478,9	462,7	459,3	443,1	418,6	410,9
15	519,5	513,0	510,5	502,6	498,0	491,2
20	519,9	513,1	510,8	502,8	498,2	491,7
25	520,0	513,1	511,0	503,0	498,4	491,9
30	520,2	513,3	511,0	503,2	498,5	492,0

Аналізуючи дані, наведені в табл. 4.12 і 4.13, можна зробити висновок, що вологопоглинання пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням інших натуральних волокон з часом збільшується. Однак показники фактичної вологості сумішей льон олійний – вовна значно перевищують аналогічні показники для сумішей льон олійний – бавовна. Це зумовлено тим, що вовняне волокно набагато швидше вбирає вологу порівняно з бавовною. Тому в суміші льону олійного з вовною краще вологопоглинання, ніж у суміші льону олійного з бавовною.

Для вибору оптимального відсоткового співвідношення волокон льону олійного з волокнами вовни та бавовни на основі одержаних даних були побудовані діаграми залежності фактичної вологості змішаної пряжі від терміну вологопоглинання (рис. 4.9, 4.10), які з найбільшою точністю відображають перебіг процесу вологопоглинання та характер його зміни.

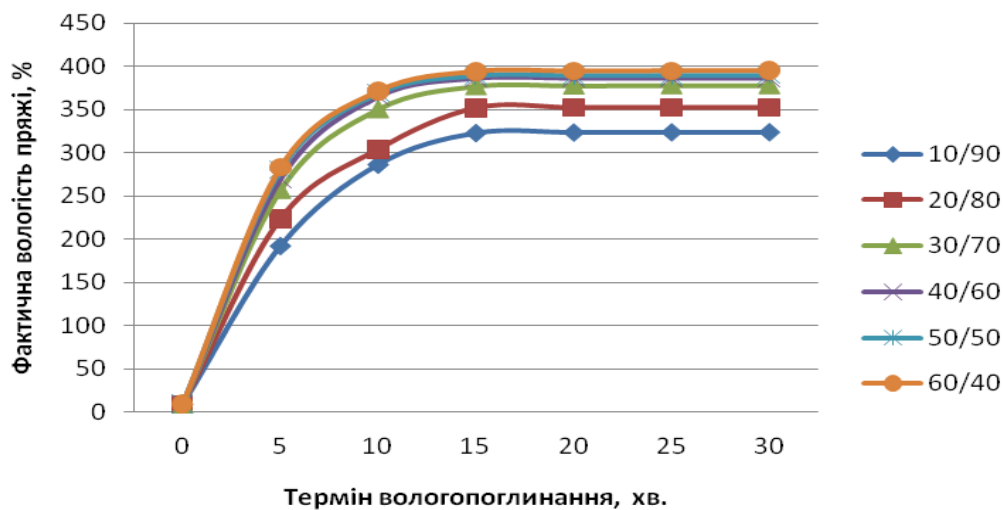


Рис. 4.9. Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та бавовни від терміну вологопоглинання

$$y = -432,8x^3 + 886,0x^2 - 529,8x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.2)$$

$$y = -389,0x^3 + 809,9x^2 - 488,0x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.3)$$

$$y = -349,4x^3 + 759,2x^2 - 354,9x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.4)$$

$$y = -288,0x^3 + 876,3x^2 - 389,3x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.5)$$

$$y = -300,6x^3 + 626,9x^2 - 376,0x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.6)$$

$$y = -208,4x^3 + 466,4x^2 - 287,9x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.7)$$

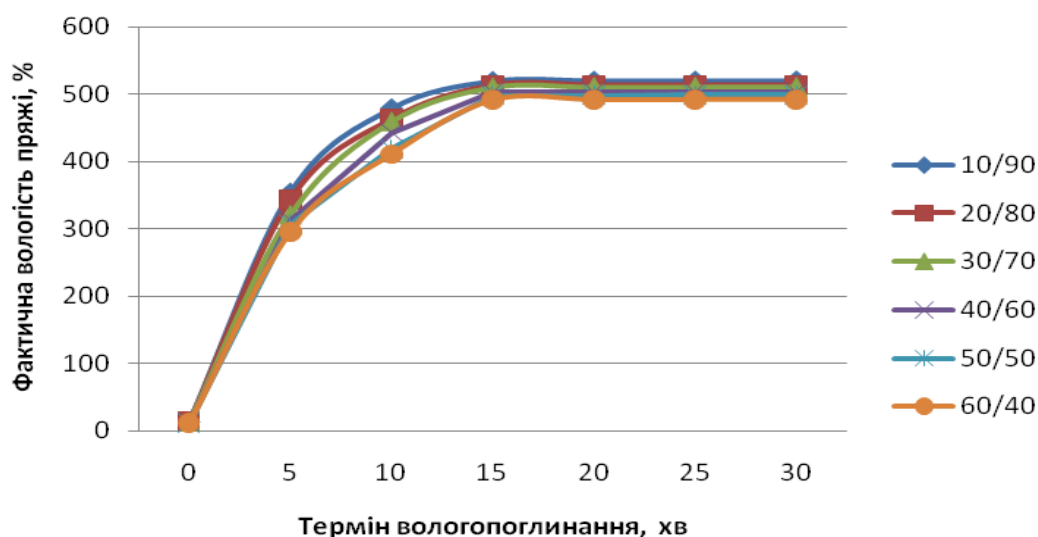


Рис. 4.10. Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та вовни від терміну вологопоглинання

$$y = -501,1x^3 + 1042x^2 - 626,5x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.8)$$

$$y = -483,4x^3 + 1003x^2 - 601,4x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.9)$$

$$y = -483,4x^3 + 1003x^2 - 601,4x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.10)$$

$$y = -393,6x^3 + 850,8x^2 - 519,3x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.11)$$

$$y = -402,4x^3 + 840,6x^2 - 503,8x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.12)$$

$$y = -370,2x^3 + 782,9x^2 - 471,7x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.13)$$

Аналізуючи наведені на рис. 4.9 і 4.10 діаграми залежності фактичної вологості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням інших натуральних волокон від терміну вологопоглинання, можна зробити висновок, що процес вологопоглинання в обох варіантах відбувається майже однаково, тобто з додаванням натуральних волокон у суміш гігроскопічність змішаної пряжі підвищується. Результати дослідження процесу вологопоглинання свідчать, що максимальна вологість змішаної пряжі на основі волокон льону олійного досягається вже через 15 хвилин її зволоження в кліматичній камері з відсотковою вологістю 100%.

Під час обох досліджень були одержані результати, за якими видно, що під час додавання до волокна льону олійного інших натуральних волокон санітарно-гігієнічні показники змішаної пряжі лише покращуються.

Математична модель опису зміни вологопоглинання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з натуральними волокнами описано рівняннями регресії (4.2-4.13).

Таблиця 4.14 – Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та поліефірного волокна від терміну вологопоглинання

Термін вологопоглинання, хв	Фактична вологість пряжі з відсотковим вмістом компонентів, %					
	льон 10% лавсан 90%	льон 20% лавсан 80%	льон 30% лавсан 70%	льон 40% лавсан 60%	льон 50% лавсан 50%	льон 60% лавсан 40%
0	4,0	4,3	4,4	4,8	4,6	4,6
5	135,0	147,2	143,2	163,7	154,8	151,0
10	152,2	160,7	169,5	181,0	176,1	177,5
15	186,8	184,2	193,0	197,6	195,0	196,1
20	186,9	184,8	193,2	197,8	195,3	196,3
25	187,0	184,9	193,4	198,0	195,5	196,5
30	187,2	185,0	193,4	198,1	195,6	196,7

Дані табл. 4.14 свідчать про те, що збільшення вмісту лавсану в суміші з волокном льону олійного призводить до зниження гігроскопічності змішаної пряжі, адже гігієнічні властивості синтетичних волокон, особливо поліефірного волокна, характеризуються невеликими показниками. Тому, з огляду на погіршення гігієнічних властивостей, цю пряжу доцільно рекомендувати для виробництва трикотажних виробів, які не контактують з тілом людини.

Додавання лавсанового волокна в суміш навіть у невеликій кількості сприяє покращенню процесу прядіння волокон льону олійного, при цьому критично не впливаючи на їх гігієнічні показники. Тому це волокно доцільно застосовувати не тільки для одержання пряжі з новими покращеними властивостями, а й для поліпшення технологічного процесу прядіння.

Таблиця 4.15 – Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та поліамідного волокна від терміну вологопоглинання

Термін вологопоглинання, хв	Фактична вологість пряжі з відсотковим вмістом компонентів, %					
	льон 10%	льон 20%	льон 30%	льон 40%	льон 50%	льон 60%
	капрон 90%	капрон 80%	капрон 70%	капрон 60%	капрон 50%	капрон 40%
0	4,0	4,2	4,6	5,2	4,9	5,4
5	116,7	118,2	120,5	131,1	128,4	140,5
10	163,5	166,8	172,0	193,3	187,6	203,6
15	186,0	192,1	195,3	206,0	200,0	210,5
20	186,6	192,4	195,8	206,4	200,2	210,7
25	186,8	192,7	195,9	206,6	200,5	211,1
30	187,0	192,8	196,3	206,7	200,5	211,3

Аналіз даних табл. 4.15 свідчить, що чим більший відсотковий вміст волокон льону олійного в суміші, тим кращий показник вологопоглинання має змішана пряжа. Отже, використання поліамідного волокна в суміші з волокном льону олійного погіршує гігієнічні властивості змішаної пряжі.

Таблиця 4.16 – Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та поліакрилонітрильного волокна від терміну вологопоглинання

Термін вологопоглинання, хв	Фактична вологість пряжі з відсотковим вмістом компонентів, %					
	льон 10% нітрон 90%	льон 20% нітрон 80%	льон 30% нітрон 70%	льон 40% нітрон 60%	льон 50% нітрон 50%	льон 60% нітрон 40%
0	5,3	5,4	5,6	5,7	5,8	5,9
5	117,4	122,5	127,9	126,1	130,4	137,1
10	180,2	194,5	206,5	211,4	215,7	210,2
15	210,0	223,3	243,0	249,8	248,2	246,4
20	210,6	223,5	243,2	249,9	248,6	246,8
25	210,8	224,1	243,4	250,1	248,9	247,0
30	210,8	224,5	243,5	250,1	249,2	247,0

Результати дослідження процесу вологопоглинання сумішей з різним відсотковим співвідношенням волокон льону олійного та нітрон, наведені в табл. 4.16, свідчать, що гігроскопічні показники змішаної пряжі підвищуються зі збільшенням терміну вологопоглинання та вмісту лляного волокна в суміші. Крім того, завдяки високим гігроскопічним властивостям волокон льону олійного та теплозахисним властивостям поліакрилонітрилу, які відповідають показникам вовняного волокна, дана пряжа є гідною альтернативою наявній сировинній базі текстильної промисловості, що дозволить знизити собівартість майбутніх трикотажних виробів.

Порівнюючи показники вологопоглинання сумішей волокон льону олійного з хімічними волокнами, можна зробити висновок, що майбутні

льоно-нітронові полотна краще, ніж льоно-лавсанові та льоно-капронові, поглинають і віддають вологу, тобто характеризуються високою гігієнічністю.

Для того, щоб детально проаналізувати вплив відсоткового вмісту хімічних складових льоновмісної пряжі на перебіг процесу вологопоглинання, були побудовані діаграми залежності фактичної вологості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного від терміну вологопоглинання, наведені на рис. 4.11-4.13. Математична модель опису зміни вологопоглинання від часу змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з хімічними волокнами описано рівняннями регресії (4.14-4.31).

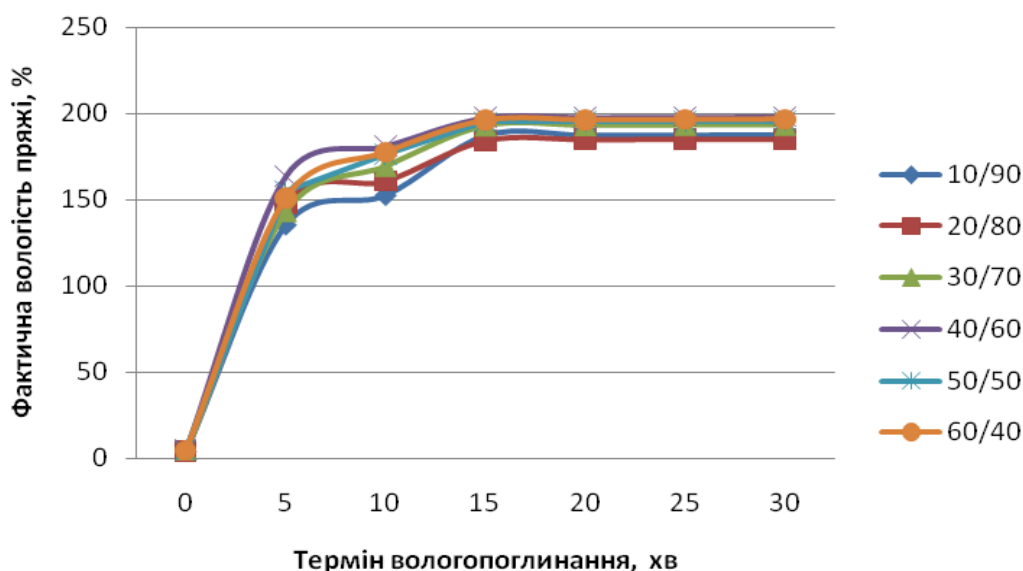


Рис. 4.11. Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та лавсану від терміну вологопоглинання

$$y = -317,7x^3 + 610,2x^2 - 353,5x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.14)$$

$$y = -269,8x^3 + 527,7x^2 - 308,4x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.15)$$

$$y = -259,6x^3 + 514,2x^2 - 310,1x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.16)$$

$$y = -250,3x^3 + 490,2x^2 - 286,5x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.17)$$

$$y = -286,2x^3 + 546,5x^2 - 315,2x \quad R^2 = 0,98 \quad (4.18)$$

$$y = -245,1x^3 + 471,0x^2 - 272,1x \quad R^2 = 0,98 \quad (4.19)$$

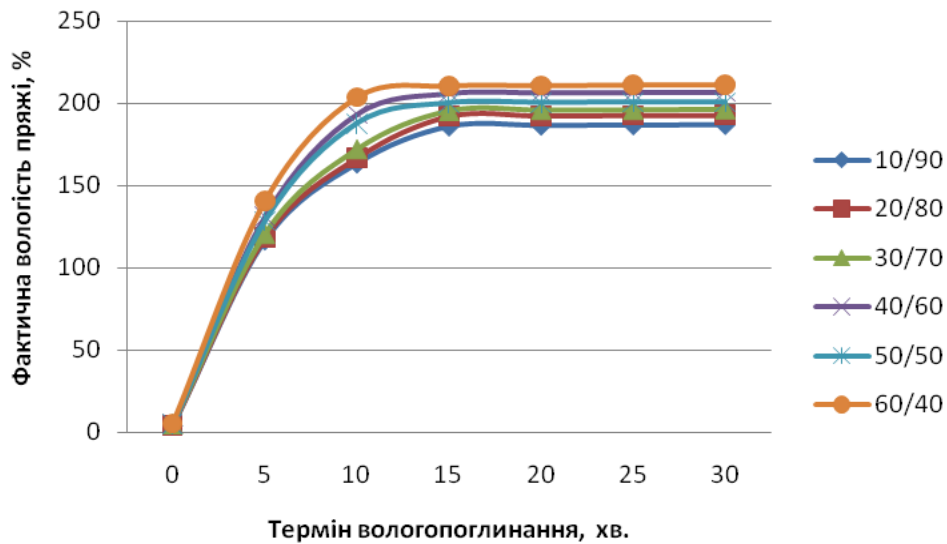


Рис. 4.12. Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та капрону від терміну вологопоглинання

$$y = -176,2x^3 + 384,3x^2 - 236,4x \quad R^2 = 1 \quad (4.20)$$

$$y = -154,6x^3 + 341,8x^2 - 211,2x \quad R^2 = 1 \quad (4.21)$$

$$y = -154,9x^3 + 340,2x^2 - 209,7x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.22)$$

$$y = -148,3x^3 + 319,3x^2 - 194,6x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.23)$$

$$y = -148,3x^3 + 316,9x^2 - 192,7x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.24)$$

$$y = -151,3x^3 + 321,1x^2 - 195,0x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.25)$$

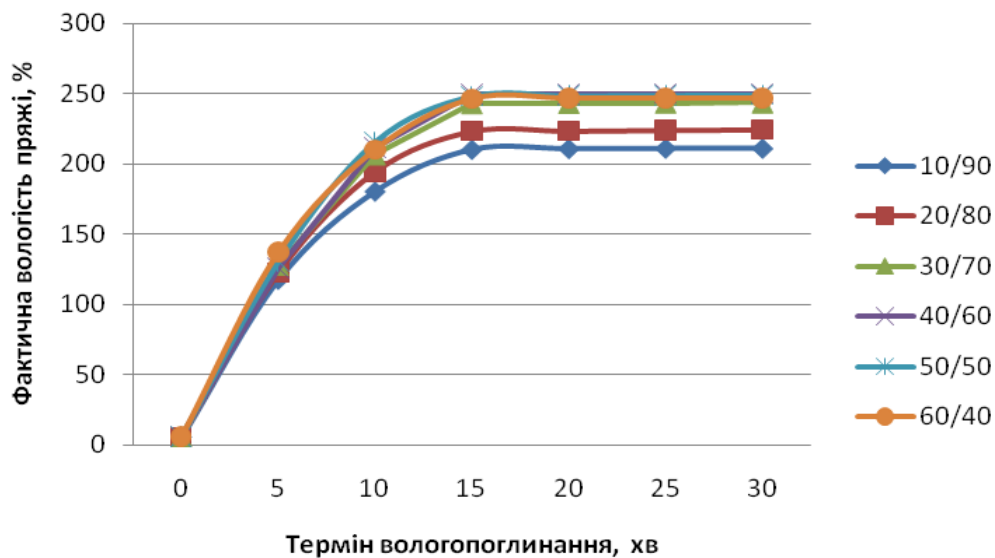


Рис. 4.13. Залежність фактичної вологості змішаної пряжі з волокон льону олійного та нітрону від терміну вологопоглинання

$$y = -94,74x^3 + 246,0x^2 - 160,5x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.26)$$

$$y = -132,2x^3 + 305,5x^2 - 191,0x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.27)$$

$$y = -130,0x^3 + 300,1x^2 - 185,3x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.28)$$

$$y = -100,5x^3 + 250,8x^2 - 161,2x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.29)$$

$$y = -105,5x^3 + 255,8x^2 - 162,9x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.30)$$

$$y = -113,1x^3 + 261,5x^2 - 163,3x \quad R^2 = 0,99 \quad (4.31)$$

Таким чином, дослідження зміни відносної вологості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням хімічних волокон показали, що застосування нітрону, капрону та лавсану в суміші з льоном олійним дозволяє підвищити розривне навантаження та гігроскопічність отриманої пряжі.

