ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКГО (М. КРИВИЙ РІГ)

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ВИСОКОЯКІСНОЇ ВОВНЯНОЇ СИРОВИНИ

СЕМЕШКО Ольга Яківна

ПОКРОВСЬКА Альона Василівна

- **МЕТА РОБОТИ** полягала у розробці комплексу новітніх екологічно чистих, енергозберігаючих технологій первинної обробки та фарбування вовняного волокна з використанням електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації (ЕРНОК) для отримання конкурентоспроможної високоякісної вовняної сировини, яка володіє високими фізико-механічними та технологічними властивостями.

- **ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ** – процес очищення та фарбування вовняного волокна на основі електророзрядної обробки.

- **ПРЕДМЕТИ ДОСЛІДЖЕННЯ** – вовняне волокно та розчини кислотних барвників, оброблені дією електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації.

- **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.** Мету роботи було досягнуто з використанням традиційних і сучасних теоретичних та експериментальних методів дослідження, які дозволили отримати основні результати та підтвердити їх достовірність.

У теоретичних дослідженнях використані методи аналізу і синтезу, системний підхід до аналізу технологічних систем, розглянутих як складні системи та метод структурної декомпозиції складних систем. Методологічною основою роботи були новітні методи досліджень у галузі механічної та хімічної технології текстильних матеріалів, текстильного матеріалознавства, переробки сировини, загальної та колоїдної хімії.

Поставлені в роботі завдання вирішувалися за допомогою комплексу традиційних фізико-хімічних, фізико-механічних і ряду сучасних інструментальних методів досліджень, у тому числі спектрофотометричного, колориметричного, мікроскопічного та термогравікалориметричного. Використовувались також методи фізико-математичного моделювання, планування експерименту та аналізу його результатів.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ дослідження полягає в розробці наукових основ процесів обробки вовняного волокна із застосуванням електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації. При цьому вперше:

науково обґрунтовано застосування електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації в процесі підготовки вовни, як спосіб інтенсифікації видалення природних забруднень вовняного волокна;

запропоновано імовірний механізм інтенсифікуючої дії електророзрядної обробки щодо видалення жирових забруднень вовни, який полягає в руйнуванні жирової плівки на поверхні волокна, що забезпечує підвищення швидкості її наступного видалення;

на підставі аналізу даних мікроскопічного дослідження запропоновано механізм надання властивостей незвалювальності вовні, який полягає в згладжуванні поверхні кутикули в результаті впливу електророзрядних кавітаційних факторів;

здійснено інтенсифікацію процесу фарбування вовняного волокна кислотними барвниками за рахунок використання електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації шляхом дії на зовнішнє середовище фарбувальної системи;

запропоновано ймовірний механізм активації розчинів кислотних барвників за рахунок руйнування кластерів води і, як наслідок, зниження її в'язкості і поверхневого натягу, що сприяло посиленню дезагрегації частинок барвників та підвищенню їх дифузійної рухливості в розчині;

визначені кінетичні і термодинамічні параметри процесу фарбування, активованого дією електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації, і встановлено підвищення швидкості дифузії кислотних барвників в розчині та збільшення їх термодинамічної спорідненості до вовняного волокна;

доведено, що формування комплексу високих фізико-хімічних, фізико-механічних, технологічних та експлуатаційних властивостей вовняного волокна можливо внаслідок впливу основних діючих факторів електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації на поверхню і внутрішню структуру кератину вовни.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ОДЕРЖАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

- **Поставлені в роботі наукові завдання вирішені і реалізовані у комплексі новітніх екологічно чистих, енергозберігаючих технологій обробки вовняного волокна, який дозволяє отримати високоякісну вовняну сировину з поліпшеними фізико-механічними та технологічними властивостями.**
- **- на основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблена технологія очищення вовни з використанням електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації, що дозволяє знизити витрати миючих речовин на 50%, води в 1,5 рази, і підвищити конкурентоздатність вітчизняної вовняної сировини (патент України 38562);**
- **- проведення процесу очищення вовни за пропонованою технологією можливо на існуючому устаткуванні безперервної дії шляхом модифікації другої промивної барки агрегату для проведення електророзрядної обробки;**
- **- проведення комплексних досліджень колоїдно-хімічних властивостей вітчизняних поверхнево-активних речовин (ПАР) дозволило розробити нові композиційні миючі препарати для промивання вовни із сильною дією до знежирення, що дозволяє ефективно проводити очищення волокон вовни в м’яких умовах (патент України 32398, патент України 32960, патент України 57000);**
- **- запропоновано ефективну технологію фарбування вовняного волокна кислотними барвниками, яка забезпечує отримання інтенсивних, рівномірних і стійких до фізико-механічних впливів забарвлень і збереження міцнісних властивостей вовняного волокна (патент України 57641);**
- **- підвищено продуктивність виробництва пофарбованого вовняного волокна за рахунок скорочення тривалості процесу фарбування в 1,3 рази;**
- **- знижені енерговитрати на процес фарбування за рахунок скорочення часу та зниження температури фарбування зі 100°С до 85°С;**
- **- результати проведених досліджень застосовуються в навчальному процесі Херсонського національного технічного університету при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю 05130115 – текстильна хімія та оздоблювальні виробництва.**

ОБСЯГ ВПРОВАДЖЕННЯ РОБОТИ

- **Розроблені технології промивання і фарбування вовняного волокна на основі ЕРНОК апробовано на таких виробництвах: ТОВ «Кедр» (с.м.т. Татарбунари, Одеська обл.) акти від 20.10.2008 р., 21.10.2008 р. і 17.04.2013 р.; ТОВ «Ланатекс» (м. Суми) акти від 09.10.2009 р., 14.09.2010 р.; ТОВ «СЄБО ПЛЮС» (м. Суми) акт від 16.05.2013 р.**

- **Розроблену в роботі миючу композицію впроваджено для промивання текстильних матеріалів на ТОВ «Кедр» (акт від 01.12.2011 р.); ТОВ «Сумитекстильторг», м. Суми (акт від 23.11.2011 р.).**

- **Укладено ліцензійний договір з ТОВ «Кедр» щодо застосування розробленого способу промивання вовняного волокна у виробництві.**

- **Результати проведених досліджень застосовуються в навчальному процесі Херсонського національного технічного університету при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю 05130115 – текстильна хімія та оздоблювальні виробництва.**

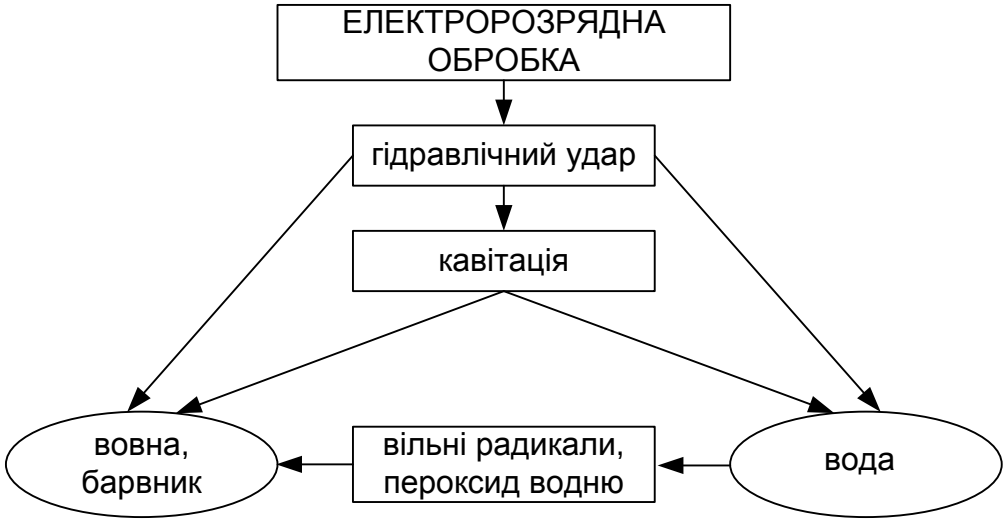
ПУБЛІКАЦІЇ

Загальна кількість публікацій претендентів складає 81 роботу, зокрема у міжнародних журналах з ненульовим імпакт-фактором – 1.