Усі результати досліджень розривного навантаження та вологопоглинання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням натуральних і хімічних волокон у різному відсотковому співвідношенні покладено в основу математичного планування експерименту з метою отримання змішаної пряжі з оптимальним відсотковим вмістом та складом, придатної для виробництва трикотажних виробів.

4/4/ Визначення оптимального вмісту і складу змішаної пряжі методом математичного планування експерименту

Для визначення оптимального відсоткового вмісту волокон льону олійного та додаткових волокон в змішаній пряжі був використаний метод математичного планування експерименту. Результати проведених досліджень були математично оброблені за допомогою програмних пакетів: Mathcad 13, CurvExpert 1.4. На основі одержаних даних були проведені математичні розрахунки для вибору найкращої функції, яка з

найбільшою точністю відображає залежність відсоткового вмісту змішаної пряжі на фізико-механічні та гігроскопічні параметри отриманого напівфабрикату. Були обрані найкращі моделі за характеристиками точності, для яких були проведені розрахунки для встановлення адекватності, тобто відповідності моделі досліджуваному процесу [67-69].

У результаті математичної обробки експериментальних даних, одержаних під час дослідження впливу відсоткового вмісту змішаної пряжі на розривне навантаження та вологопоглинання льоно-бавовняної, льоно-вовняної, льоно-лавсанової, льоно-капронової та льоно-нітронової пряжі було отримано десять математичних моделей, сім з яких мали достатньо високий коефіцієнт кореляції ($r > 0,92$) та мінімальне середньоквадратичне відхилення (S), які є достатніми для проведення математичних розрахунків. Усі моделі наведені в табл. 4.17.

Таблиця 4.17 – Математичні моделі впливу відсоткового вмісту змішаної пряжі на розривне навантаження та вологопоглинання

Змішана пряжа	Функція	Коефіцієнт кореляції, r	Середнє квадратичне відхилення, S
Льон олійний-бавовна	Hoerl Model 1. $y_{pl}^{l-b}(x) = 1.45 \cdot 0.98^x \cdot x^{0.616}$	0,697	0,715
	Logistic Model 2. $y_{eml}^{l-b}(x) = \left(\frac{397.26995}{1 + 0.4532e^{-0.6658x}} \right)$	0,997	2,594
Льон олійний-вовна	Reciprocal Logarithm 1. $y_{pl}^{l-g}(x) = \frac{1}{0.02189 + 0.033041n(x)}$	0,931	0,531
	Geometric Fit 2. $y_{eml}^{l-g}(x) = (521.98773x^{-0.0002456x})$	0,995	1,125
Льон олійний-лавсан	Heat Capacity Model 1. $y_{pl}^{l-l}(x) = 13.626 - 0.0567x + \frac{132.317}{x^2}$	0,864	0,834
	Sinusoidal Fit	0,925	3,262

	2. $y_{enl}^{l-l}(x) = 191.74 + 6.124 \cos(0.09x + 1.948)$		
Льон олійний- капрон	Quadratic Fit 1. $y_{pl}^{l-k}(x) = 15.464 - 0.0233x - 0.00109x^2$	0,963	0,512
	Лінійна функція 2. $y_{enl}^{l-k}(x) = (182.627 + 0.4483x)$	0,926	3,810
Льон олійний- нітрон	Поліноміальна функція 1. $y_{pl}^{l-n}(x) = 9.56 - 0.282x + 0.009x^2 - 0.0001x^3$	0,811	0,508
	MMF Model 2. $y_{enl}^{l-n}(x) = \frac{208.9294662983 \cdot 2 + 249.1x^{5.0036}}{4662983 \cdot 2 + x^{5.0036}}$	0,994	2,889

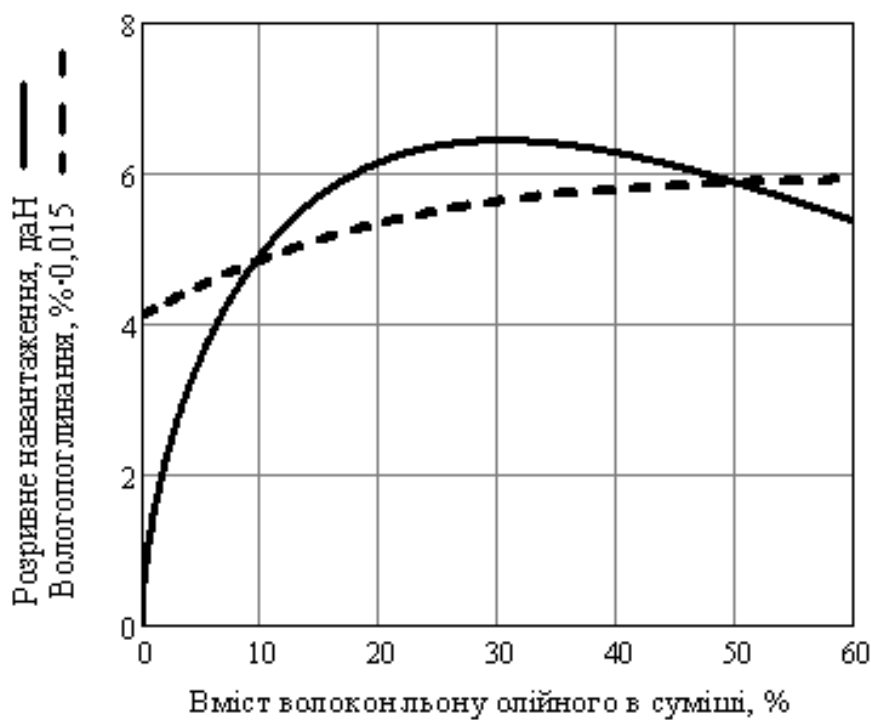


Рис. 4.14. Залежність вологопоглинання та розривного навантаження від вмісту волокон льону олійного в льоно-бавовняній пряжі

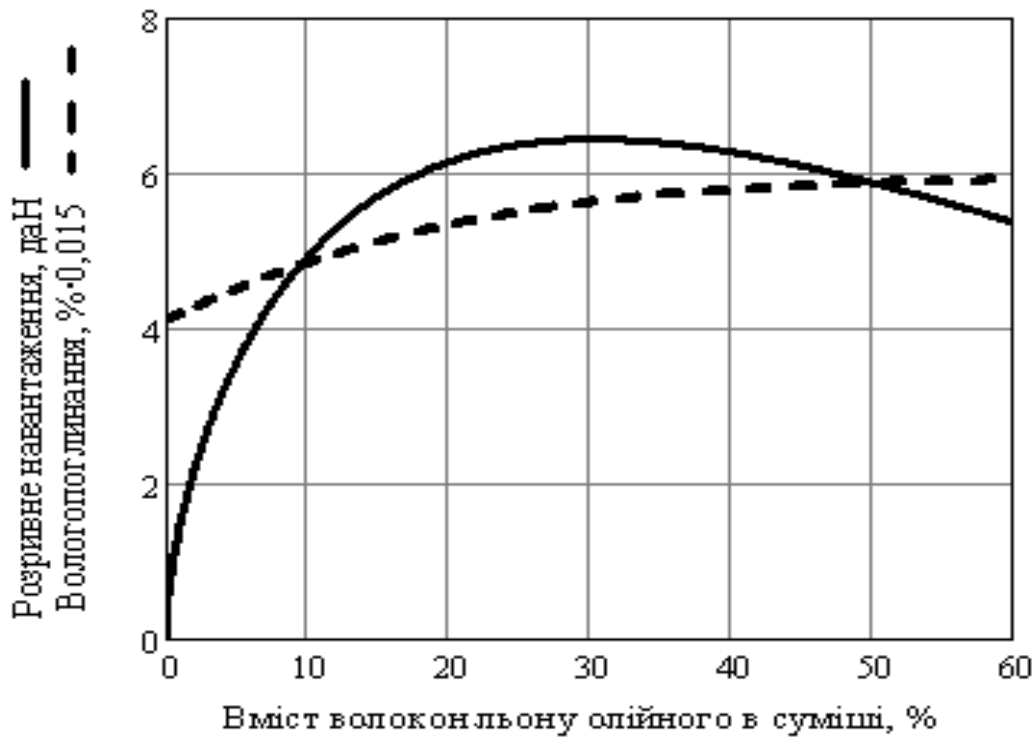


Рис. 4.15. Залежність вологопоглинання та розривного навантаження від вмісту волокон льону олійного в льоно-вовняній пряжі

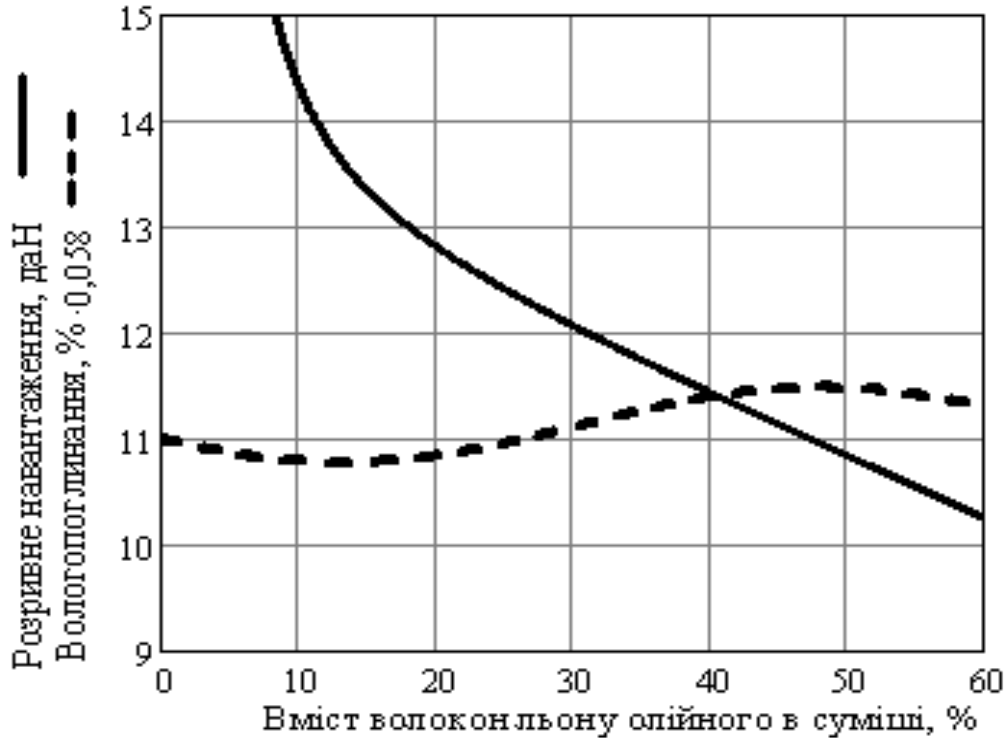


Рис. 4.16. Залежність вологопоглинання та розривного навантаження від вмісту волокон льону олійного в льоно-лавсановій пряжі

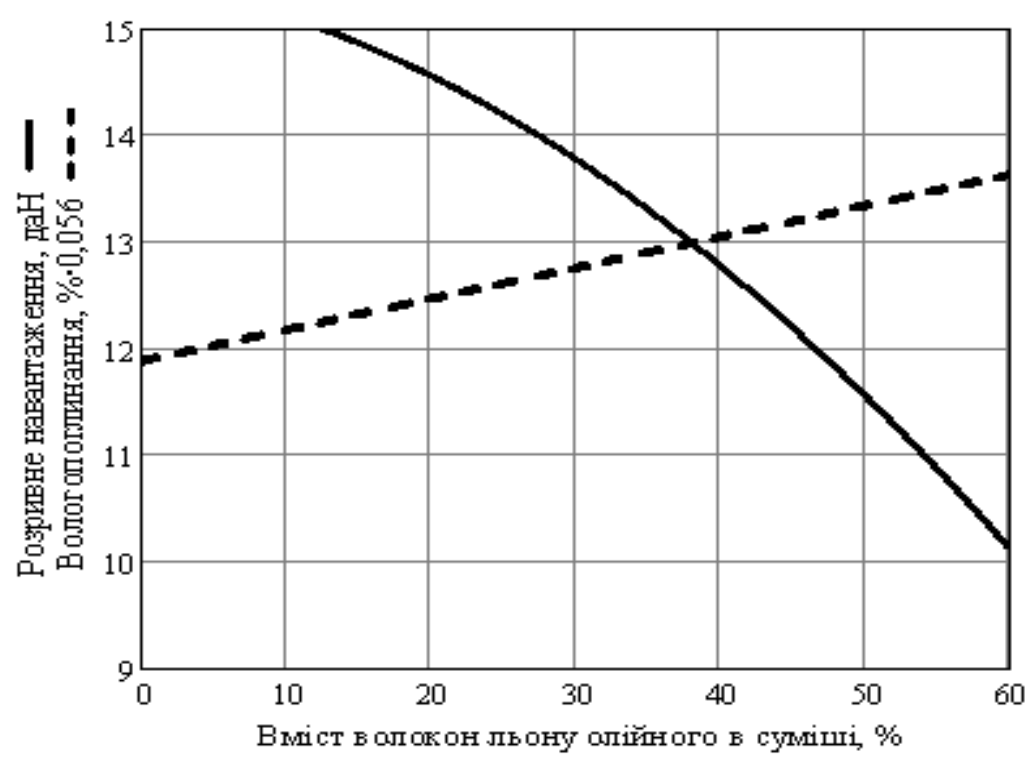


Рис. 4.17. Залежність вологопоглинання та розривного навантаження від вмісту волокон льону олійного в льоно-капроновій пряжі

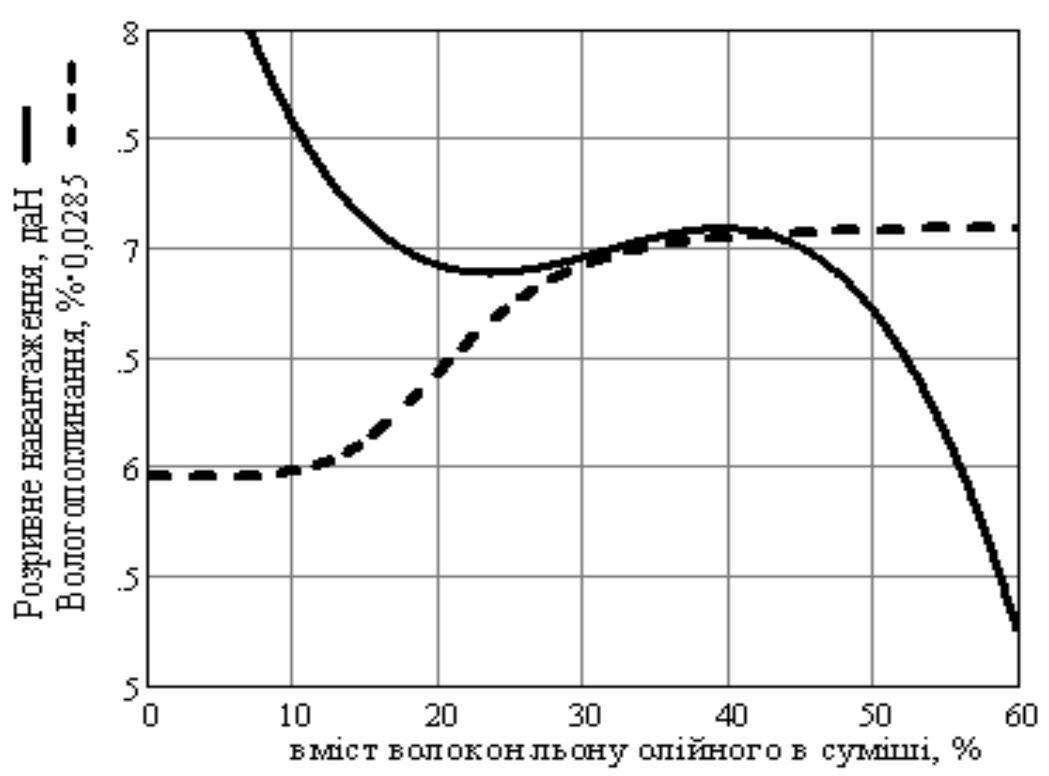


Рис. 4.18. Залежність вологопоглинання та розривного навантаження від вмісту волокон льону олійного в льоно-нітрової пряжі

Аналіз кривих розривного навантаження та волого поглинання у всіх сумішах свідчить, що при більшому додаванні волокон льону олійного міцність пряжі зменшується, а гігроскопічний показник збільшується. Оптимальний відсоток волокон льону олійного знаходиться на перетині двох кривих, вказуючи на найкраще відсоткове поєднання волокон льону олійного у суміші з іншими волокнами. Тому аналізуючи залежність вмісту волокон льону олійного від вологопоглинання та розривного навантаження, можна зробити висновок, що оптимальний вміст льону олійного в кожній суміші становить 40%. З наукової точки зору це пояснюється тим, що збільшення волокон льону олійного в сумішах може погіршити якість майбутніх трикотажних виробів, а зменшення їх в композиційній фракції пряжі, може негативно вплинути на екологічність та натуральність суміші.

Для наочного аналізу та більш детального вивчення досліджених волокнистих поєднань, та вибору найбільш сумісних з волокном льону олійного натуральних та хімічних волокон, були побудовані діаграми розривного навантаження, та вологопоглинання обраних зразків суміші в процентному співвідношенні 40/60 (рис. 4.19, 4.20).

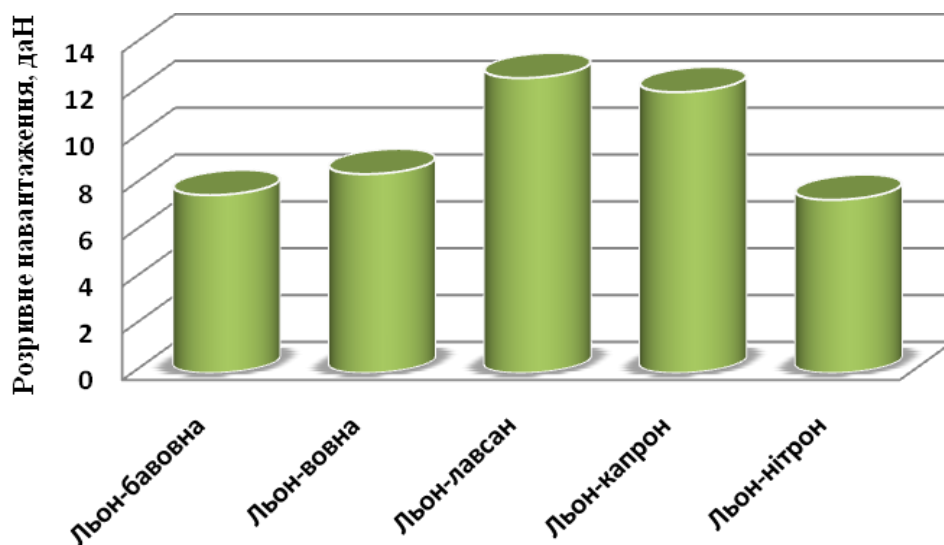


Рис.4.19. Діаграма розривного навантаження сумішей волокон льону олійного з натуральними та хімічними волокнами складом 40:60%

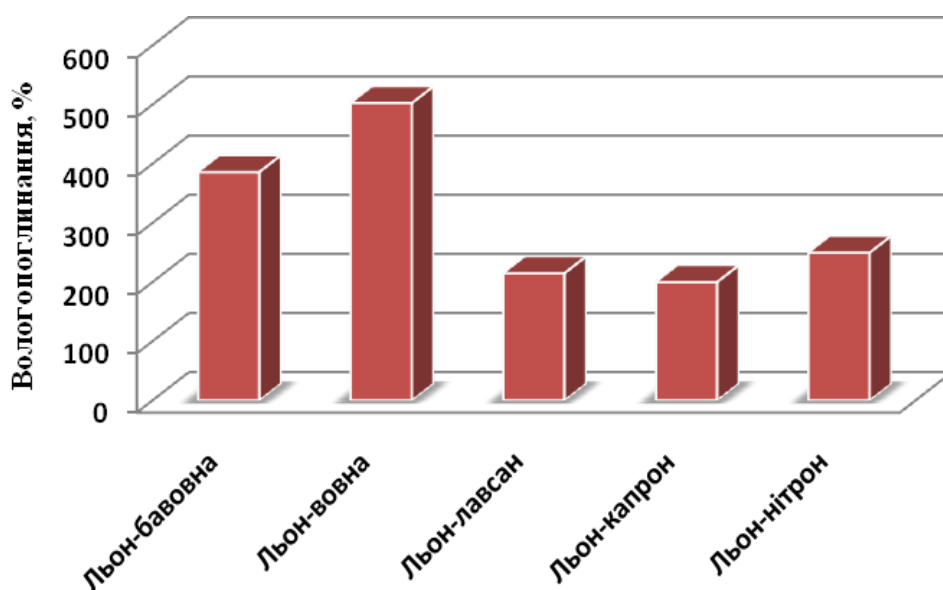


Рис. 4.20. Діаграма вологопоглинання сумішей волокон льону олійного з натуральними та хімічними волокнами складом 40:60%

З наведених діаграм, видно, що більш якісні показники розривного навантаження та вологопоглинання виділяються у льоно-бавовняній, льоно-вовняній та льоно-лавсановій суміші з відсотковим вмістом 40:60%. Науково, використання відомих прядильних волокнистих компонентів у суміші з волокнами льону олійного пояснюється тим, що волокна вовни мають високі пружні та теплозахисні властивості, а головною перевагою цього волокна перед іншими волокнами є висока гігроскопічність. Додавання лавсанового волокна до волокон льону олійного надає пряжі та майбутнім виробам із неї високу міцність і низьку змиральність завдяки своїм пружним властивостям. Для переробки волокна льону олійного в суміші з натуральним волокном була обрана бавовна, тому що за своєю довжиною, розривним навантаженням та гігроскопічними властивостями волокна льону олійного істотно наближені до волокон цієї натуральної рослинної сировини.

Дослідження показали, що застосування 60% бавовни, вовни та лавсану в суміші з льоном олійним дозволяють отримати пряжу з високими фізико-механічними та гігієнічними властивостями. Однак для

того, щоб дати об'єктивну оцінку ефективності застосування отриманої пряжі в виробництві трикотажних виробів, необхідно в повному обсязі дослідити споживні властивості обраних сумішей.

4/5/ Дослідження споживних властивостей змішаної пряжі з покращеними фізико-механічними показниками

За результатами попередніх досліджень було визначено, що основними додатковими компонентами, які покращують властивості волокон льону олійного є бавовняні, вовняні та поліефірні волокнисті компоненти в відсотковому поєднанні 40/60%.

Експериментальні дослідження, результати яких представлено в попередньому пункті, вказують на те що, всі ці волокнисті складові в поєднанні з волокном льону олійного володіють необхідними фізико-механічними характеристиками для виробництва трикотажних виробів. Прогнозуючи перспективи використання волокон льону олійного з відсотковим вмістом 40% з бавовною, вовною та поліефіром, можна зробити висновки, що композиційне поєднання волокон різних показників надає майбутнім виробам якісні фізико-механічні та гігієнічні показники.

Розроблені інноваційні суміші волокон льону олійного з натуральними та хімічними волокнами були апробовані на ТОВ «Богуслав текстиль», м. Богуслав Київської області. У результаті виробничих випробувань були отримані декілька зразків якісної екологічно чистої пряжі, яка підходила б для застосування в текстильному виробництві (рис. 4.21).



Рис.4.21. Змішана пряжа на основі волокон льону олійного з додаванням хімічних та натуральних волокон

Отримані у виробничих умовах зразки пряжі були досліджені в лабораторії луб'яних культур кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету. Під час досліджень визначали такі якісні показники: розривне навантаження, розривне подовження, фактичну вологість, лінійну густина, крутку пряжі та номер ниток.

Однією з важливих експлуатаційних характеристик змішаної пряжі є її здатність до розриву та розтягування, тобто міцність пряжі. Деякі дослідники вважають, що міцність волокна та пряжі не має великого значення для експлуатаційних властивостей товарів із волокнистих компонентів. Вони запевняють, що вирішальну роль у цьому відношенні відіграє здатність волокна та пряжі протистояти багаторазовим повторним напруженням, розтягуванню, згинанню й стиранню, яка

характеризує довговічність пряжі. Однак практичний досвід показав, що довговічність пряжі та майбутніх товарів із неї значною мірою залежать і від міцності волокна. Більш міцна пряжа має кращі пружні властивості, отже, вона переробляється в ткацтві з меншою обривністю, а товари з такої пряжі мають підвищену зносостійкість.

Враховуючи вищевикладене, для дослідження отриманих зразків змішаної пряжі був використаний метод визначення розривного навантаження та подовження на розривній машині РМ-3. За допомогою цього методу вимірюють фактичне навантаження та фактичне подовження при розриві ниток пряжі.

Визначення подовження та розривного навантаження одиночних ниток із суміші волокон льону олійного з натуральними й хімічними волокнами у відсотковому співвідношенні 40/60 здійснювали за ГОСТ 6611.2-73 (ISO 2062-72, ISO 6939-88). Згідно з цим вимірювання розривного навантаження та подовження виконували по 20 разів. Середні значення даних показників наведені в табл. 4.18-4.19, а повні результати досліджень подані в додатку А.

Таблиця 4.18 – Розривне навантаження та подовження одиночної нитки з суміші волокон льону олійного й бавовни

№ з/п	Відносне розривне навантаження, сН/текс	Коефіцієнт варіації за розривним навантаженням, %	Розривне подовження, %	Розривне подовження, мм
1.	6,9	11,3	7,3	36
2.	7,1	8,6	7,5	37
3.	7,7	6,3	8,6	42
4.	7,0	8,8	7,3	35
5.	7,8	7,4	8,9	43

Таблиця 4.19 – Розривне навантаження та подовження одиночної нитки з суміші волокон льону олійного й вовняного волокна

№ з/п	Відносне розривне навантаження, сН/текс	Коефіцієнт варіації за розривним навантаженням, %	Розривне подовження, %	Розривне подовження, мм
1.	9,8	28,2	11,2	79
2.	10,7	25,9	12,6	88
3.	9,3	30,9	11,3	80
4.	8,5	28,9	10,0	72
5.	9,1	24,2	11,9	81

Аналіз даних табл. 4.18 свідчить, що відносне розривне навантаження отриманої пряжі з суміші волокон льону олійного та бавовни у відсотковому співвідношенні 40/60 у середньому становить 6,9-7,8 сН/текс. Як відомо, згідно з ГОСТ Р 51703-2001 відносне розривне навантаження суміші волокон льону-довгунця з бавовною у відсотковому співвідношенні 40/60% в середньому дорівнює 7,5 сН/текс. Таким чином, інноваційна змішана пряжа на основі волокон льону олійного за своїми якісними показниками не поступається існуючим льоновмісним композиціям.

Аналіз даних табл. 4.19 свідчить, що відносне розривне навантаження змішаної льоно-вовняної пряжі знаходиться в межах 8,5-10,7 сН/текс, розривне подовження у відсотках становить 10,0-12,6 %, а в міліметрах – 72-88 мм. Таким чином, пряжа, отримана з волокон льону олійного та вовняного волокна у відсотковому співвідношенні 40/60, є більш міцною, ніж льоно-бавовняна, оскільки волокно вовни завдяки своїй

хвилястій структурі міцно поєднується з волокном льону, утворюючи суміш з високим показником міцності.

Таблиця 4.20 – Розривне навантаження та подовження одиночної нитки з суміші волокон льону олійного й поліефірного волокна

№ з/п	Відносне розривне навантаження, сН/текс	Коефіцієнт варіації за розривним навантаженням, %	Розривне подовження, %	Розривне подовження, мм
1.	10,9	6,9	18,4	92
2.	12,3	4,1	19,0	95
3.	10,7	5,8	18,4	90
4.	12,7	3,4	19,6	98
5.	11,0	3,5	22,8	102

Аналіз даних табл. 4.20 свідчить, що відносне розривне навантаження змішаної льоно-лавсанової пряжі становить 10,7-12,7 сН/текс, розривне подовження у відсотках – 18,4-22,8 %, а в міліметрах – 90-102 мм. Порівнюючи отримані показники з результатами дослідження суміші льону олійного з бавовною та суміші льону олійного з вовною, можна зробити висновок, що найвищу міцність має пряжа, виготовлена із суміші волокон льону олійного з лавсаном. Отже, лавсанові волокна можна успішно поєднувати з волокном льону олійного для отримання трикотажних товарів високої якості [52].

Таким чином, результати визначення показників розривного навантаження та подовження підтверджують, що досліджувані зразки змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з відсотковим співвідношенням додаткових компонентів 40/60, є продукцією з високими споживними характеристиками. Вона може стати гідною альтернативою

існуючій сировинній базі легкої промисловості, що дозволить виробляти якісні вітчизняні трикотажні вироби.

Товщина досліджуваної пряжі характеризується непрямим показником – лінійною густиною, яка вимірюється в тексах. Дослідження лінійної густини необхідні, оскільки товщина волокон, які входять до складу суміші, впливає на товщину пряжі, що виготовляється, та на товщину матеріалів, з яких у майбутньому вироблятимуть товари трикотажного призначення.

Лінійна густина пряжі згідно з ГОСТ 6611.0-73 (СТ СЭВ 2462-80) [103]. Отже, під час оцінювання прядильної здатності отриманої пряжі необхідно враховувати насамперед її тонину та визначити її номер. Тому для всіх зразків змішаної пряжі з відсотковим співвідношенням компонентів 40/60 визначали лінійну густина, коефіцієнт варіації за лінійною щільністю та номер нитки. Отримані показники математично обробляли, а середні результати розрахунків подано в табл. 4.21-4.23.

Таблиця 4.21 – Характеристика лінійної густини одиночної нитки з суміші волокон льону олійного та бавовни

№ з/п	Лінійна густина пряжі, текс	Коефіцієнт варіації за лінійною щільністю, %	Номер нитки
1.	66	3,5	15
2.	65	4,3	15
3.	66	4,4	15
4.	63	3,2	16
5.	64	3,6	16

Аналіз результатів дослідження лінійної густини, наведених у табл. 4.21 свідчить, що з волокон льону олійного та бавовни одержують пряжу з достатньо великою товщиною, яку можна рекомендувати для

в'язання трикотажних тканин костюмного призначення для літнього сезону з поліпшеними показниками якості.