За темою роботи претендентами опубліковано 62 наукові праці:

- **колективних монографій – 3,**
- **статей у виданнях, що входять до науково-метричної бази даних Scopus – 1,**
- **статей у закордонних виданнях – 2,**
- **статей у вітчизняних фахових виданнях – 19,**
- **патентів України – 5,**
- **тез доповідей на конференціях – 31, у тому числі на міжнародних – 15,**
- **методичних праць – 1.**

МЕХАНІЗМ ДІЇ ЕРНОК В ПРОЦЕСІ ОБРОБКИ ВОВНИ



Основними діючими факторами ЕРНОК, які впливають на стан поміщених у оброблюване середовище об’єктів (текстильний матеріал, барвник) є безпосередній вплив електрогідравлічного удару та вільних радикалів і пероксиду водню, що утворюються в робочому середовищі під дією кавітації.

ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ

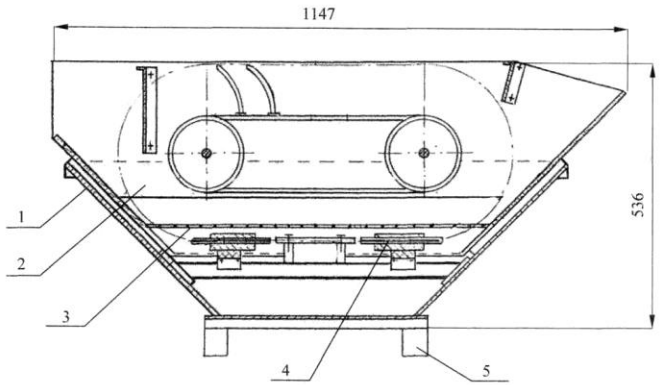


Рис. 1. Напівпромислова установка «Вега-6» для обробки вовняного волокна:

1 – бак;
2 – конвеєр;
3 – захисна сітка;
4 – електроди;
5 – амортизатор.

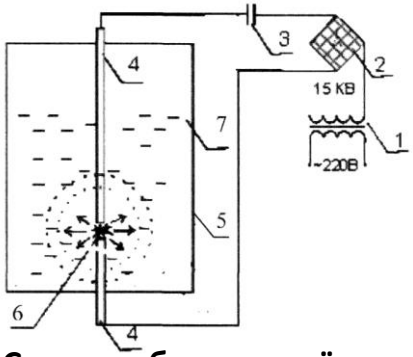


Рис. 2. Схема лабораторної установки для обробки розчинів барвників:

1 – підвищуючий трансформатор,
2 – діодний міст,
3 – конденсатор,
4 – електроди,
5 – корпус реактора,
6 – зона виникнення розряду,
7 – рідина.

Характеристика обладнання

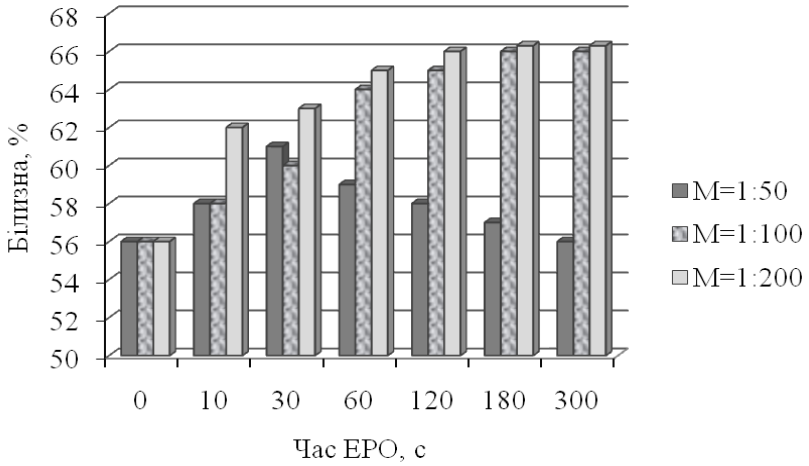
Параметр	Величина
Струм живильної мережі	перемінний, однофазний
Частота, Гц	50±0,1
Напруга живильної мережі, В	220±22
ККД, не менше	0,7
Коефіцієнт потужності, не менше	0,5
Робоча напруга, кВ	15
Частота імпульсів, Гц	1,5
Ємність конденсаторної батареї, мкФ	0,5
Потужність, Вт	400

Основним енергетичним вузлом данних установок є високовольтне електрообладнання - генератор імпульсного струму, який перетворює електричну енергію мережі, накопичує її в електричному полі високовольтного конденсатора і потім комутує енергію в навантаження. Навантаженням є канал розряду між робочим електродом і негативним електродом. Електророзрядна обробка вовняного волокна та розчинів барвників на установці здійснювалася при постійних величинах напруги і частоти імпульсів.

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРИВАЛОСТІ ЕЛЕКТРОРОЗРЯДНОЇ ОБРОБКИ

Вплив модуля ванни та часу електророзрядної обробки на показники якості митої вовни

Час ЕРО, с	Модуль ванни					
	1:50		1:100		1:200	
	Остаточний жировміст, %	Вологість, %	Остаточний жировміст, %	Вологість, %	Остаточний жировміст, %	Вологість, %
-	20,70	9,45	20,70	9,45	20,70	9,45
10	20,40	9,51	20,37	9,55	20,02	9,77
30	20,37	9,53	20,16	9,63	19,71	9,92
60	20,49	9,50	20,14	9,68	19,68	9,97
120	20,48	9,47	20,07	9,78	18,63	9,98
180	20,50	9,46	19,18	10,01	18,19	10,20
300	20,57	9,49	19,20	10,00	18,17	10,22



Залежність білизни митої вовни від модуля ванни та часу ЕРО

Визначенол, що 180 с ЕРО достатньо для повного видалення органічних, мінеральних забруднень вовни, але цього недостатньо для очищення від жирових домішок. Тому виникає необхідність застосування миючих речовин.