Таблиця 4.22 – Характеристика лінійної густини одиночної нитки з суміші волокон льону олійного та поліефіру

№ з/п	Лінійна густина пряжі, текс	Коефіцієнт варіації за лінійною щільністю, %	Номер нитки
1.	68	4,4	15
2.	66	2,5	15
3.	69	4,3	14
4.	69	5,1	14
5.	70	4,0	14

Як відомо, значні зміни тонини та номера пряжі у виробничому процесі призводять насамперед до нерівномірності пряжі, яка вже безпосередньо спричиняє зниження її міцності. Результати досліджень, наведені в табл. 4.22, свідчать про те, що коефіцієнт варіації за лінійною густиною пряжі з вмістом 40 % волокон льону олійного та 60 % поліефірного волокна дуже низький – 2,5-5,1 %. Це підтверджує, що за своїми фізико-механічними показниками льоно-лавсанова пряжа придатна для виготовлення високоякісних трикотажних полотен для верхнього одягу.

Таблиця 4.23 – Характеристика лінійної густини одиночної нитки з суміші волокон льону олійного та вовни

№ з/п	Лінійна густина пряжі, текс	Коефіцієнт варіації за лінійною щільністю, %	Номер нитки
1.	72	1,7	14
2.	75	1,7	13
3.	75	1,8	13
4.	74	1,1	14
5.	77	1,3	13

Аналіз даних табл. 4.23 свідчить, що лінійна густина пряжі, отриманої з суміші волокон льону олійного та вовни, коливається в межах 72-77 текс, а номер нитки становить 13-14, тобто вона характеризується невеликою нерівномірністю в прядильному процесі. Отже, застосування 60 % вовни в суміші з льоном олійним в прядильному виробництві дозволяє отримати трикотажні полотна з покращеними фізико-механічними властивостями. Отримані параметри пряжі відповідають наведеним у державних стандартах показникам якості та дозволяють прогнозувати створення в майбутньому із суміші льону олійного з вовною різних трикотажних тканин костюмного призначення.

Особлива увага, для виготовлення якісних виробів була приділена оцінці рівномірності показників розривного навантаження та лінійної густини, що є характерною вимогою саме для пряжі трикотажного призначення, оскільки нерівномірність за названими показниками, є однією з основних причин появи дефекту «зебрості» трикотажних виробів.

Одним із основних показників якості змішаної пряжі, який безпосередньо впливає на експлуатаційні характеристики майбутніх товарів, є крутка пряжі. Як відомо, довговічність пряжі, тобто її стійкість до багаторазово повторюваних напружень на розтягування та згинання, з підвищенням крутки зростає. Таким чином, за рахунок підвищення крутки досягається значне підвищення довговічності трикотажних виробів.

Крутка пряжі визначається числом скручень, що припадають на 1 м довжини ниток. Число скручень залежить від виду, якості волокна, товщини та призначення пряжі. Чим товща пряжа за інших рівних умов, тим менше скручень припадає на 1 м довжини. Крутіння пряжі змінює її властивості. При збільшенні крутки пряжа стає компактнішою, жорсткішою, більш пружною, зростає її питома вага, діаметр зменшується, тертя між волокнами збільшується, волокна в пряжі закріплюються міцніше. Внаслідок цього міцність пряжі підвищується, але до певної межі

критичної крутки, після чого міцність починає зменшуватися й нитка може обірватися [65].

З круткою пряжі безпосередньо пов'язана і продуктивність прядильних машин, оскільки при постійній частоті обертання веретен продуктивність їх зворотно пропорційна величині крутки. Отже, з цих міркувань доцільно виготовляти пряжу з мінімальною круткою.

Крутка до певної міри вирівнює нерівномірність волокон за подовженням і розпрямленістю й тим самим впливає на кількість волокон, які одночасно розриваються під час розтягування пряжі [52]. Від крутки залежить довжина ковзання волокон при розриванні пряжі, що, у свою чергу, впливає на її міцність.

Також крутка пряжі значною мірою зумовлює усадку виробів після змочування, адже на усадку пряжі після змочування впливають ті напруження волокна, які воно відчуває в процесі обробки, зокрема, при крутінні пряжі.

Таким чином, питання про найбільш доцільний коефіцієнт скрученості змішаної пряжі необхідно вирішувати методом комплексного оцінювання всіх її фізико-механічних властивостей з урахуванням призначення пряжі.

Під час аналізу вищезазначених зразків виготовленої змішаної пряжі повною мірою досліджувалися всі показники [65], що характеризують крутку пряжі. Крутку визначали шляхом розкручування зразків пряжі на спеціальному приладі – круткомірі. Усі результати досліджень математично обробляли, а отримані дані наведено в табл. 4.24-4.26.

Таблиця 4.24 – Характеристика крутки одиночної нитки з суміші волокон льону олійного та бавовняного волокна

№ з/п	Середнє значення крутки, кр/м	Фактичне число скручень пряжі, кр/м	Напрямок крутки	Коефіцієнт скрученості i	Кут скручування
1.	354,3	708,6	Z	57,6	0,7
2.	356,7	713,4		57,9	0,7
3.	351,1	702,2		57,0	0,7
4.	354,9	709,8		57,6	0,7
5.	358,7	717,4		58,2	0,7

Таблиця 4.25 – Характеристика крутки одиночної нитки з суміші волокон льону олійного та поліефірного волокна

№ з/п	Середнє значення крутки, кр/м	Фактичне число скручень пряжі, кр/м	Напрямок крутки	Коефіцієнт скрученості	Кут скручування
1.	262,5	525,0	Z	43,1	0,6
2.	268,1	536,2		43,9	0,6
3.	259,6	519,2		42,6	0,6
4.	270,2	540,4		44,3	0,6
5.	272,1	544,2		44,6	0,6

Таблиця 4.26 – Характеристика крутки одиночної нитки з суміші волокон льону олійного та вовняного волокна

№ з/п	Середнє значення крутки, кр/м	Фактичне число скручень пряжі, кр/м	Напрямок крутки	Коефіцієнт скрученості	Кут скручування
1.	389,2	778,4	Z	53,9	0,7
2.	386,4	772,8		53,5	0,7
3.	388,6	777,2		53,8	0,7
4.	394,1	788,2		54,5	0,7
5.	390,9	781,8		54,1	0,7

Величина крутки має істотний вплив на будову та фізико-механічні властивості ниток. З підвищенням ступеня скрученості волокна стискаються щільніше, тертя між волокнами зростає, діаметр нитки зменшується. Тому при пологій крутці одержують менш міцні та більш м'які нитки, а при високій крутці – більш міцні та жорсткі нитки.

Залежно від ступеня скрученості розрізняють нитки: пологої крутки – до 230 кр/м, середньої крутки – 230-900 кр/м і високої крутки – 1500-2500 кр/м. Елементарні нитки в структурі кручених ниток розташовуються за гвинтовими лініями, тому на поверхні ниток помітні витки, густина розташування яких і кут нахилу відносно поздовжньої осі підвищуються в міру збільшення ступеня скрученості [52]. В трикотажному виробництві пряжа і нитки підвищеної крутки надають полотну жорсткість; петельна структура такого трикотажу нерівна внаслідок підвищеної напруженості нитки при згині в петлі, збільшується закрученість країв полотна, проте його поверхня менш пухка та більш зносостійка. Таким чином, аналізуючи всі якісні показники крутки змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням волокон

бавовни, вовни та полієфіру, можна зазначити, що в усіх зразків пряжі показники крутки середні та не виходять за межі діапазону 260-400 кр/м. Завдяки цьому пряжа не втрачає свою м'якість і залишається достатньо міцною. Показники крутки також довели придатність інноваційної змішаної пряжі до застосування в легкій промисловості з метою виготовлення конкурентоспроможних трикотажних товарів.

Гігроскопічність – це одна з найважливіших товарознавчих та експлуатаційних характеристик волокон, оскільки від величини вологовмісту волокнистих матеріалів залежить перебіг різноманітних процесів, особливо прядіння. Гігроскопічністю зумовлюється ціла низка фізико-механічних властивостей волокон, таких як міцність, теплопровідність та електропровідність [70, 71]. Тому під час дослідження гігроскопічних властивостей визначали відносну вологість змішаної пряжі, згідно з ГОСТ Р 51703-2001 «Пряжа смешанная из смеси хлопкового, льняного и химических волокон. Технические условия». Отримані дані наведені в табл. 4.27.

Таблиця 4.27 – Фактична вологість змішаної пряжі на основі волокон льону олійного

№ з/п	Склад суміші	Фактична вологість, %
1.	Льон олійний-бавовна	9,5
2.	Льон олійний-полієфір	4,8
3.	Льон олійний-вовна	18,9

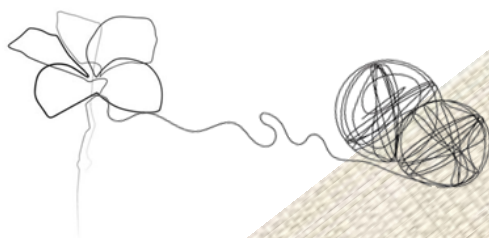
Результати досліджень, наведені в табл. 4.27, дають можливість повною мірою проаналізувати гігроскопічність обраних сумішей волокна льону олійного з натуральними та хімічними волокнами. Вони свідчать про те, що гігієнічні властивості цих сумішей покращать споживні властивості трикотажних товарів одягового призначення.

Таким чином, результати дослідження фізико-механічних та гігієнічних характеристик усього асортименту отриманої змішаної пряжі дозволили спрогнозувати сфери її практичного застосування в різних галузях трикотажного виробництва. Для цього фізико-механічні та гігієнічні параметри пряжі на основі волокон льону олійного порівнювали з вимогами державних стандартів до якості змішаної пряжі для трикотажних виробів. За цими параметрами визначали придатність змішаної пряжі для застосування у виробництві тих чи інших трикотажних виробів, тобто її функціональне призначення. У результаті даного порівняльного аналізу була запропонована схема, що відображає напрями практичного використання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням волокон бавовни, вовни та лавсану для виготовлення текстильних товарів різного функціонального призначення (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Напрями використання в трикотажному виробництві нового асортименту змішаної пряжі.

Проведений аналіз фізико-механічних та гігієнічних характеристик змішаної пряжі на основі волокон льону олійного дозволив визначити її відповідність державним стандартам якості та спрогнозувати сфери практичного застосування у трикотажному виробництві. Результати дослідження підтвердили, що запропонований склад пряжі з додаванням бавовни, вовни та лавсану забезпечує необхідні механічні властивості, еластичність, гігієнічність і зручність у носінні виробів. На основі порівняльного аналізу розроблено схему функціонального призначення нової змішаної пряжі, яка дає можливість ефективно використовувати її для виготовлення трикотажних товарів різного типу, оптимізуючи виробничі процеси та підвищуючи якість готової продукції. Таким чином, отримані результати створюють науково обґрунтовану основу для практичного застосування нового асортименту змішаної пряжі в сучасному трикотажному виробництві.



РОЗДІЛ 5. КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗМІШАНОЇ ПРЯЖІ НА ОСНОВІ ВОЛОКОН ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

5/1/ Розрахунок комплексного показника якості змішаної пряжі з волокнами льону олійного

Останнім часом у всьому світі споживачами висуваються все жорсткіші вимоги до якості та екологічності товарів. У сучасних умовах якість визнається найважливішою ринковою характеристикою товару. Якість є джерелом зростання національного багатства, а вдосконалення методик її визначення є одним із найважливіших питань сучасності [72].

Отже, виходячи з цього, нагальною проблемою сьогодення є пошук можливих шляхів підвищення якості трикотажних товарів, що надходять на споживчий ринок, а також пошук шляхів визначення їх якості. Важливість такого пошуку підтверджується тим фактом, що більшість підприємств, які виготовляють трикотажні товари, працюють на дорогій імпортованій сировині, до того ж часто не першої якості. Розв'язання цієї проблеми можливе за рахунок застосування екологічно чистої високоякісної вітчизняної сировини, що забезпечить якість одержаної на її основі пряжі та виготовлених із неї трикотажних виробів.

Для товарознавчого оцінювання якості розроблених зразків змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з різним відсотковим вмістом натуральних і хімічних волокон доцільно використовувати комплексний показник якості [73, 74]. Він дозволяє характеризувати загальний рівень якості досліджуваних об'єктів із різним складом та відсотковим співвідношенням компонентів і визначати відповідність споживних властивостей змішаної пряжі на основі волокон льону олійного вимогам нормативно-технічної документації та потребам споживачів [75, 76]. Це

забезпечить вибір оптимального поєднання та вмісту складових пряжі залежно від її функціонального призначення.

Під час оцінювання якості будь-якої продукції виникають складнощі, пов'язані з невідповідністю критеріїв її оцінювання з точки зору виробника та споживача у зв'язку з їх різними вимогами до окремих показників якості. Особливість визначення комплексного показника якості полягає в необхідності порівняння показників досліджуваного матеріалу (змішаної пряжі) з показниками, що відповідають встановленим і прогнозованим потребам споживачів. За таких умов дуже важливим є визначення бази порівняння [77].

Для оцінки якості товару необхідно провести комплексне оцінювання його якості. При проведенні комплексної оцінки якості змішаної пряжі на основі льону олійного для порівняння було обрано фізико-механічні та гігієнічні властивості змішаної пряжі на основі льону довгунцю в однаковому відсотковому співвідношенні. Тому комплексний показник якості змішаної пряжі з волокнами льону олійного був розрахований на основі найважливіших показників згаданих властивостей, а саме: лінійної густини пряжі, номеру нитки, відносного розривного навантаження, подовження, числа скручень, фактичної вологості та вологопоглинання. Алгоритм розрахунку складався з таких стадій:

- розроблення структури показників змішаної пряжі, що необхідні для достовірного оцінювання її якості;
- вибір еталонних (P_{ij}^{em}) базових значень показників;
- визначення відносних показників якості K_{ij} ;
- визначення коефіцієнтів вагомості M_{ij} у відповідній групі з урахуванням наведеної структури;
- вибір методу зведення оцінок одиничних показників для одержання комплексної оцінки якості K_0 ;

- аналіз розрахованої оцінки та ухвалення рішення про рівень якості розроблених видів змішаної пряжі на основі волокон льону олійного.

Розроблена структура показників якості, яка представлена за двома рівнями на рис. 5.1.



Рис. 5.1. Структура показників найважливіших споживних властивостей змішаної пряжі на основі волокон льону олійного

На першому рівні якість змішаної пряжі на основі волокон льону олійного представлено фізико-механічними властивостями. На другому рівні знаходяться гігроскопічні властивості.

Всі рівні властивостей можна представити наступним чином: група А – фізико-механічні властивості: PA_1 – відносне розривне навантаження, PA_2 – відносне розривне подовження; PA_3 – лінійна густина; PA_4 – число скручень; PA_5 – номер. Група В – гігроскопічні властивості: PB_1 – вологопоглинання; PB_2 – фактична вологість.

Всі показники розрізняються по додатковому волокнистому вмісту змішаної пряжі та будуть представлені наступним чином: льон олійний-бавовна ($PA_{1(л-б)}$, $PA_{2(л-б)}$, $PA_{3(л-б)}$, $PA_{4(л-б)}$, $PA_{5(л-б)}$, $PB_{1(л-б)}$, $PB_{2(л-б)}$); льон олійний-лавсан ($PA_{1(л-л)}$, $PA_{2(л-л)}$, $PA_{3(л-л)}$, $PA_{4(л-л)}$, $PA_{5(л-л)}$, $PB_{1(л-л)}$, $PB_{2(л-л)}$); льон олійний-вовна ($PA_{1(л-в)}$, $PA_{2(л-в)}$, $PA_{3(л-в)}$, $PA_{4(л-в)}$, $PA_{5(л-в)}$, $PB_{1(л-в)}$, $PB_{2(л-в)}$).

Еталонними P_{ij}^{em} приймали значення показників змішаної прядива з коротким волокном льону-довгунця в відсотковому співвідношенні 40/60 з бавовною СБ -1, з вовною СН-2, з лавсаном СЛ-3.

Для розрахунку комплексного показника якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного використовували та ГОСТ 10078-85 «Пряжа из лубяных волокон и их смесей с химическими волокнами. Общие технические условия.» (базові значення) та ГОСТ Р 51703-2001 «Пряжа смешанная из смеси хлопкового, льняного и химических волокон. Технические условия».

Визначення відносних показників якості K_i здійснювали за формулами (5.1, 5.2):

$$K_i = \frac{P_i}{P_{баз}} \quad (5.1)$$

$$K_i = \frac{P_{баз}}{P_i}, \quad (5.2)$$

де P_i – значення i -го показника ($i = 1,2,3...n$) якості продукції, що оцінюється;

$P_{\text{баз}}$ – базове значення i -го показника.

Залежність (5.1) обирали в тому випадку, якщо підвищення значення показника спричиняло підвищення якості продукції в цілому, і навпаки, формулу (5.2) використовували, коли зниження показника сприяло підвищенню якості пряжі.