РОЗРОБКА КОМПОЗИЦІЇ ПАР ДЛЯ ПРОМИВАННЯ ВОВНИ

На основі досліджень колоїдно-хімічних властивостей ПАР шляхом математичного планування експерименту (симплес-решітчастий план Шефе 2-го порядку) була розроблена композиція ПАР вітчизняного виробництва (патент України 32398, патент України 32960, патент України 57000). Для дослідження впливу розробленої миючої композиції на міцність вовняних волокон (втрата маси при кислотному гідролізі) проводили миття вовни за безперервним способом, який застосовується на сучасних фабриках обробки вовни.

Вплив миючого препарату на якісні показники митої вовни

Тип миючого препарату	pH промивних розчинів	Якісні показники митої вовни			
		Вологість, %	Остаточний жировміст, %	Кількість видалених жирів, %	Втрата маси, %
Вихідна вовна	-	9,45	20,7	-	8,68
Мило+сода	9-10	12,10	1,8	91,0	12,85
Розроблена миюча композиція	7,0	12,58	1,12	94,6	9,19

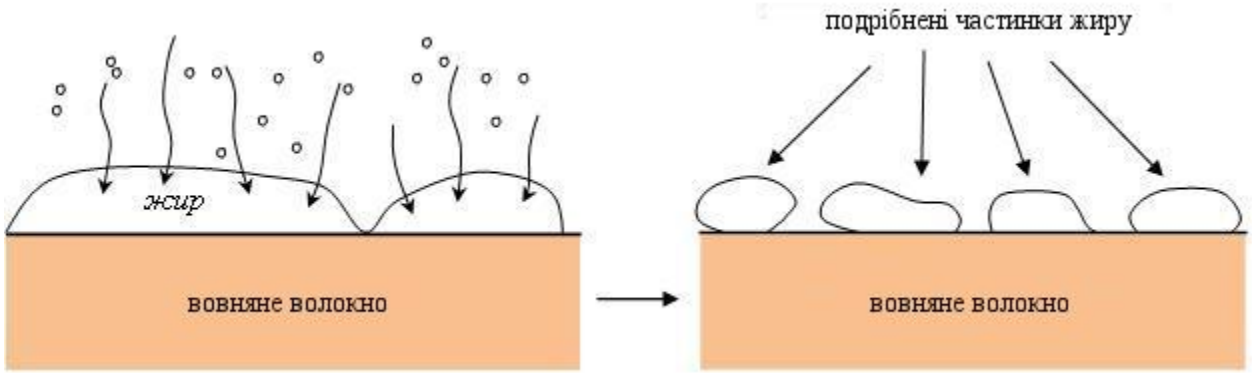
Порівняльний аналіз результатів свідчить, що очищення вовни розробленою миючою композицією забезпечує кращі показники її якості за остаточним жировмістом та вологістю зразків. При цьому розроблена миюча композиція має найменший деструктивний вплив на волокна вовни.

Але миття в розчинах миючих засобів недостатньо для отримання вовняної сировини високої якості через значне звалювання волокон вовни. Для запобігання звалювання волокон необхідно додаткове використання ЕРО з метою модифікації поверхні волокон.

ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОВНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕРНОК

попереднє замочування 5 хв., 20 °С → ЕРО → промивання в розчині миючої композиції → промивання чистою водою 25-30 °С

Технологічна схема очищення вовняного волокна



Механізм руйнування жирової плівки на поверхні вовняного волокна під впливом ЕРНОК

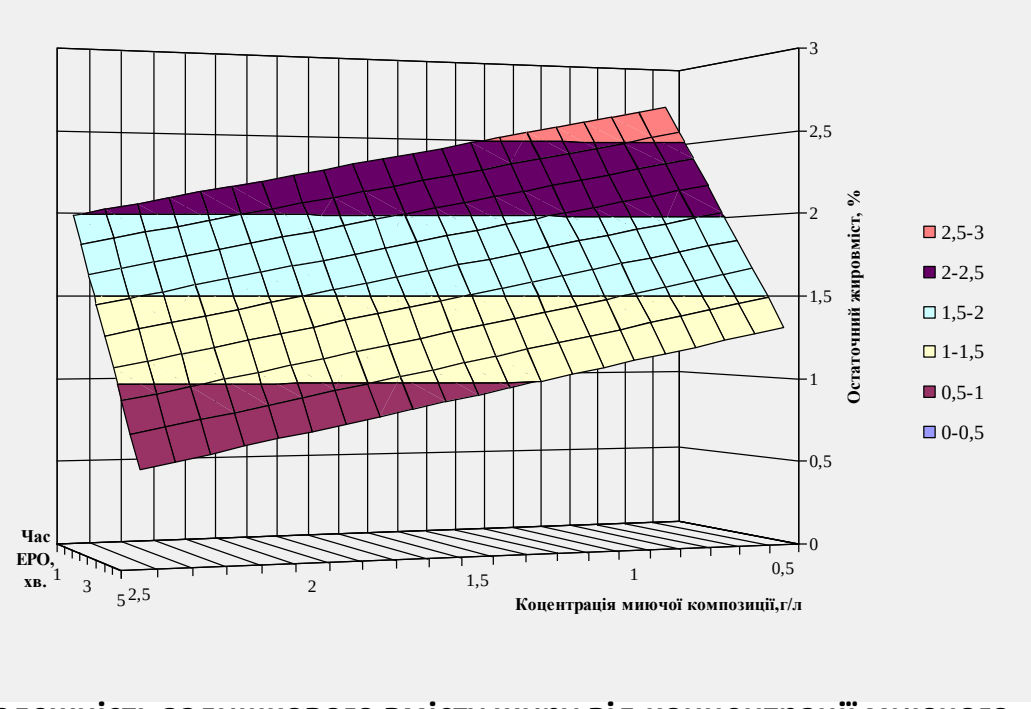
РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ВОВНИ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОГО ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО СПОСОБУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ

Для визначення основних технологічних параметрів проведення процесу промивки за допомогою ЕРО в розчині розробленої композиції проводили оптимізацію процесу очищення з використанням метода математичного планування – повнофакторного експерименту типу 2^3.

Основними факторами процесу очищення вовни на основі ЕРО вибрані концентрація миючої композиції (С, г/л), температура обробки в розчині миючої композиції (Т, °С) та час ЕРО (τ, хв). Критерієм оптимізації (*Y*) - остаточний вміст жирових забруднень.

У результаті проведення експерименту отримано рівняння регресії: $\hat{Y} = 3{,}3 - 0{,}38 \cdot C - 0{,}36 \cdot \tau$

Відповідно до якого в досліджуваному факторному просторі залежність остаточного вмісту жирів від параметрів очищення приймає вид трьохвимірної площини.



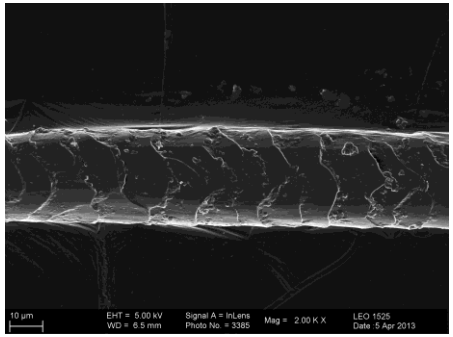
Залежність залишкового вмісту жиру від концентрації миючого препарату и часу ЕРО

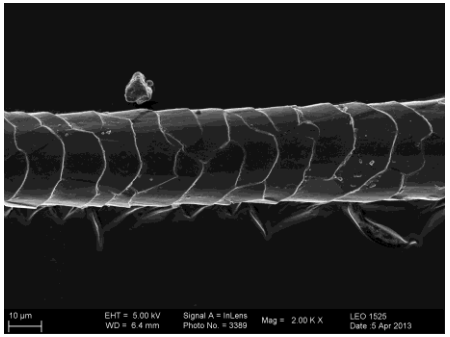
На остаточний вміст жирових забруднень в обраному факторному просторі впливають два фактори: концентрація миючої композиції та час ЕРО. Розраховані від'ємні значення коефіцієнтів регресії свідчать про те, що збільшення значення будь-якого з факторів призведе до зменшення остаточного вмісту жирових забруднень.

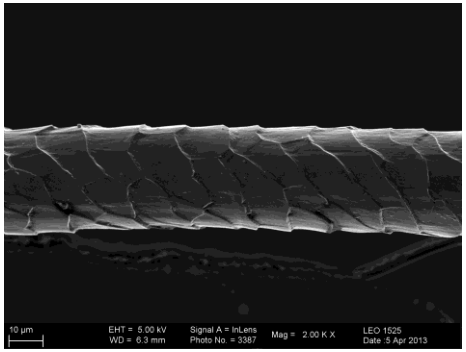
ВПЛИВ СПОСОБУ ПІДГОТОВКИ ВОВНИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ І ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОВНИ

Вплив способу підготовки на фізико-механічні та хімічні властивості вовни

Варіант обробки	Втрата маси при лужному гідролізі, %	Втрата маси при кислотному гідролізі, %	Відносне розривне навантаження штапелю, сН/текс
Класичний (мильно-содове миття)	8,70	12,85	7,32
По типовому режиму з використанням розробленої композиції	12,43	9,19	8,30
За технологією з використанням ЕРО	12,23	9,01	8,52
Вихідна вовна	11,94	8,68	8,93







Мікрофотографії поверхні вовняного волокна:
а) вихідна вовна;
б) класичний (мильно-содове миття);
в) за технологією з використанням ЕРО.

ВПЛИВ СПОСОБУ ПІДГОТОВКИ ВОВНИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ВОЛОГООБМІННІ ВЛАСТИВОСТІ ВОВНИ

Вплив способу підготовки на технологічні властивості вовни

Варіант обробки	Вміст зваляної вовни, %	Середня довжина штапелю, мм
Класичний (мильно-содове миття)	65,4	45,6
По типовому режиму з використанням розробленої композиції	43,5	46,3
За технологією на основі використання ЕРО	10,2	49,6
Вихідна вовна	-	51,2

Вологообмінні властивості вовни

Варіант обробки	Диференційний вологовміст, %			
	Повна вологоємність	Гігроскопічна волога	Адсорбована волога	
			макропор	мікропор
Класичний (мильно-сод.)	94,8	39,0	12,0	4,8
По типовому режиму з використанням розробленої композиції	85,5	39,7	12,4	4,3
За технологією на основі використання ЕРО	91,8	41,5	13,0	3,7
Вихідна вовна	80,5	36,4	10,5	3,1

ВПЛИВ ЕРНОК НА ПРОЦЕС ФАРБУВАННЯ ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА

ШЛЯХИ ІНТЕСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФАРБУВАННЯ ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕРНОК

- **вплив на воду**
- **вплив на розчин барвника**
- **комплексний вплив на волокно і розчин барвника**

Схема 1

обробка води → **додавання барвника і ТДР** → **фарбування**

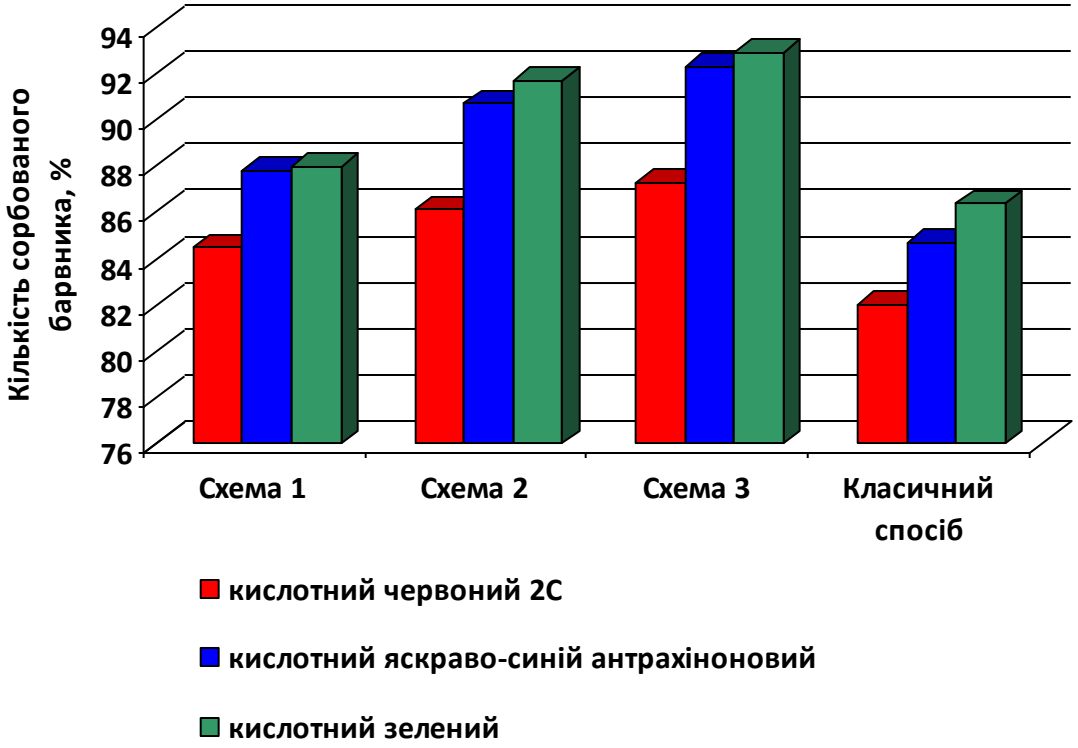
Схема 2

обробка фарбувального розчину → **додавання барвника і ТДР** → **фарбування**

Схема 3

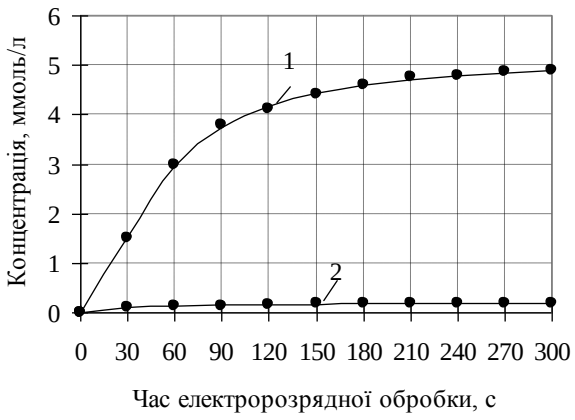
обробка фарбувального розчину і волокна → **додавання ТДР** → **фарбування**