Обчислення оцінок якості K_i основних властивостей змішаної пряжі з льоном олійним та натуральними та хімічними волокнами на основі базових значень, подані у таблиця 5.1-5.3. Графічне відображення отриманих даних подано на рис. 5.2.

Таблиця 5.1 – Визначення відносних показників якості змішаної пряжі з льоном олійним та бавовною

Одиниці виміру	Шифр	Кількісний показник якості		Базові значення	Шифр	Вагомий показник якості	
		Розроблена суміш пряжі	Еталон СБ - 1			Розроблена суміш пряжі	Еталон СБ - 1
сН/тек с	РА ₁	7,3	9,6	8,2	КА ₁	0,9	1,2
%	РА ₂	7,9	3,2	9	КА ₂	0,9	0,4
Текс	РА ₃	65,0	71,0	до 85	КА ₃	0,8	0,9
кр/м	РА ₄	57	56	не більше 58	КА ₄	1,0	1,0
№	РА ₅	15	19	до 20	КА ₅	1,3	1,1
%	РВ ₁	386,0	304,5	від 300,0	КВ ₁	1,3	1,0
%	РВ ₂	9,5	7,4	6,5	КВ ₂	1,5	1,1

Таблиця 5.2 – Визначення відносних показників якості змішаної пряжі з льоном олійним та вовною

Одиниці виміру	Шифр	Кількісний показник якості		Базові значення	Шифр	Вагомий показник якості	
		Розроблена суміш пряжі	Еталон СБ - 2			Розроблена суміш пряжі	Еталон СБ - 2
сН/текс	РА ₁	9,5	10,0	10,0	КА ₁	1,0	1,0
%	РА ₂	12,2	11,6	12,0	КА ₂	1,0	0,9
Текс	РА ₃	75	72	74	КА ₃	0,9	1,0
кр/м	РА ₄	53,9	55,2	не більше 58,0	КА ₄	1,0	1,1
№	РА ₅	14	13	до 16	КА ₅	1,1	1,2
%	РВ ₁	502,6	440,0	від 420,0	КВ ₁	1,2	1,0
%	РВ ₂	18,9	15,5	16	КВ ₂	1,2	0,9

Таблиця 5.3 – Визначення відносних показників якості змішаної пряжі з льоном олійним та лавсаном

Одиниці виміру	Шифр	Кількісний показник якості		Базові значення	Шифр	Вагомий показник якості	
		Розроблена суміш пряжі	Еталон СБ - 3			Розроблена суміш пряжі	Еталон СБ - 3
сН/текс	РА ₁	11,5	11,6	8,0	КА ₁	1,4	1,5
%	РА ₂	19,6	8,2	до 20	КА ₂	1,0	0,4
Текс	РА ₃	68,0	60,0	до 72	КА ₃	1,0	1,2
кр/м	РА ₄	43,7	46,6	не більше 47,5	КА ₄	1,1	1,0
№	РА ₅	15	14	до 20	КА ₅	1,3	1,4

%	PВ ₁	197,6	112,2	від 110,0	КВ ₁	1,8	1,0
%	PВ ₂	4,8	3,7	3,5	КВ ₂	1,4	1,0

З таблиць 5.1- 5.3 можемо бачити повну проведену комплексну оцінку якості змішаної пряжі з льону олійного з додатковими волокнистими компонентами за показниками фізико-механічних та гігроскопічних властивостей еталонів пряжі методом кваліметрії. Для детального огляду та прийняття висновків, щодо нового асортименту змішаної пряжі було побудовано діаграми структури показників якості, які представлені на рис. 5.2-5.4.

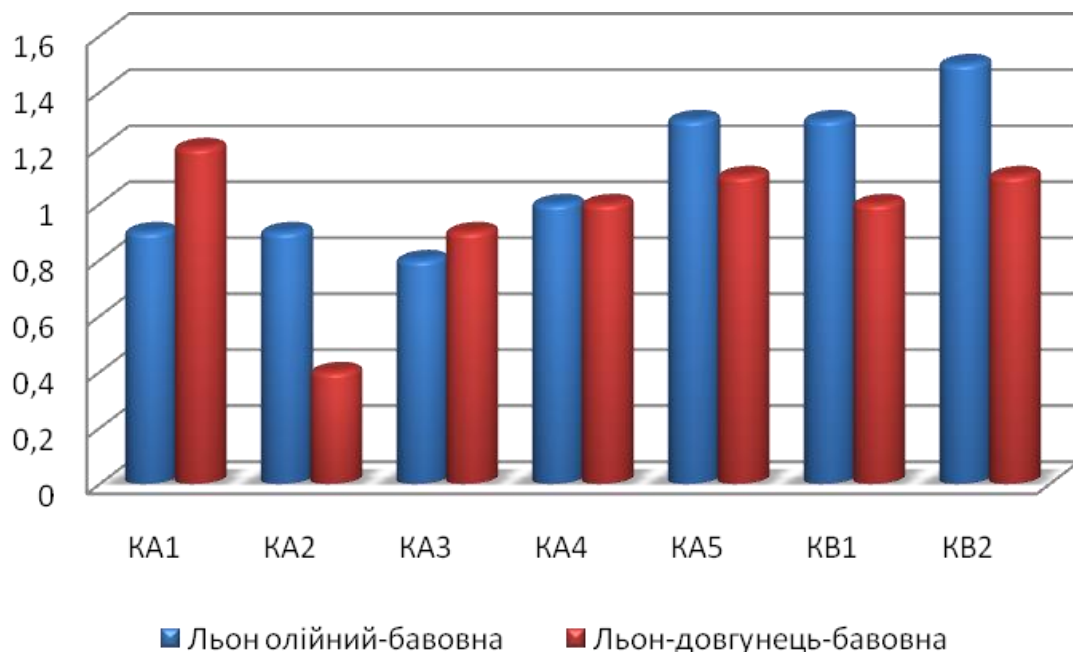


Рис. 5.2 Структура порівняльних показників якості змішаної пряжі льон олійний-бавовна та льон-довгунець-бавовна

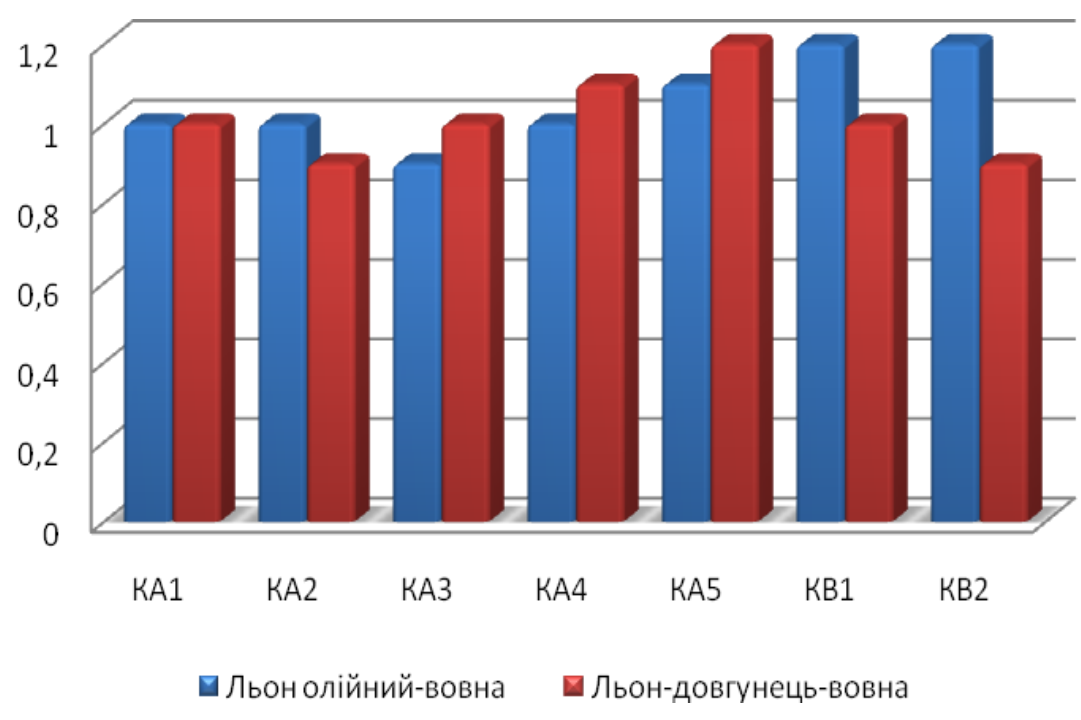


Рис. 5.3 Структура порівняльних показників якості змішаної пряжі льон олійний-вовна та льон-довгунець-вовна



Рис. 5.4 Структура порівняльних показників якості змішаної пряжі льон олійний-лавсан та льон-довгунець-лавсан

Підсумовуючи данні з діаграм, можемо зазначити, що за своїми якісними властивостями змішана пряжа з льоном олійним не дуже відрізняється від змішаної пряжі з льоном-довгунцем, а деякі властивості нового прядива, такі як вологопоглинання та фактична вологість навіть покращують свої якісні параметри завдяки додаванню до суміші волокон льону олійного.

Під час подальших досліджень визначали коефіцієнти вагомості із застосуванням експертного методу. При цьому виконуються умови (5.3-5.5):

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1, \quad (5.3)$$

де M_i – коефіцієнт вагомості i -го показника ($M_i > 0$);

n – кількість оцінюваних показників.

$$M_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (5.4)$$

$$\bar{M}_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N M_{ij} (j = 1, 2, 3 \dots N), \quad (5.5)$$

де N – кількість експертів;

M_{ij} – коефіцієнт вагомості i -го показника, поданого j -м експертом ($j = 1, 2, 3 \dots N$).

Вагомість показників оцінювали експерти – співробітники текстильної фабрики ТОВ «Богуслав текстиль», на яку було передано зразки сумішей на основі волокон льону олійного з різним відсотковим вмістом натуральних та хімічних волокон. До експертної оцінки були залучені 5 працівників: директор прядильної фабрики, головний інженер, майстер прядильного цеху, контролер якості та прядильник 5-го розряду. Отримані результати наведені в табл. 5.4-5.6.

Таблиця 5.4 – Вагомість показників групи А, В суміші льону олійного з бавовною (за даними експертної групи)

Експерт	Коефіцієнт вагомості							Властивості між групами	
	Група А					Група В			
	МА ₁	МА ₂	МА ₃	МА ₄	МА ₅	МВ ₁	МВ ₂	А	В
1	0,15	0,25	0,25	0,15	0,20	0,30	0,70	0,40	0,60
2	0,10	0,30	0,15	0,15	0,30	0,40	0,60	0,35	0,65
3	0,15	0,30	0,20	0,20	0,15	0,35	0,65	0,45	0,55
4	0,15	0,25	0,15	0,25	0,20	0,45	0,55	0,50	0,50
5	0,15	0,30	0,20	0,20	0,15	0,40	0,60	0,30	0,70

Таблиця 5.5 – Вагомість показників групи А, В суміші льону олійного з вовною (за даними експертної групи)

Експерт	Коефіцієнт вагомості							Властивості між групами	
	Група А					Група В			
	МА ₁	МА ₂	МА ₃	МА ₄	МА ₅	МВ ₁	МВ ₂	А	В
1	0,30	0,25	0,10	0,15	0,20	0,50	0,50	0,35	0,65
2	0,30	0,30	0,05	0,10	0,25	0,35	0,65	0,30	0,70
3	0,25	0,30	0,10	0,20	0,15	0,45	0,55	0,40	0,60
4	0,30	0,15	0,15	0,20	0,20	0,40	0,60	0,25	0,75
5	0,25	0,25	0,15	0,10	0,25	0,45	0,55	0,45	0,55

Таблиця 5.5 – Вагомість показників групи А, В суміші льону олійного з лавсаном (за даними експертної групи)

Експерт	Коефіцієнт вагомості							Властивості між групами	
	Група А					Група В			
	МА ₁	МА ₂	МА ₃	МА ₄	МА ₅	МВ ₁	МВ ₂	А	В
1	0,20	0,30	0,10	0,25	0,15	0,50	0,50	0,50	0,50
2	0,15	0,35	0,05	0,25	0,20	0,50	0,50	0,45	0,55
3	0,20	0,20	0,10	0,30	0,20	0,55	0,45	0,45	0,55
4	0,25	0,30	0,05	0,25	0,15	0,45	0,55	0,50	0,50
5	0,20	0,25	0,15	0,30	0,10	0,60	0,40	0,40	0,60

Аналізуючи коефіцієнти вагомості, надані експертною групою показникам фізико-механічних і гігієнічних властивостей сумішевих композицій із різним складом та вмістом компонентів, можна зробити висновок, що кращим відсотковим співвідношенням волокон льону олійного з іншими волокнами є 40/60 %. На думку експертів, збільшення вмісту волокон льону олійного в сумішах може знизити міцність майбутніх текстильних товарів, а зменшення їх кількості у волокнистій композиції може негативно вплинути на екологічність, натуральність та гігієнічність змішаної пряжі.

За даними табл. 5.4 - 5.6 розраховувався коефіцієнт вагомості за всіма якісними показниками усіх трьох сумішей прядива, та наведений у табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Коефіцієнти вагомості груп А, В (за даними експертної групи) усіх сумішей пряжі з льоном олійним

Зразки прядива	Група А					Група В		Властивості між групами	
	МА ₁	МА ₂	МА ₃	МА ₄	МА ₅	МВ ₁	МВ ₂	МА ₀	МВ ₀
Льон олій- ний- бавовна	0,14	0,28	0,19	0,19	0,20	0,38	0,62	0,40	0,60
Льон олій- ний-вовна	0,28	0,25	0,11	0,15	0,21	0,43	0,57	0,35	0,65
Льон олій- ний-лавсан	0,20	0,28	0,09	0,27	0,16	0,52	0,48	0,46	0,54

Для зведення оцінок одиничних показників фізико-механічних та гігієнічних властивостей змішаної пряжі приймали адитивну модель комплексної оцінки у вигляді середньозваженої арифметичної величини:

$$K_0 = \sum_{i=1}^N M_i \cdot K_i \quad (5.6)$$

Розрахунок значень якості для групи властивостей KA_0 , KB_0 здійснювали за формулами:

$$KA_0 = (MA_1 \cdot KA_1) + (MA_2 \cdot KA_2) + (MA_3 \cdot KA_3) + (MA_4 \cdot KA_4) + (MA_5 \cdot KA_5) \quad (5.7)$$

$$KB_0 = (MB_1 \cdot KB_1) + (MB_2 \cdot KB_2) \quad (5.8)$$

Результати визначення оцінок якості для всіх груп властивостей наведено в табл. 5.8.

Таблиця 5.8 – Оцінки якості для всіх груп властивостей змішаної пряжі

Шифр показника якості	Льон олійний-бавовна	Льон олійний-вовна	Льон олійний-лавсан
KA_0	0,98	1,01	1,16
KB_0	1,42	1,20	1,60

Комплексний показник якості змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням хімічних та натуральних волокон визначали за формулою:

$$K_0 = (MA_0 \cdot KA_0) + (MB_0 \cdot KB_0) \quad (5.9)$$

Комплексні показники якості трьох зразків змішаної пряжі з льоном олійним на основі базових значень наведено у табл. 5.9.

Таблиця 5.9 – Комплексний показник якості змішаної пряжі

Варіанти змішаної пряжі	Значення комплексного показника якості
Льон олійний-бавовна	1,24
Льон олійний-вовна	1,13
Льон олійний-лавсан	1,39

Таким чином, проведено комплексну оцінку якості змішаної пряжі з волокном льону олійного та волокнами бавовни, вовни та лавсану, на основі їх фізико-механічних та гігієнічних властивостей методами кваліметрії з побудовою структури показників якості.

Визначено, що комплексний показник якості нового асортименту змішаної пряжі має високі показники, які дають можливість стверджувати про покращені споживні властивості створеного асортименту пряжі.

Отже, в цілому, такі непогані комплексні показники якості фізико-механічних та гігієнічних властивостей доводять доцільність виробництва інноваційної змішаної пряжі на основі волокон льону олійного як найбільш раціонального вирішення проблеми сировинної залежності трикотажних підприємств.

5/2/ Розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності нового асортименту змішаної пряжі

У ринкових умовах для торговельно-економічних відносин особливої актуальності набула проблема підвищення якості та конкурентоспроможності виготовленого товару при одночасному зниженні витрат на його виробництво [114]. Згідно з формулою успіху З. Демінга «висока якість + мінімальні витрати + оптимальна ціна = завойований ринок», вітчизняні підприємства текстильної галузі зможуть вижити у жорстких умовах конкуренції тільки за умови наявності всіх її складових [115-118].