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОЛСІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕРНОК НА ПРОЦЕС ФАРБУВАННЯ

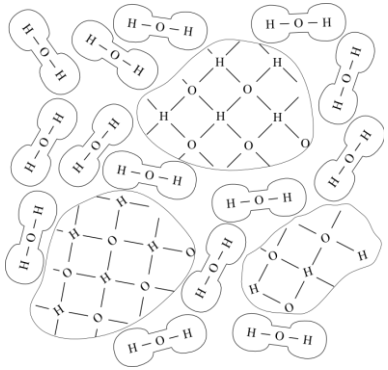


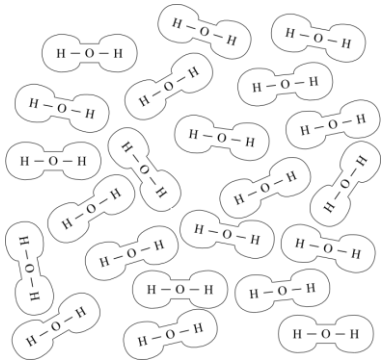
Підвищення інтенсивності забарвлення, отриманого при фарбуванні обробленим розчином барвника і водою, пояснюється тим, що внаслідок ЕРО відбувається зміна властивостей води і підвищення дифузійної здатності барвника. При цьому відмічено, що ЕРО води не настільки ефективна як обробка розчину барвника і висунуто припущення, що ЕРНОК впливає не тільки на воду, а й на барвники в розчині. Більше нафарбовування у разі спільної ЕРО волокна і розчину барвника, ніж при їх індивідуальній обробці, пояснюється одночасним впливом ЕРНОК як на структуру води і волокна, так і на процеси масопереносу у фарбувальній системі. Відмічено, що дану схему фарбування важко відтворити у виробничих умовах через обмежену доступність маси волокна впливу ЕРНОК внаслідок високої щільності вовни в фарбувальному апараті і для подальшого дослідження як найбільш перспективну обрано схему інтенсифікації процесу фарбування за допомогою впливу ЕРНОК на розчин барвника.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВПЛИВУ ЕРНОК НА ПРОЦЕС ФАРБУВАННЯ ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА



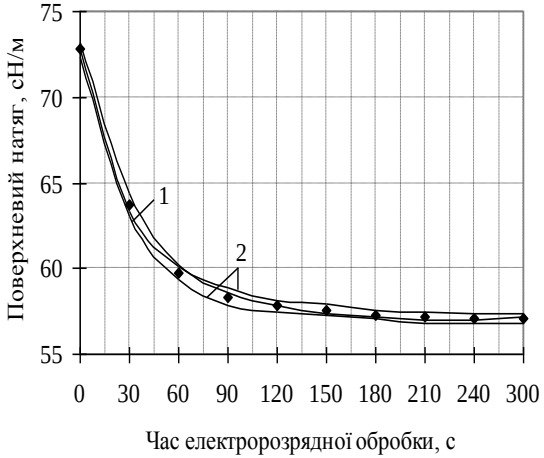
Кінетика утворення вільних радикалів і пероксиду водню при ЕРО:
1 – вільні радикали;
2 – пероксид водню.



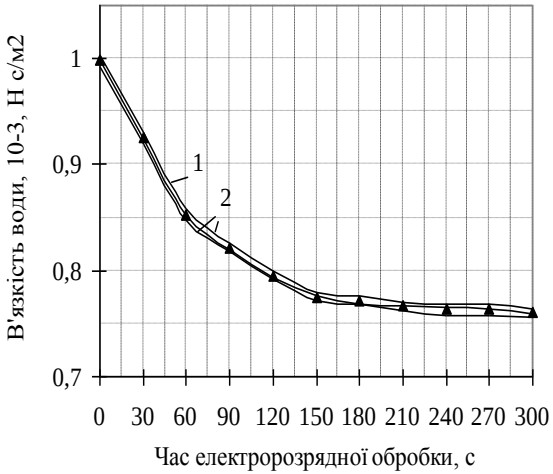


а) **б)**

Структура води:
а) двохфазна структура води;
б) структурована вода.

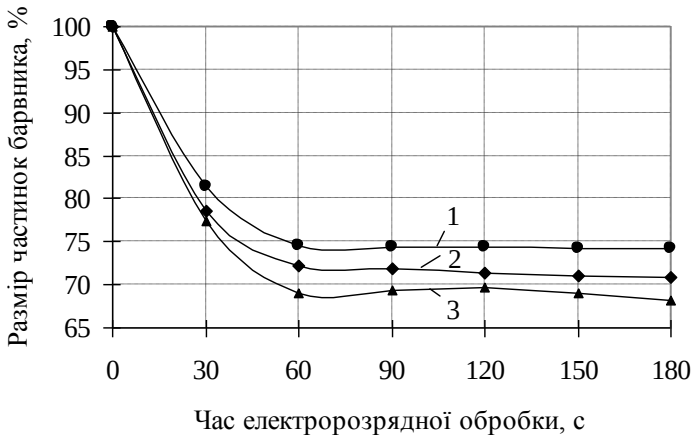


Вплив ЕРНОК на поверхневий натяг води:
1 – середнє значення поверхневого натягу;
2 – довірчий інтервал.



Вплив ЕРНОК на в’язкість води:
1 – середнє значення в'язкості;
2 – довірчий інтервал.

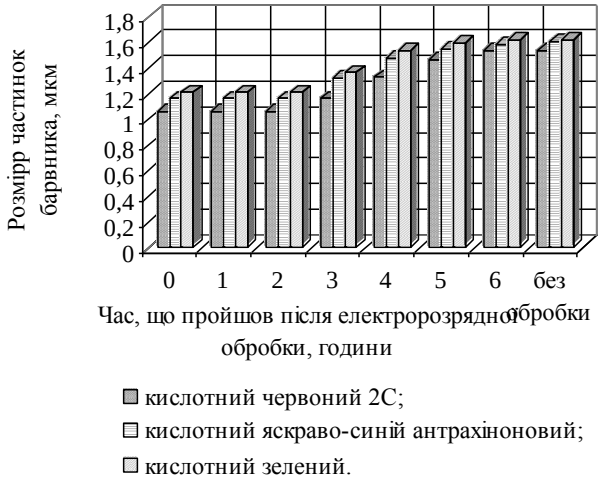
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕРНОК НА ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНІВ БАРВНИКІВ



Вплив ЕРНОК на зміну радіусу частинок кислотних барвників:
1 – кислотний зелений ;
2 – кислотний яскраво-синій антрахіноновий;
3 – кислотний червоний 2С.

Під впливом ЕРНОК спостерігається явище дезагрегації барвників у розчині – розміри часток зменшуються зі збільшенням тривалості обробки, причому помітне зменшення розміру частинок на 25-30% спостерігається при тривалості обробки 60 с.