Розрахунок інтегрального показника конкурентоспроможності трьох обраних варіантів змішаної пряжі на основі волокон льону олійного за комплексним показником якості передбачає:

- здійснення дослідницько-інформаційної роботи;
- формування вимог до певних волокнистих сумішей;

- визначення мети аналізу конкурентоспроможності даних видів змішаної пряжі;
- визначення на основі факторного аналізу переліку параметрів, які підлягають оцінюванню;
- вибір бази (зразка, еталона) порівняння;
- визначення системи показників конкурентоспроможності (одиничних і групових показників конкурентоспроможності за визначеними параметрами);
- розрахунок комплексного показника конкурентоспроможності;
- висновок про конкурентоспроможність товару (змішаної пряжі на основі волокон льону олійного).

Інтегральний показник конкурентоспроможності K розраховується за формулою (5.10):

$$K = \frac{E}{C_c}, \quad (5.10)$$

де E – економічні параметри;

C_c – ціна споживання.

Якщо хоч один з одиничних показників за нормативними параметрами дорівнює 0, товар є неконкурентоспроможним. Комплексний показник конкурентоспроможності товару може дорівнювати 1, бути більшим або меншим 1:

- $K = 1$ – товар за нормативними, організаційними та економічними параметрами аналогічний базовому товару;
- $K > 1$ – рівень конкурентоспроможності досліджуваного товару вищий за рівень базового товару;
- $K < 1$ – досліджуваний товар поступається базовому за рівнем конкурентоспроможності [115].

Задовольняючи потреби, покупець витрачає свої гроші як на придбання товару, так і на його використання. Розмір цих витрат формує ціну споживання. Для змішаної пряжі ціна споживання буде дорівнювати ціні змішаної пряжі (5.11):

$$C_c = C_m, \quad (5.11)$$

де C_c – ціна споживання;
 C_m – ціна товару (змішана пряжа).

Тому груповий показник конкурентоспроможності за економічними параметрами I_{en} буде обчислюватися за формулою (5.12):

$$I_{en} = C_m \quad (5.12)$$

Урахування нормативних параметрів під час оцінювання конкурентоспроможності забезпечується за допомогою альтернативного методу. Для цього застосовується показник, який має лише два значення: 1 або 0. Якщо товар відповідає нормі (наприклад, вимогам екологічності), цей показник дорівнює 1, а якщо ні – то 0 [117].

Груповий показник усієї сукупності нормативних параметрів дорівнює добутку одиничних показників кожного з них. Розрахунки здійснюються за формулою (5.13):

$$I_{np} = \sum_{i=1}^n Q_{pi}, \quad (5.13)$$

де I_{np} – груповий показник нормативних параметрів;

Q_{pi} – одиничний показник i -го параметра;

N – кількість нормативних параметрів, що підлягають оцінюванню.

Груповий показник нормативних параметрів для асортименту змішаної пряжі на основі волокна льону-довгунця буде дорівнювати 1, адже всі вони відповідають сучасним вимогам нормативних документів.

Визначаючи сукупність порівнюваних параметрів конкурентоспроможності товару, виходять із того, що одна частина показників характеризує споживні властивості товару, а інша – його економічні (вартісні) показники. Споживні властивості змішаної пряжі, що формують її корисний ефект, мають суто технічні характеристики (експлуатаційні показники).

$$K_t = \frac{I_{tp1}}{I_{tp2}}, \quad (5.14)$$

де K_t – показник конкурентоспроможності товару порівняно з еталоном за технічними параметрами;

I_{tp1}, I_{tp2} – відповідно групові показники технічних параметрів товару, що оцінюється, і товару-еталона.

На підставі загальних методичних положень здійснюється порівнювання групових економічних показників товару, що оцінюється, з товаром-еталоном. Розрахунки проводяться за формулою:

$$K_e = \frac{I_{ep1}}{I_{ep2}}, \quad (5.15)$$

де K_e – показник конкурентоспроможності товару порівняно з еталоном за економічними параметрами;

I_{ep1}, I_{ep2} – відповідно групові показники економічних параметрів товару, що оцінюється, і товару-еталона.

Зведений індекс конкурентоспроможності змішаної пряжі обчислюють за формулою:

$$J_{kt} = \frac{K_t}{K_e}, \quad (5.16)$$

де J_{kt} – зведений індекс конкурентоспроможності товару;

K_t – показник конкурентоспроможності за технічними параметрами;

K_e – показник конкурентоспроможності за економічними параметрами.

Результати розрахунку комплексного показника споживних властивостей подані в підрозділі 5.1 даної наукової роботи. Вихідні дані для оцінювання конкурентоспроможності та інтегральний показник конкурентоспроможності змішаної пряжі на основі волокон льону олійного наведені в табл. 5.10-5.12.

Таблиця 5.10 – Результати оцінювання конкурентоспроможності змішаної пряжі з волокон льону олійного та бавовни

Показник конкурентоспроможності товару	Значення показника якості	
	пряжа льон олійний-бавовна	пряжа льон-довгунець-бавовна
Комплексний показник якості	1,24	1,12
Ціна продукту, грн. / кг	30,00	56,5
Інтегральний показник конкурентоспроможності продукту	2,07	1

Таблиця 5.11 – Результати оцінювання конкурентоспроможності змішаної пряжі з волокон льону олійного та вовни

Показник конкурентоспроможності товару	Значення показника якості	
	пряжа льон олійний-вовна	пряжа льон-довгунець-вовна
Комплексний показник якості	1,13	1,10
Ціна продукту, грн. / кг	27,89	45,8
Інтегральний показник конкурентоспроможності продукту	1,70	1

Таблиця 5.12 – Результати оцінювання конкурентоспроможності змішаної пряжі з волокон льону олійного та лавсану

Показник конкурентоспроможності товару	Значення показника якості	
	пряжа льон олійний-лавсан	пряжа льон-довгунець-лавсан
Комплексний показник якості	1,39	1,08
Ціна продукту, грн. / кг	28,85	38,9
Інтегральний показник конкурентоспроможності продукту	1,73	1

Аналізуючи дані табл. 5.10-5.12, можна зробити висновок про конкурентоспроможність змішаної пряжі на основі льону олійного з додаванням хімічних і натуральних волокон, адже в усіх випадках інтегральний показник конкурентоспроможності більший за одиницю і знаходиться в межах .

Таким чином, проведені розрахунки інтегрального показника конкурентоспроможності підтвердили, що нова змішана пряжа на основі волокон льону олійного з додаванням натуральних і хімічних волокон має конкурентні переваги над базовим зразком – пряжею з коротких волокон

волокнами льону-довгунця – як за ціновими, так і за технічними параметрами. Виходячи з цього, можна зробити висновок, що змішану пряжу на основі волокон льону олійного доцільно виробляти та використовувати для виготовлення трикотажних виробів.

5/3/ Розрахунок економічної ефективності виробництва змішаної пряжі на основі волокон льону олійного

На сьогоднішній день одними з найважливіших питань, що постають перед дослідниками-науковцями в галузі товарознавства, залишаються питання підвищення якості продукції, розширення та оновлення її асортименту, а також забезпечення помірних цін на товари широкого вжитку.

Розвиток науки, техніки та економіки на сучасному етапі характеризується як вирішенням питань удосконалення існуючої продукції, так і створенням нових її видів. При цьому дуже важливого значення набувають вид та вартість застосовуваних сировинних компонентів, які формують собівартість одиниці продукції, а також споживча вартість виробу в системі «ціна-якість» [77].

Впровадження будь-яких заходів, спрямованих на підвищення якості продукції, повинно передбачати їх економічне обґрунтування. Тому важливою складовою системи управління якістю є визначення економічної ефективності підвищення якості.

У результаті проведених під час виконання роботи досліджень було розроблено склад змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, в композицію з якими у відсотковому співвідношенні 40/60 входять поліефірні, вовняні та бавовняні волокна. На базі ТОВ «Богуслав текстиль» у промислових умовах було виготовлено зразки змішаної пряжі різного композиційного складу.

Продукція, що запропонована до випуску, буде виготовлятися за новітніми технологіями бавовно- або льонопрядіння й матиме високі показники якості, які дозволять їй конкурувати з сучасною трикотажною продукцією.

Сумарні витрати на одержання однієї тонни змішаної пряжі з волокна льону олійного та інших натуральних і хімічних волокон будуть складатися з витрат на придбання сировини та виготовлення з неї пряжі. Необхідно мати на увазі, що вартість сировини становить близько 70-75 % від собівартості пряжі, тому оптимальний вибір сировини для виготовлення пряжі необхідної якості має дуже велике значення.

За даними ринку експорту сировини в Україну станом на 2013 р. ціна поліефірного волокна дорівнювала 9,20 грн. / кг, вовняного – 12,3 грн. / кг, а бавовняного – 10,40 грн. / кг [4, 155].

Загальні витрати на отримання 1 тонни волокна льону олійного будуть становити в середньому 3035,66 грн. / т згідно з розрахунками [32]. Отже, волокно №3, отримане на модернізованому куделеприготувальному агрегаті, буде коштувати 2969,53 грн. / т, № 6 – 3078,07 грн. / т, № 8 – 3059,39 грн. / т, тобто один кілограм волокна льону олійного в середньому буде коштувати 3,04 грн.

Для початку треба встановити загальну кількість волокнистих компонентів у суміші, т, та загальний відсоток вкладень волокон у суміш, %:

$$Q_{o/d} = \sum Q_{o/d} \quad (5.17)$$

$$Q_{o/d} = 400 + 600 = 1000 \text{ т}$$

$$B_{o/d} = 40 + 60 = 100\%$$

Також розраховуємо вартість суміші за формулою:

$$Z_{o/d} = Q_{o/d} \cdot \sum C_{o/d} \quad (5.18)$$

$$Z_{л-б} = 1000 \cdot (1,22 + 6,24) = 7460 \text{ грн/т}$$

$$Z_{л-в} = 1000 \cdot (1,22 + 4,92) = 6140 \text{ грн/т}$$

$$Z_{л-л} = 1000 \cdot (1,22 + 5,52) = 6740 \text{ грн/т}$$

Таким чином, виходячи з розрахунків на 1 т, вартість 1 кг сировини для виробництва змішаної пряжі з волокон льону олійного та лавсану у відсотковому співвідношенні 40/60 становитиме 6,74 грн., льон-вовни – 6,14 грн., льон-бавовни – 7,46 грн.

Отже, сумарні витрати на виготовлення 1 кг змішаної пряжі з волокон льону олійного й бавовни або лавсану чи вовни на типовому прядильному обладнанні складаються з витрат на експлуатацію обладнання, електроенергію, амортизаційні відрахування та заробітну плату основних і допоміжних працівників.

Розрахунок витрат на експлуатацію обладнання здійснюється за формулою:

$$Z_{ЕП} = B_{ел} \cdot \Phi_{Д.О.} \cdot K_B, \quad (5.19)$$

де $B_{ел}$ – витрати на електроенергію, споживану обладнанням для забезпечення роботи;

$\Phi_{Д.О.}$ – дійсний фонд часу роботи обладнання, год.;

K_B – середній коефіцієнт використання обладнання (при нормальному стані устаткування $K_B = 1$).

$$B_{ел} = C_{ел} \cdot N_{уст}, \quad (5.20)$$

де $C_{ел}$ – ціна 1 кВт/год електроенергії, грн. (для промислових підприємств $C_{ел} = 1,147$ грн.);

$N_{уст}$ – потужність прядильного обладнання, кВт (для бавовнопрядильного обладнання $N_{уст} = 58,3$ кВт).

$$B_{ел} = 1,147 \cdot 58,3 = 66,9$$

При продуктивності бавовнопрядильної лінії 23,80 кг/год дійсний фонд часу роботи $\Phi_{д.о.}$ в перерахунку на одну тону пряжі дорівнює 42 год.

$$З_{ЕП} = 66,9 \cdot 42 \cdot 1 = 2809,8 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування A , грн. розраховуються за формулою:

$$A = \frac{C_{1л} \cdot n \cdot H_a}{100}, \quad (5.21)$$

де $C_{1л}$ – вартість однієї бавовнопрядильної лінії, грн.;

n – кількість одиниць, шт.;

H_a – норма амортизації, яка становить 18 % на рік від вартості обладнання.

Для одержання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням інших натуральних та хімічних волокон використовували типове бавовнопрядильне обладнання, вартість якого, за даними ТОВ «Богуслав текстиль», дорівнює 1145000 грн.

Таким чином, амортизаційні відрахування за рік становлять 206100 грн. Для визначення амортизаційних відрахувань на виробництво 1 т змішаної льоновмісної пряжі необхідно розрахувати кількість сировини Q , яку може переробити за рік типова бавовнопрядильна лінія, за формулою:

$$Q = K_s \cdot П \cdot Д_p \cdot T, \quad (5.22)$$

- де K_3 – кількість змін на добу ($K_3 = 1$ зміна);
 Π – виробнича потужність бавовнопрядильної лінії, кг/год;
 D_p – кількість робочих днів на рік;
 T – тривалість зміни, год. ($T = 8$ год).

Кількість робочих днів на рік обчислюється з урахуванням тривалості робочого тижня (на ТОВ «Богуслав текстиль» – п'ятиденний), кількості вихідних і святкових днів та тривалості капітального ремонту обладнання за формулою:

$$D_p = D_k - D_c - D_v - D_{k.p.}, \quad (5.23)$$

- де D_k – кількість календарних днів на рік ($D_k = 365$ днів);
 D_c – кількість святкових днів на рік ($D_c = 10$ днів);
 D_v – кількість вихідних днів на рік ($D_v = 104$ дні);
 $D_{k.p.}$ – кількість днів, передбачених для капітального ремонту обладнання ($D_{k.p.} = 17$).

$$D_p = 365 - 10 - 104 - 17 = 234 \text{ дні}$$

Таким чином, кількість робочих днів на рік становить 234 дні. Тоді кількість сировини Q , яку можна переробити на типовому бавовнопрядильному обладнанні за рік, дорівнює 44,6 т/рік.

$$Q = 1 \cdot 23,8 \cdot 234 \cdot 8 = 44,6 \text{ т}$$

Отже, амортизаційні відрахування на переробку 1 т змішаної пряжі на основі волокон льону олійного становитимуть 4621 грн.

Витрати на заробітну плату $B_{з.п.}$ будуть складатися з фонду оплати праці, який враховує фонд основної заробітної плати працівників, та фонду заохочувальних і компенсаційних виплат:

$$B_{з.п.} = (C_{з.п.} + \Phi_{к.}) \cdot n_n, \quad (5.24)$$

де $C_{з.п.}$ – ставка заробітної плати, грн.;

$\Phi_{к.}$ – фонд заохочувальних і компенсаційних виплат, грн.;

n_n – кількість працівників на виробництві.

Контроль злагодженої роботи прядильної лінії здійснюють 7 працівників, включаючи основних робітників та допоміжних працівників:

1. Майстер цеху.
2. Транспортний робітник, який забезпечує подавання кіп із сировиною в цех.
3. Змішувальник волокон.
4. Оператор розпушувально-очищувального агрегату.
5. Оператор стрічкових машин.
6. Прядильник 5-го розряду.
7. Механік.

Фонд заохочувальних і компенсаційних виплат основних та допоміжних працівників включає одноразову доплату на рік у розмірі 30 % від фонду основної заробітної плати, що дорівнює 600 грн.

Основна заробітна плата в Україні, відповідно до тарифних ставок працівників і посадових окладів, у середньому становить 2000 грн.

$$B_{з.п.} = (12 \cdot 2000 + 600) \cdot 7 = 172200$$

Враховуючи вищезазначене, сумарна заробітна плата працівників *B_{з.п.}* дорівнюватиме 172 200 грн. / рік, а в перерахунку на переробку однієї тонни змішаної льоновомісної пряжі становитиме 3861 грн.

Таким чином, собівартість однієї тонни змішаної пряжі на основі волокон льону олійного буде складатися з витрат на сировину, амортизаційні відрахування, експлуатацію обладнання та заробітну плату працівників. Результати розрахунку собівартості змішаної пряжі з різним волокнистим складом наведені в табл. 5.13-5.15.