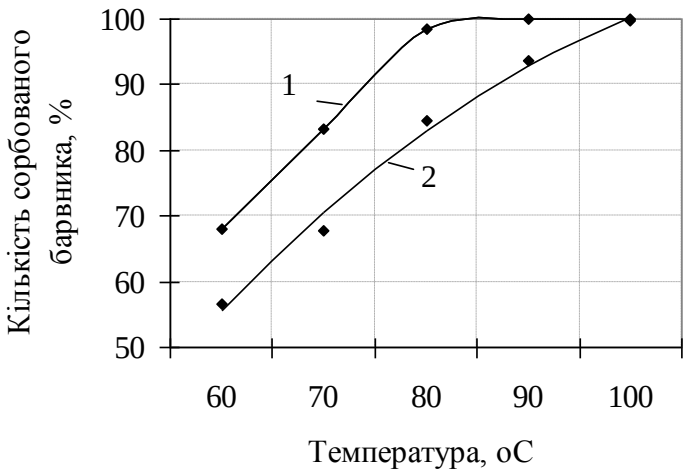
Встановлено, що ЕРНОК не змінює хімічну структуру барвників, сприяє посиленню їх дезагрегації і впливає на кислотні барвники незалежно від їх молекулярної маси та будови і визначено, що попередня електророзрядна активація фарбувальних розчинів призведе до збільшення швидкості дифузії барвників у розчині і, як наслідок, до прискорення процесу фарбування.



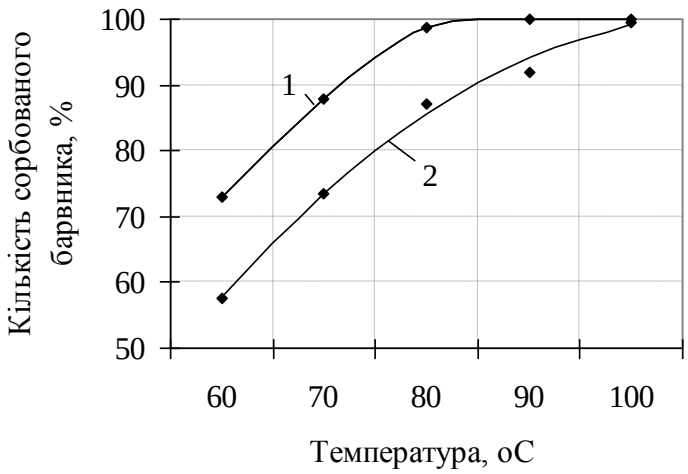
Динаміка зміни розмірів часток барвників після ЕРНОК

Встановлено, що оброблені розчини знаходяться в активованому стані протягом трьох годин, а в початковий стан повертаються через шість годин. Часу, протягом якого зберігається активований стан, достатньо для проведення циклу фарбування.

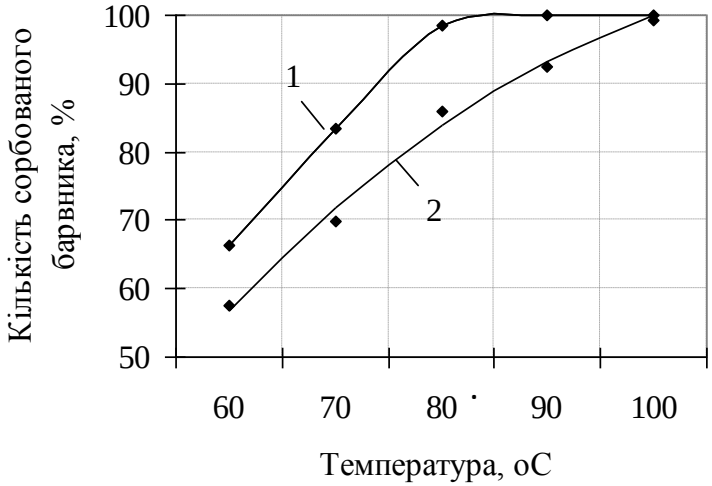
ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА СОРБЦІЮ КИСЛОТНИХ БАРВНИКІВ ІЗ АКТИВОВАНИХ РОЗЧИНІВ



а)



б)



в)

ЗАЛЕЖНІСТЬ СОРБЦІЇ КИСЛОТНИХ БАРВНИКІВ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ:

а) кислотного червоного 2С;

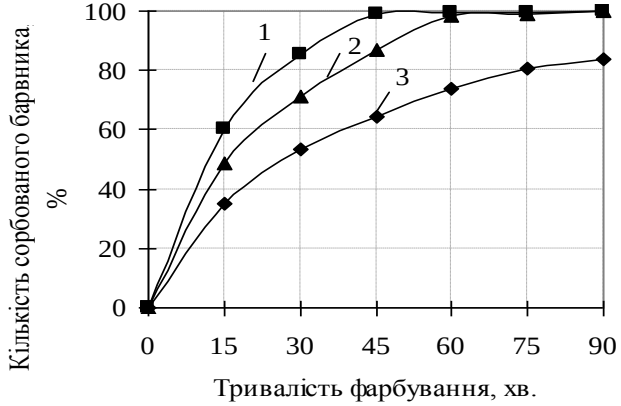
б) кислотного яскраво-синього антрахінонового;

в) кислотного зеленого

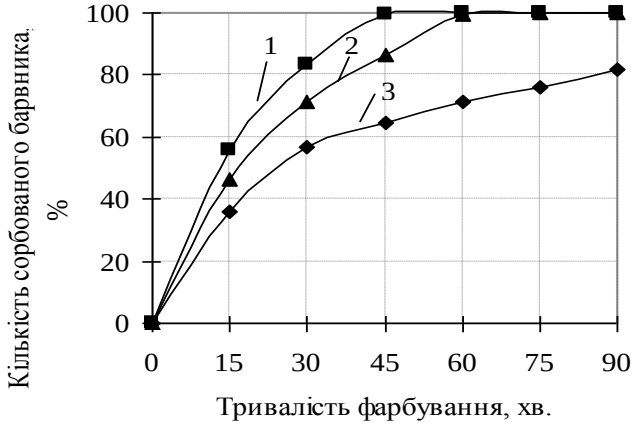
1 – ЕРО протягом 60 с.

2 – безЕРНОК.

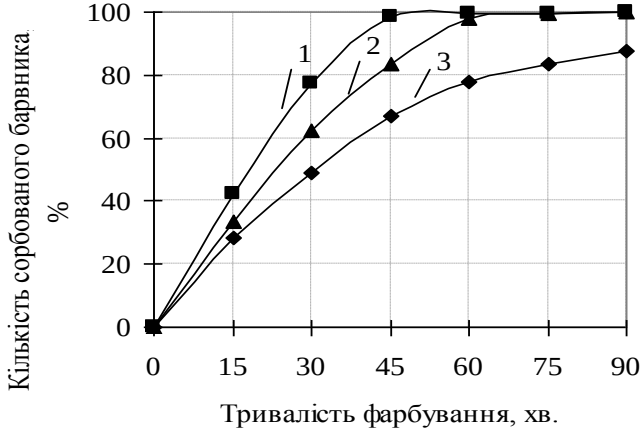
ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ СОРБЦІЇ РОЗЧИНІВ КИСЛОТНИХ БАРВНИКІВ, АКТИВОВАНИХ ДІЄЮ ЕРНОК



а)



б)



в)

Кінетичні криві сорбції кислотних барвників:
а) кислотний червоний 2С;
б) кислотний яскраво-синій антрахіноновий;
в) кислотний зелений;
1 – Т=80°С, ЕРО розчину барвника;
2 – Т=100°С;
3 – Т=80°С.

ВПЛИВ ЕРНОК НА КОЕФІЦІЄНТИ ДИФУЗІЇ ТА ЕНЕРГІЮ АКТИВАЦІЇ ПРОЦЕСУ ФАРБУВАННЯ

Коефіцієнти дифузії процесу фарбування вовняного волокна активованими розчинами кислотних барвників

Умови фарбування	Коефіцієнт дифузії, $D \cdot 10^{-11}$, м^2/с		
	Кислотний червоний 2С	Кислотний яскраво-синій антрахіноновий	Кислотний зелений
Температура 100°С	1,47	0,89	1,12
Температура 80°С	0,73	0,53	0,69
Температура 80°С, ЕРО розчину барвника	2,19	1,75	2,20

Вплив ЕРО фарбувальних розчинів на енергію активації процесу фарбування вовняного волокна кислотними барвниками

Умови фарбування	Енергія активації,, E_a кДж/моль		
	Кислотний червоний 2С	Кислотний яскраво-синій антрахіноновий	Кислотний зелений
Температура 100°С	20,32	19,99	20,21
Температура 80°С	22,12	21,55	21,70
Температура 80°С, оброблений розчин	19,87	19,84	20,03

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФАРБУВАННЯ ВОВНЯНОГО ВОЛОКНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕРНОК

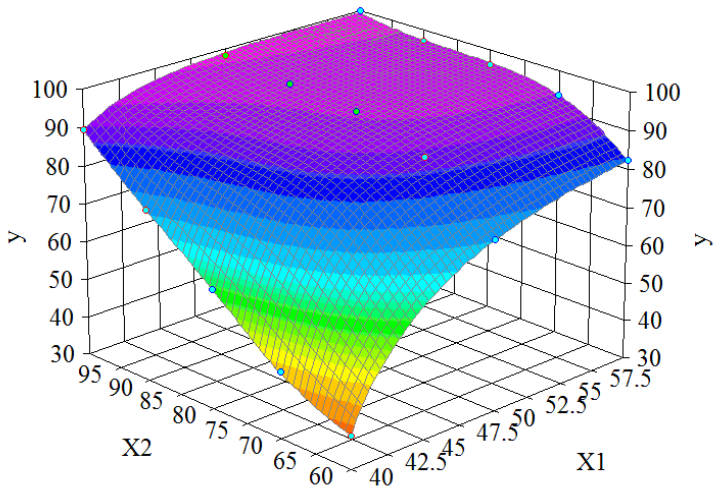
Для визначення основних технологічних параметрів проведення процесу фарбування активованими за допомогою ЕРНОК розчинами кислотних барвників проводили оптимізацію процесу очищення з використанням метода математичного планування – ротатабельним плануванням другого порядку.

Основними факторами процесу фарбування вовни вибрані тривалість (τ, хв.) і температура фарбування (Т, °С). Критерієм оптимізації (*Y*) - кількість сорбованого волокном барвника .

У результаті проведення експерименту отримано рівняння регресії:

$$y = 8{,}90 + 0{,}9854 \cdot \tau + 1{,}0208 \cdot T - 0{,}225 \cdot \tau \cdot T - 0{,}213 \cdot \tau^2 - 0{,}263 \cdot T^2$$

Відповідно до якого в досліджуваному факторному просторі залежність кількість сорбованого волокном барвника від параметрів процесу фарбування приймає вид трьохвимірної площини.

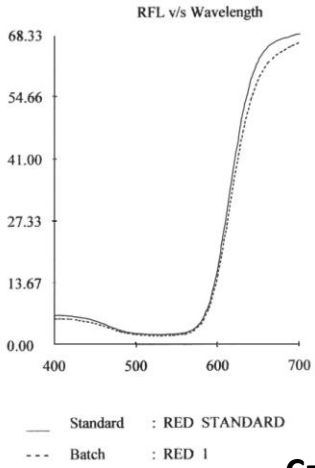


Поверхня відгуку залежності концентрації барвника на волокні від тривалості та температури фарбування

Визначено, що на критерій оптимізації, а саме кількість сорбованого волокном барвника, в обраному факторному просторі впливають обидва фактори – тривалість і температура фарбування. Отримана математична модель процесу фарбування вовняного волокна показала, що критерій оптимізації знаходиться в межах досліджуваного факторного простору. В даному випадку найбільша кількість барвника на волокні (100%) може бути досягнута при наступних значеннях факторів: τ=50 хв., Т=85°С .

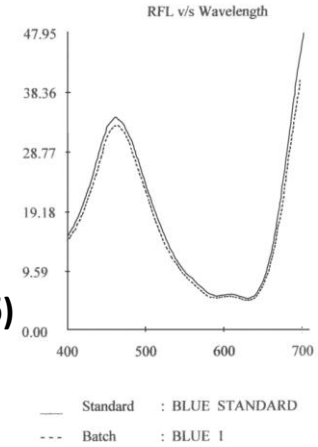
КОЛОРИСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОВНИ, ПОФАРБОВАНОЇ АКТИВОВАНИМИ РОЗЧИНАМИ

а)

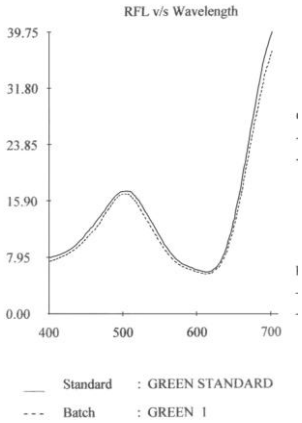


б)

б)



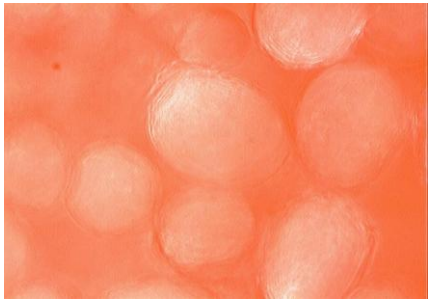
в)

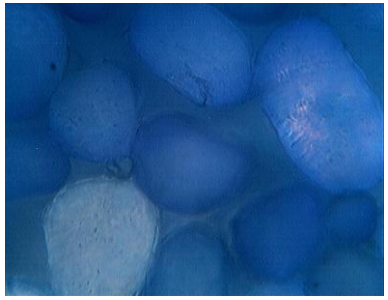


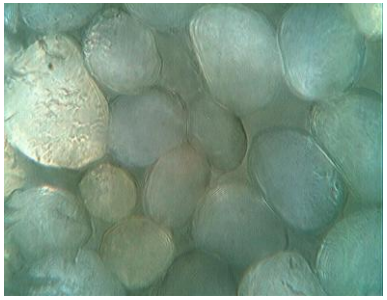
Спектральні криві відбиття пофарбованих зразків:

а) кислотним червоним 2С; б) кислотним яскраво-синім антрахіноновим; в) кислотним зеленим

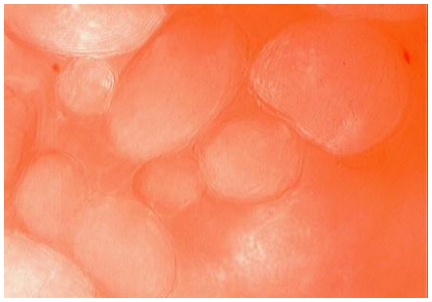
а)







б)



Поперечні зрізи пофарбованого вовняного волокна:

а) класичним способом;

б) за розробленою технологією з використанням ЕРНОК.