Таблиця 5.13 – Собівартість 1 т змішаної пряжі з волокон льону олійного та бавовни

№ з/п	Стаття витрат	Витрати на одиницю продукції, грн./т
1.	Придбання сировини	7460
2.	Експлуатація обладнання	2809,8
3.	Амортизаційні відрахування	4621
4.	Заробітна плата основних і допоміжних працівників	3861
5.	Разом	18751,8

Таблиця 5.14 – Собівартість 1 т змішаної пряжі з волокон льону олійного та вовни

№ з/п	Стаття витрат	Витрати на одиницю продукції, грн./т
1.	Придбання сировини	6140
2.	Експлуатація обладнання	2809,8
3.	Амортизаційні відрахування	4621
4.	Заробітна плата основних і допоміжних працівників	3861
5.	Разом	17431,8

Таблиця 5.15 – Собівартість 1 т змішаної пряжі з волокон льону олійного та лавсану

№ з/п	Стаття витрат	Витрати на одиницю продукції, грн./т
1.	Придбання сировини	6740
2.	Експлуатація обладнання	2809,8
3.	Амортизаційні відрахування	4621
4.	Заробітна плата основних і допоміжних працівників	3861
5.	Разом	18031,8

У табл. 5.16 наведено техніко-економічні показники ефективності використання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, одержаної на базі ТОВ «Богуслав текстиль», як сировини, що замінить імпортовану бавовняну пряжу на підприємствах із виробництва текстильних товарів широкого вжитку.

Таблиця 5.16 – Розрахунок економічної ефективності використання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного для виробництва текстильних товарів

№ з/п	Найменування економічних показників	Змішана пряжа		
		льон олійний-бавовна	льон олійний-лавсан	льон олійний-вовна
1.	Собівартість змішаної пряжі, грн. / т	18751,8	18031,8	17431,8
2.	Нарахування ПДВ (20 % від собівартості пряжі), грн. / т	3750,4	3606,4	3486,3
3.	Відсоток прибутковості (40 % від собівартості пряжі), грн. / т	7500,7	7212,7	6972,7

4.	Ціна змішаної пряжі на основі волокон льону олійного для трикотажних підприємств, грн. / т	30002,9	28850,9	27890,8
5.	Ціна на пряжу з волокном льону-довгунця для трикотажних підприємств станом на 08.11. 2013 р., грн. / т	56500	38900	45860
6.	Економія для трикотажних підприємств від закупівлі змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, грн. / т	12497,1	13649,1	17969,2

У табл. 5.17 подано результати розрахунку річного економічного ефекту від реалізації змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням натуральних і хімічних волокон у відсотковому співвідношенні 40/60, придатної для виготовлення широкого асортименту текстильних товарів.

Крім того, здійснено розрахунок чистого прибутку від виробництва трьох видів змішаної пряжі на основі волокон льону олійного:

- льон олійний – бавовна;
- льон олійний – вовна;
- льон олійний – лавсан;

Таблиця 5.17 – Річний економічний ефект від реалізації змішаної пряжі на основі волокон льону олійного

№ з/п	Найменування економічних показників	Змішана пряжа		
		льон олійний-бавовна	льон олійний-лавсан	льон олійний-вовна
1.	Кількість пряжі, виготовленої на бавовнопрядильному обладнанні, т/рік	44,6	44,6	44,6
2.	Річний дохід від реалізації продукції, грн. / рік	1338129,3	1286750,1	1243929,6
3.	Чистий прибуток від виробництва змішаної пряжі з волокнами льону олійного, грн. / рік	334531,2	321686,4	318739,6

Результати проведеного аналізу ефективності застосування в текстильному виробництві розроблених сумішевих композицій на основі волокон льону олійного показали, що найбільший дохід у розмірі 1338129,3 грн. / рік досягається від реалізації змішаної пряжі з волокон льону олійного та бавовни. Також розрахована економія для трикотажних підприємств від використання вітчизняної екологічно чистої пряжі на основі волокон льону олійного. Для суміші з бавовною вона становить 12497,1 грн. / т, з лавсаном – 13649,1 грн. / т, з вовною – 17969,2 грн. / т, що дає підставу стверджувати про економічну доцільність застосування в трикотажній промисловості вітчизняної сировини – льону олійного – замість коротких волокон льону-довгунця.

5/4/ Розрахунок ефективності інвестицій у виробництво змішаної пряжі на основі волокон льону олійного

Оцінити ефективність впровадження виробництва змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням натуральних і хімічних волокон можна за допомогою методу оцінювання ефективності інвестицій [77]. Він базується на визначенні розмірів грошового потоку, який складається із суми чистого прибутку та амортизаційних відрахувань за час експлуатації. При цьому сума грошового потоку й сума капітальних вкладень мають бути зведені до поточної вартості.

До системи показників, які використовуються для визначення ефективності інвестицій, належать: сума чистого зведеного прибутку, індекс доходності, період окупності, коефіцієнт рентабельності.

Чистий зведений прибуток (ЧЗП) – це абсолютна сума ефекту від здійснення інвестицій. За попередніми розрахунками, наведеними в п. 5.4 даної роботи, він становить: для льоно-бавовняної пряжі – 334531,2 грн. / рік, льоно-лавсанової – 321686,4 грн. / рік та льоно-вовняної – 318739,6 грн. / рік. Розрахунок витрат, необхідних для реалізації інвестиційного проекту з виробництва нового асортименту змішаної пряжі на основі волокон льону олійного, наведений в табл. 5.18.

Таблиця 5.18 – Розрахунок витрат на впровадження інвестиційного проекту

№ з/п	Інвестиції	Змішана пряжа		
		льон олійний-бавовна	льон олійний-лавсан	льон олійний-вовна
1.	Модернізація обладнання	128655,2	117125,6	121235,8
2.	Розширення сировинної бази	91478,5	80852,3	64569,1
3.	Придбання допоміжного обладнання	5352,8	5244,9	6512,2
4.	Ремонтні роботи в цеху	18234,7	36339,1	47893,2
	Всього, грн.	243721,2	239561,9	240210,3

Чистий зведений прибуток значно перевищує інвестиції, тому проект є ефективним.

Індекс доходності $ИП$ – це відносний показник, що характеризує ефективність інвестицій. Він визначається відношенням суми грошового потоку, зведеного до поточної вартості, до суми вкладених коштів (5.25):

$$ИП = \sum_{t=1}^n \frac{ГП_t}{(1+\partial)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{L_t}{(1+\partial)^t}, \quad (5.25)$$

де L_t – початкові інвестиції, грн.;

$ГП_t$ – грошові потоки в році t , що будуть отримані завдяки інвестиціям, грн;

∂ – ставка дисконтування, %.

$$ИП_{(Л-Б)} = 334531,2 / 243721,2 = 1,4$$

$$ИП_{(Л-В)} = 318739,6 / 240210,3 = 1,3$$

$$ИП_{(Л-Л)} = 321686,4 / 239561,9 = 1,3$$

Таким чином, індекс доходності значно перевищує 1, тому проект є вигідним.

Період окупності $П_о$ – це час, за який вкладені кошти повернуться до інвестора. Він розраховується за формулою:

$$П_о = I / ГП_c, \quad (5.26)$$

де I – загальна сума інвестицій у поточній вартості, грн.;

$ГП_c$ – середньорічна сума грошового потоку в поточній вартості,

грн.

$$P_{o(L-B)} = 243721,2/334531,2 = 0,7 \text{ роки}$$

$$P_{o(L-B)} = 240210,3/318739,6 = 0,7 \text{ роки}$$

$$P_{o(L-L)} = 239561,9/321686,4 = 0,7 \text{ роки}$$

Таким чином, термін окупності є невеликим.

Коефіцієнт рентабельності розраховується за формулою:

$$P = \frac{ЧЗП}{I} \cdot 100,$$

(5.27)

$$P_{(L-B)} = (334531,2/243721,2) \cdot 100 = 137 \%$$

$$P_{(L-B)} = (318739,6 / 240210,3) \cdot 100 = 133 \%$$

$$P_{(L-L)} = (321686,4/239561,9) \cdot 100 = 134 \%$$

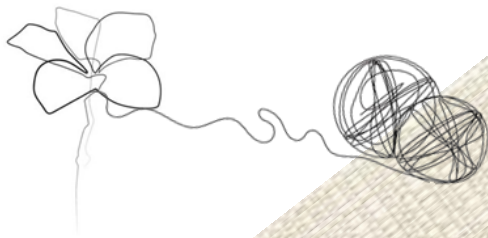
Оскільки коефіцієнти рентабельності є досить високими, можна зробити висновок, що інвестиції, вкладені в проект, є виправданими.

Розраховані показники ефективності інвестиційного проекту свідчать про те, що його реалізація є прибутковою та ефективною.

Важливою є соціальна значимість впровадження у виробництво інноваційної змішаної пряжі на основі волокон льону олійного з додаванням натуральних і хімічних волокон, що полягає в: розробленні нового асортименту змішаної пряжі; отриманні нової наукової інформації; заміні імпортованої бавовняної сировини та коротких волокон льону-довгунця; розширенні асортименту вітчизняних сировинних екологічно чистих ресурсів для трикотажних підприємств із метою більш повного задоволення потреб сучасного споживача.

Таким чином, використання змішаної пряжі на основі волокон льону олійного в легкій промисловості дозволяє не тільки покращити споживні властивості майбутніх трикотажних товарів і розширити їх асортимент, але й виготовляти їх із доступної та нешкідливої сировини, що дасть

можливість задовольнити зростаючий попит споживачів на екологічно чисту трикотажну продукцію.



ВИСНОВКИ

В рамках концепції сталого розвитку світова текстильна промисловість нині орієнтована на скорочення використання синтетичних матеріалів, що забруднюють довкілля. Луб'яні культури є повністю біорозкладною сировиною, яка дозволяє зменшити вуглецевий слід виробництва. Тому стабільне зростання ринку вказує на стійкий інтерес споживачів до натуральних матеріалів, адже незважаючи на загальну економічну ситуацію, світовий попит на високоякісну, екологічну та ексклюзивну продукцію з натуральних волокон (таких як льон, коноплі, джут) зростає. Акцент активно підвищується на преміум та люкс-сегменті, оскільки споживачі готові платити більше за якість, екологічність, довговічність та унікальний дизайн виробів із луб'яної сировини.

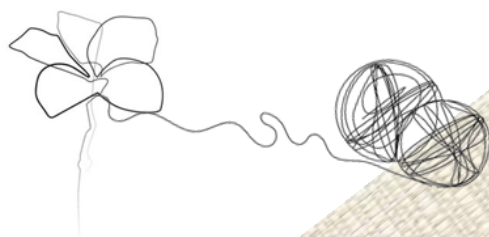
У монографії досліджено сучасний стан легкої промисловості та її сировинної бази, встановлено наявність суттєвої залежності від імпортової бавовняної пряжі та дефіциту доступної натуральної сировини для трикотажного виробництва. Україна нині має значний потенціал у вирощуванні та переробці льону олійного, а світовий тренд щодо напрямків використання луб'яної сировини з льону олійного відкриває великі експортні перспективи для держави. Переорієнтація українських виробництв на створення продукції з волокон льону олійного може стати потужним стимулом для розвитку легкої промисловості в країні.

Світова практика демонструє інтенсивне розширення сфер застосування волокон олійного льону в промисловості. Зокрема, їх використовують для створення технічних, текстильних, целюлозних, а також композитних виробів. Продукція зі стебел льону олійного також затребувана у будівельному та паливно-енергетичному секторах. Отже, глобальний ринок вказує на перспективну нішу для українських

виробників, які зможуть вийти на ринок із високоякісною продукцією, виготовленою з луб'яних культур.

Текстильний сектор як в Україні, так і в усьому світі є однією з провідних галузей економіки, що значною мірою забезпечує формування державного бюджету. Тому використання льону олійного визначено як перспективний напрям в даних сегментах легкої промисловості з огляду на його доступність в Україні. В роботі теоретично обґрунтовано та експериментально доведено доцільність використання волокон льону олійного для створення конкурентоспроможної змішаної пряжі, придатної для виготовлення текстильних і трикотажних виробів широкого вжитку.

Практичне значення роботи полягає у створенні нового асортименту змішаної пряжі, яка має покращені фізико-механічні та санітарно-гігієнічні властивості; здатна частково замінити імпортовану бавовняну пряжу; забезпечує зниження собівартості виробів і підвищення конкурентоспроможності українських трикотажних підприємств; відповідає сучасним вимогам екологічності та споживчого попиту на натуральні волокнисті матеріали.



СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Стан легкої промисловості в Україні: виклики та перспективи [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hub.kyivstar.ua/articles/stan-legkoji-promislovosti-v-ukrayini-vikliki-ta-perspektivi>.
2. Державна служба статистики України [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
3. Асоціація «Укрлегпром» // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrlegprom.org.ua>.
4. Журнал Forbes Ukraine: 10 найбільших виробників одягу, взуття і текстилю в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://surl.li/nlfbjz10>.
5. Секторальний аналіз: легка промисловість / О. Бетлій, Є. Ангел // Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2024 р., с. – 11. ([Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ier.com.ua/files/Projects/2024/СЕР/Sectoral_report_light_industry.pdf).
6. Міністерство економіки, довкілля та сільського господарства України [Електронний ресурс]: – Режим доступу: <https://me.gov.ua/?lang=uk-UA>.
7. Ma'Rijany Hemp Company [Ma'Rijany Hemp Company]. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.facebook.com/share/15mwrHpNj5/; https://www.instagram.com/reel/C_vFcjVtu5h/?igsh=MXV0eHF3cWZzenJlMw%3D%3D, available on-line 25.11.2025.
8. Війна в Україні знищує ґрунти — як врятувати мертві землі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://superagronom.com/blog/925-viyna-v-ukrayini-znischuye-grunti--yak-vryatuvati-mertvi-zemli>.
9. Бойко Г.А. Можливості використання луб'яної сировини в інноваційних текстильних товарах / Г.А. Бойко, Т.М. Головенко, О.В. Остапчук,

О.А. Гич // Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Технічні науки. – 2024. – № 40. – С. 33-38. <https://doi.org/10.32782/2522-1221-2024-40-05>.

10. Saskatchewan Flax Development Commission (2021) [Electronic resources]. – Canada, 2015. – Mode of access: <http://www.saskflax.com/>.

11. Бойко Г.А. Потенційні можливості виходу на ринки товарів з волокон льону олійного / Г.А. Бойко, Т.М. Головенко, Л.М. Поліщук // Товарознавчий вісник: зб. наук. пр. Луцького національного технічного університету. – Вип. 9. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2016. – С. 33-39.

12. Boyko G. Dependence of hydrophobic properties of textile material on the anatomical structure of hemp fibers in its basis / G. Boyko, T. Holovenko, V. Evtushenko, Y. Berezovsky, O. Fursa, S. Yageluk, O Dombrovskaya, T Kuzmina, Y. Maksimchenko, V. Kraglik, A. Kapitonov, E. Momotok / AD ALTA-journal of interdisciplinary research. - Hradec Kralove (Czech Republic): 2023. - Volume 13, Issue 2. - P.234-237.

13. Hempcrete – це сучасний погляд на давню практику [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hempbud.com.ua/hempcrete-tse-suchasnyu-pohliad-na-davniu-praktyku/>.

14. Boiko H., Evtushenko V., Kalinsky E., Berezovsky Y., Artemenko M., Tymchenko N., Maksimchenko Y., Momotok E., Arkhyp A., Voronko O. Advantages of using bast fiber raw materials in orthopedic pillows. AD ALTA: Journal of Interdisciplinary Research. 14/02-XLIII – 2024 – 154-157.

15. Flax Council of Canada: Flax straw and fibre past and present uses [Electronic resources]. – Canada, chapter 12, 2021. – Mode of access: <http://flaxcouncil.ca/growing-flax/chapters/flax-straw-and-fibre/>.

16. Alternative oilseed and fibrecrops for cool and wet regions of Europe. Proceedings of the COST 814 Workshop / Hennink S., Van Soest L.J.M., Pithan K., Hof L. (eds.), (Wageningen, 7-8th April 2007). – Wageningen, The Netherlands, 2020. – P. 163-167.

17. ASTM International [Electronic resources]. – USA, 2021. – Mode of access: <https://www.astm.org/index.html>.

18. American Flax Fiber [Electronic resources]. – USA, 2021. – Mode of access: <http://www.saskflax.com/>. <http://www.ameriflax.com/default.cfm?page=whoweare>.

19. Akin D.E. Standards for Flax Fiber [Electronic recourses] / Danny E. Akin // Magazines & Newsletters: ASTM Standardization, (USA, News September, 2005). – USA, 2005. – Mode of access: https://www.astm.org/SNEWS/September_2005/akin_sep05.html.

20. Akin D.E. Quality Properties of Flax Fibers Retted with Enzymes / Danny E. Akin, Luanne L. Rigsby, Warren Perkins // Textile research journal. – First Published October 1, 2004 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/004051759906901008/>.

21. Henriksson G. Identification and retting efficiencies of fungi isolated from dew-retted flax in the United States and Europe / Henriksson G., Akin D.E., Hanlin R.T. and other // Appl Environ Microbiol, 1997, Oct;63(10):3950-6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Akin%20DE%5BAuthor%5D&author=true&cauthor_uid=11500213.

22. Akin D.E. Analysis of fiber content in flax stems by near-infrared spectroscopy / Barton F.E., Akin D.E., Morrison W.H. and other // [US National Library of Medicine National Institutes of Health. J Agric Food Chem]. – 2002, Dec 18. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12475273>.

23. Akin D. Pilot plant for processing flax fiber. Industrial Crops and Products / Akin D., Foulk J., Dodd R. – 2005, 21(3). – P. 369-378. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://naldc.nal.usda.gov/download/4310/PDF>.

24. Determining the physical properties of flax fibre for industrial applications: the influence of agronomic practice / A.J. Norton, S.J. Bennett, M. Hughes and other // Journal is

Annals of Applied Biology. – 23 June 2016. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1744-7348.2006.00066.x/abstract>

25. Alternative oilseed and fibrecrops for cool and wet regions of / Pahkala K., Sankari H., Talvitie H., Hennink, S. and other // Europe Cultivation of fibre flax (*Linum usitatissimum* L.) varieties in Finland. Proceedings of the COST 814 Workshop, 7-8th April, 1994. Wageningen, The Netherlands, 2004. – P. 163-167.

26. Guanghua Xu. Researches on structure and property of oil flax fiber / Xu. Guanghua, Yang Jing // J. China Text. Univ. – 2018. – № 5. – P. 91-98.

27. На український ринок виходить китайська мережа текстилю YUYUE Home Textile [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rau.ua/uk/novyni/set-tekstilya-yuyue-home-textile/>.

28. Ansari I.A. Structure Property Relationships in Natural Cellulosic Fibres / I.A. Ansari, G.C. East, D.J. Johnson // Flax and Oil Sorbent. – Part III: Received 13, Nov 2002, Accepted 07 Oct 2003, Published online: 30 Mar 2009. – P. 1-15 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00405000308630590>.

29. Madex [Electronic recourses]. – Poland, 2014. – Mode of access: <http://madex.malbork.pl/en/oferta.html>.

30. Ekotex [Electronic resources]. – Poland, 2015. – Mode of access: <http://ekotex.com.pl/en/about-us/>.

31. Polska Izba Lnu i Konopi [Electronic recourses]. – Poland, 2016. – Mode of access: <http://www.pilik.pl/>.

32. Новітні комплексні системи оцінювання якості та обробки льоновомісних матеріалів: монографія / Т.М. Головенко, О.О. Налобіна, О.В. Пахолюк, О.В. Шовкомуд, Ю.В. Березовський – Луцьк: ЛНТУ, 2024. – 476 с.

33. Чурсіна Л.А., Тіхосова Г.А., Головенко Т.М., Меньяло-Басиста І.О. Н-34 Інноваційні технології одержання нетканих та целюлозовмісних матеріалів з льону олійного: Монографія / Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова, Т.М. Головенко, І.О. Меньяло-Басиста; під ред. Л.А. Чурсіної. – Херсон: Олді-плюс, 2014. – 304 с.

34. Laine A. Flax Fibre Reinforced thermoplastics in injection moulding / A. Laine // The 1-st Nordic Conference on flax and hemp processing, 2016.

35. Langer E. Flax in Germany – new technical and textile applications / E. Langer // The 1-st Nordic Conference on flax and hemp processing. – Germany, 2018.

36. Liljedahl S. Barriers in the Development of Non-Textile Flax Fibre Applications, Flax in the World / S. Liljedahl, B. Smeder, 15-17 July 1993. – Workshop in Bonn (Germany), 2020.

37. Пугачевський Г.Ф. Безпечність лляних товарів, як формування вітчизняного споживчого ринку./ Г.Ф. Пугачевський, Н.І. Осипенко// Товарознавство та інновації: Зб.наук. пр.. – Вип. 2. – Донецьк: Дон НУЕТ, 2010. – С. 3-7.

38. Пугачевський Г.Ф. Діалектичні трансформації властивостей товарів з льону та конопель/ Г.Ф. Пугачевський// Міжнар. наук. – практ. Журнал «Товари і ринки». – К.: КНТЕУ. – 2010. - №1. – С.

39. Головенко Т.М. Актуальність створення нормативних документів на інноваційну продукцію з луб'яних культур / Т.М. Головенко, Г.А. Тіхосова, О.В. Князев: матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції [«Інновації у льонарстві та коноплярстві – 2016»], (м. Глухів, 25-27 жовтня 2016 р.). – Суми: Видавничий будинок «Еллада», 2017. – С. 79-87.

40. Чурсіна Л.А. Економічна оцінка переробки стебел льону олійного в Україні / Л. Чурсіна, Т. Головенко, Л. Бартків // Товари і ринки. Економічні науки. – 2017. – № 2 (24). – Т. 2. – С. 79-95.

41. Пугачевський Г.Ф. Товарознавство непродовольчих товарів. Частина I. Текстильне товарознавство: [підруч. для студентів товарознавчих спеціальностей вищих закладів освіти] / Г.Ф. Пугачевський, Б.Д. Семак. – К.: НМЦ «Укоопосвіта», 1999. – 596 с.

42. Галик І.С. Товарознавство непродовольчих товарів. Частина II. Товарознавство трикотажних товарів/ І.С. Галик, Б.Д. Семак. – К.: НМЦ «Укоопосвіта», 2001. – 296с.

43. Головенко Т.М. Збагачення виробництв України сертифікованою лубоволокнистою сировиною з льону олійного / Т.М. Головенко, О.Л. Ткачук, О.М. Ковтун, О.О. Горач, О.В. Шовкомуд // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету. Технічні науки. – 2018. – Вип. 64. – С. 28-32.

44. Бойко Г.А. Кількісна оцінка волокнистої частини стебел льону олійного / Г.А. Бойко, Г.А. Тіхосова, І.О. Меньяло // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. – 2011. – № 6. – С. 196-199.

45. Федорак В.І. Сучасні тенденції інноваційного розвитку підприємств легкої промисловості в умовах глобалізації. Вчені записки університету «КРОК». Серія : Економіка. 2019. Вип. 2. С. 231-236.

46. Головенко Т.М. Особливості товарознавчої оцінки якості соломи льону олійного / Т.М. Головенко, Л.Г. Бартків, Г.А. Тіхосова // Товарознавчий вісник: зб. наук. пр. Луцького національного технічного університету. – Вип. 10. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2017. – С. 52-63.

47. Головенко Т.М. Інноваційні технології в оцінці якості та безпечності товарів: європейський досвід та українські перспективи / Т.М. Головенко, Коломієць С.М., Шовкомуд О.В.: матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції «Якість та безпечність товарів», 5 квітня 2024 року.: тези доп. – Луцьк: ЛНТУ, 2024 – С. 20-22.

48. Захожай В.Б. Статистика якості / В.Б. Захожай, А.Ю. Чорний. – К.: МАУП, 2005. – 576 с.

49. Кобилянський Л.С. Управління конкурентоспроможністю: [навч. посіб.] / Л.С. Кобилянський – К.: Зовнішня торгівля, 2003. – 304 с.

50. Касьян З.Е. Діагностика інноваційної діяльності вітчизняних підприємств легкої промисловості / З.Е. Касьян, Т.Є. Воронкова // Вісник КНУТД. – 2012. – № 1. – С. 145-152.

51. Омельченко В.Д. Проектування виробництв трикотажної промисловості. / В.Д. Омельченко, Н.М. Литвиненко, Є.О. Романюк. – К.: КНУТД, 2012. – 325с.

52. Слізков А.М., Якубовська Т.О., Рибальченко В.В., Дрегуляс Є.П., Крижанівська О.П. Основи технологій прядильних виробництв. Підручник. – К.: КНУТД-. 2007. - 424 с.

53. Кузьміна Т.О. Якість і стандартизація модифікованих лляних волокон: [монографія] / Т.О.Кузьміна, Л.А.Чурсіна, Г.А.Тіхосова. – Херсон.: Олді-плюс, 2009. – 416 с.

54. Кузьміна Т.О. Сучасний стан товарознавчої оцінки якості та стандартизації інноваційних лляних матеріалів / Т.О. Кузьміна, Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова // Товарознавчий вісник: зб. наук. праць Луцького нац. техн. ун-ту. – Луцьк, 2009. – С. 160-178.

55. Треста лляна. Технічні умови: ДСТУ 4149:2003. – [Чинний від 01.07.1984]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 14 с. – (Національний стандарт України).

56. ТУ У 01.1-2303511525-001:2025 Солома льону олійного. Технічні умови: – [Чинний від 2025-04-15]. – Біла Церква: ДП "Київоблстандартметрологія" Мінекономрозвитку України, 2025. – 35 с. (Технічні умови України).

57. ТУ У 01.1-3161317547-001:2025 Треста льону олійного. Технічні умови: – [Чинний від 2025-04-15]. – Біла Церква: ДП "Київоблстандартметрологія" Мінекономрозвитку України, 2025. – 41 с. (Технічні умови України).

58. ТУ У 01.1-3161317547-002:2025 Волокно льону олійного. Технічні умови: – [Чинний від 2025-04-15]. – Біла Церква: ДП "Київоблстандартметрологія" Мінекономрозвитку України, 2025. – 64 с. (Технічні умови України).

59. Волокно лляне коротке. Технічні умови: ДСТУ 5015:2008. – [Чинний від 2008-12-06]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 10 с. (Національний стандарт України).

60. Текстиль. Волокна і нитки (пряжа). Методи визначення торгової маси партії вантажу: ДСТУ 6741-1:2004 [Чинний від 01.07.2005]. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 16 с. (Національний стандарт України).

61. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Науково-дослідна робота з використанням ЕОМ» / укладачі С.С. Бабіч, Є.О. Калінський]. – Херсон, 2009. – 58 с.

62. Головенко Т.М. Перспективні методи і системи контролю якості інноваційної луб'яної сировини / Т.М. Головенко, Т.І. Янюк, Г.А. Бойко, А.С. Дягилев, О.В. Шовкомуд // Наука та інновації: науково-практичний журнал НАН України. - Київ: 2019. - Том 15(3). – С. 94-109.

63. Каталог сортів та гібридів олійних культур. – Запоріжжя: УААН Інститут олійних культур, 2009. – С. 20-31.

64. Головенко Т.М. Стратегія сталого розвитку текстильних підприємств України за рахунок використання вітчизняної луб'яної сировини / Т.М. Головенко, О.В. Шовкомуд: матеріали VI міжнародної науково-технічної конференції з проблем вищої освіти і науки ТК-2020 [«Прогресивні напрямки розвитку технологічних комплексів»], (м. Луцьк, 2-4 червня 2020 р.). – Луцьк: ЛНТУ, 2020. – С. 76-78.

65. Рой О.О. Порівняльна характеристика морфологічних та технологічних ознак стебел льону двох груп / О.О. Рой, Л.А. Чурсіна // Легка промисловість. – 2007. – № 3. – С. 38.

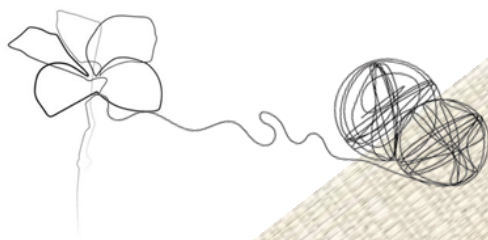
66. Горач О.О. Розробка технології одержання трести із соломи льону олійного з використанням штучного зволоження: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів / О.О. Горач. – Херсон, 2009. – 24 с.

67. Стівен Б. Вардемен. Статистичні методи забезпечення якості: [посіб. для вищих навч. закладів] / Стівен Б. Вардемен, Дж. Маркус Джоуб; [пер. з англ. Р. Григоренко, А. Півторак, С. Яблонський]. – К.: КНТЕУ, 2003. – 254 с.

68. Захожай В.Б. Статистика якості: [підручн.] / В.Б. Захожай, А.Ю. Чорний. – К.: МАУП, 2005. – 576 с.
69. Найденко В.І. Похибки та обробка результатів вимірювань фізичних величин. Порядок роботи студентів у фізичній лабораторії: методичні вказівки / В.І. Найденко. – К.: КНТЕУ, 2002. – 33 с.
70. Бойко Г.А. Фізичні характеристики волокнистої частини стебел соломи льону олійного за довжиною стебел / Г.А. Бойко, Г.А. Тіхосова, Т.М. Головенко // Вісник Хмельницького нац. ун-ту. Технічні науки. – 2012. – № 2. – С. 125-129.
71. Бойко Г.А. Раціональне використання стебел льону олійного з метою створення нового асортименту продукції / Г.А. Бойко, Т.М. Головенко // Наукові розробки молоді на сучасному етапі: XII всеукр. наук. конф. молодих вчен. та асп., 25-26 квітня 2012 р. – Т. 1 – К., 2012. – С. 285-286.
72. Галик І.С. Проблеми формування та оцінювання екологічної безпечності текстилю: монографія/ І.С. Галик, Б.Д. Семак. – Львів: Видавництво Львівської комерційної академії, 2014. – 488 с.
73. Бойко Г.А. Товарознавчі властивості інноваційної продукції з льону олійного / Г.А. Бойко, Т.М. Головенко, І.О. Меньяло // Товарознавчий вісник: зб. наук. пр. Луцького національного технічного університету. – Луцьк. – 2011. – № 4. – С. 20-25.
74. Кузьміна Т.О. Сучасний стан товарознавчої оцінки якості та стандартизації інноваційних льняних матеріалів / Т.О. Кузьміна, Л.А. Чурсіна, Г.А. Тіхосова // Товарознавчий вісник: зб. наук. праць Луцького нац. техн. ун-ту. – Луцьк, 2009. – С. 160-178.
75. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення: ДСТУ 2925-94. [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 34 с. (Державний стандарт України).

76. Параметри вагомості показників якості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/16672/investuvannya/parametri_vagomosti_pokaznikov_yakosti.

77. Кардаш В. Я. Товарна інноваційна політика: підручн. / В.Я. Кардаш, І.А. Павленко, О.К. Шафалюк // Економічний зміст визначення рівня якості продукції. – К.: КНЕУ, 2002. – 266 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://studhttp://studentbooks.com.ua/content/view/94/54/1/10/>.



ГОЛОВЕНКО Тетяна Миколаївна

БОЙКО Галина Анатоліївна

ПАХОЛЮК Олена Василівна

БАРТКІВ Лариса Григорівна

ШОВКОМУД Олександр Володимирович

Монографія

**НАУКОВІ ОСНОВИ
ЗАСТОСУВАННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО
У ЛЕГКІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Комп'ютерний набір і верстка: Т.М. Головенко

Г.А. Бойко

О.В. Пахолук

Л.Г. Бартків

О.В. Шовкомуд

Відділ іміджу та промоції ЛНТУ

Підп. до друку «_»_ 2025 р.

Формат 60x84/16. Папір офс.

Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. _.

Тираж 50 прим.

Друк - Відділ іміджу та промоції ЛНТУ

43018, м.Луцьк, вул. Львівська, 75



ТЕТЯНА МИКОЛАЇВНА ГОЛОВЕНКО

доктор технічних наук, старший дослідник,
доцент кафедри технологій легкої промисловості,
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.

Сфера наукових інтересів: новітні рішення в переробці луб'яних культур та оцінювання якості продукції на їх основі; ресурсозберігаючі технології у фешн-індустрії; дослідження факторів формування якості матеріалів та виробів легкої промисловості; тенденції, практика та перспективи в етно-та еко-фешн.



ГАЛИНА АНАТОЛІЇВНА БОЙКО

кандидат технічних наук,
доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації,
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.

Сфера наукових інтересів: наукове обґрунтування застосування луб'яних волокон у виробництві текстильних виробів.



ОЛЕНА ВАСИЛІВНА ПАХОЛЮК

кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри товарознавства та експертизи в митній справі,
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.

Сфера наукових інтересів: наукові засади формування асортименту та підвищення якості льоновомісних текстильних матеріалів; застосування сучасних та нанотехнологій у виготовленні нових видів текстильних матеріалів.



ЛАРИСА ГРИГОРІВНА БАРТКІВ

кандидат технічних наук,
заступник генерального директора з наукової роботи,
ДП «КИЇВОБЛСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ».

Сфера наукових інтересів: стратегічний інноваційний розвиток сфери стандартизації та оцінки відповідності в Україні.



ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ ШОВКОМУД

кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технологій легкої промисловості,
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.

Сфера наукових інтересів: сучасні підходи щодо удосконалення процесів переробки текстильної сировини.