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПОФАРБОВАНОЇ ВОВНИ

Фізико-механічні та хімічні властивості пофарбованого вовняного волокна

Технологія фарбування	Втрата маси, %		Відносне розривне навантаження штапелю, P_0, сН/текс
	при лужному гідролізі, $П_л$	при кислотному гідролізі, $П_к$	
Кислотний червоний 2С			
Типова	3,23	2,39	1,98
Запропонована	3,17	2,34	2,16
Кислотний яскраво-синій антрахіноновий			
Типова	3,38	2,47	2,02
Запропонована	3,26	2,43	2,18
Кислотний зелений			
Типова	3,29	2,43	2,00
Запропонована	3,20	2,39	2,12
Відбілена непофарбована вовна			
-	3,10	2,25	2,32

Показники випробувань стійкості забарвлень до фізико-механічних дій

Технологія фарбування	Стійкість забарвлень, бали				
	прання №1	хімічне чищення	піт	сухе тертя	мокре тертя
Кислотний червоний 2С					
Типова	4/4/5	5/5/5	3/3/3	5	4
Запропонована	4/4/5	5/5/5	3/3/3	5	4
Кислотний яскраво-синій антрахіноновий					
Типова	4/5/5	4/5/5	4/4/4	5	4
Запропонована	4/5/5	4/5/5	4/4/4	5	4
Кислотний зелений					
Типова	4/4/5	4/5/5	3/3/4	5	4
Запропонована	4/4/5	4/5/5	3/3/4	5	4

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологію очищення вовняного волокна від природних домішок з використанням електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації, яка дозволяє за рахунок скорочення кількості стадій промивання зменшити витрати миючих речовин на 50%, води у 1,5 рази з одночасним підвищенням якості митої вовни.

2. Досліджено процес електророзрядної обробки вовни та визначено його основні технологічні параметри. Показано, що при зменшенні модулю ванни та збільшенні часу обробки ефективність електророзрядного очищення вовни знижується через посилення процесів ресорбції видалених забруднень. Встановлено, що найбільш ефективно очищення відбувається при модулю ванни М=1:200 (використовується в класичній технології очищення вовни) протягом 180 с при температурі Т=20-25 °С.

3. Експериментально встановлено, що електророзрядної обробки індивідуально недостатньо для отримання вовни необхідного ступеня очищення. Під час процесу обробки відбувається руйнування жирової плівки на поверхні волокна, що інтенсифікуватиме її подальше видалення в розчинах миючих речовин. Тому рекомендовано проводити електророзрядну обробку вовни в комплексі з промивкою в розчині миючої речовини для повного видалення жирових забруднень.

4. На основі вивчення колоїдно-хімічних властивостей ПАР вітчизняного виробництва було розроблено ефективну миючу композицію на основі наступних ПАР: сульфонол, синтанол ДС-10, рицинокс-80. Показано, що для посилення миючої здатності препарату щодо жирових забруднень вовни необхідне застосування допоміжного агента – диметилсульфоксида (ДМСО). Отриманий миючий препарат має високу здатність до знежирення та дозволяє проводити миття вовни в м’яких умовах без негативного впливу на її поверхню.

5. Розроблено технологію очищення вовни з використанням електророзрядної нелінійної об’ємної кавітації та на основі метода математичного планування - повний факторний експеримент типу 23 - визначено оптимальні технологічні параметри процесу очищення: концентрація миючої композиції 1,5 г/л, температура обробки в розчині миючої композиції 45 °С, час ЕРО 3 хв.

6. На основі комплексних досліджень виявлено, що ЕРО сприяє підвищенню якості митої вовни. Показано, що розривне навантаження дослідного зразка становить 8,52 сН/текс, тобто знаходиться в межах стандартної норми, не нижче 8,0 сН/текс. Доведено, що ЕРО призводить до модифікації поверхні волокна і зменшенню звалювальності вовни.

7. Проведено виробничі випробування та підтверджено ефективність запропонованої технології очищення вовни на Татарбунарській фабриці первинної обробки вовни ТОВ «Кедр». Очікуваний економічний ефект від впровадження складе 2051,1 грн. на 1т митої вовни.

8. Запропоновано технологію фарбування вовняного волокна кислотними барвниками з використанням електророзрядної обробки їх розчинів, яка дозволяє при скороченні в 1,3 рази тривалості фарбування та зниженні температури фарбування зі 100°С до 85°С отримати інтенсивні, рівномірні і стійкі до фізико-механічних впливів забарвлення зі збереженням міцнісних властивостей вовняного волокна.

9. Визначено, що під впливом ЕРНОК у воді утворюються вільні радикали і пероксид водню, підвищується питома електропровідність і загальний вміст іонів, відбувається зміна структури води, що призводить до зниження її в'язкості, поверхневого натягу і збільшення швидкості капілярного просочення текстильного матеріалу.

10. Експериментально встановлено, що внаслідок електророзрядної обробки розчинів кислотних барвників протягом 60 с зменшуються розміри частинок барвників, збільшується їх дифузійна рухливість, що дозволяє отримати більш інтенсивні забарвлення, ніж при фарбуванні необробленими розчинами.

11. Виявлено, що інтенсифікуюча дія ЕРНОК стає найбільш помітною при температурі фарбування 80°С. На основі вивчення кінетичних кривих сорбції кислотних барвників визначено, що рівноважна сорбція при фарбуванні обробленими розчинами на 17%-23% вища, ніж при фарбуванні необробленими розчинами. Скорочення часу половинного нафарбовування в 1,25-1,33 рази, збільшення коефіцієнтів дифузії в 3-3,2 рази та констант швидкості фарбування в 1,1-1,3 рази і зменшення енергії активації процесу фарбування в 1,2-1,3 рази свідчать про можливість скорочення тривалості технології фарбування.

12. Встановлено, що спорідненість до вовняного волокна барвника після електророзрядної обробки його розчину і фарбуванні при 80оС вища, ніж при фарбуванні необробленим розчином і за значенням досягає рівня спорідненості барвника при температурі фарбування 100°С, що сприятиме отриманню забарвлень, стійких до фізико-механічних впливів.

13. На основі методу математичного планування – ротатабельного планування другого порядку – отримано математичну модель процесу фарбування вовняного волокна з використання електророзрядної обробки розчинів кислотних барвників та визначено оптимальні технологічні параметри: тривалість фарбування – 50 хв., температура фарбування – Т=85°С.

14. На основі комплексних досліджень виявлено, що використання електророзрядної обробки у технології фарбування сприяє підвищенню якості пофарбованої вовни в порівнянні з типовою технологією. Показано, що при цьому волокно має глибоке та рівномірне профарбовування, отримані забарвлення характеризуються високою стійкістю до фізико-механічних впливів. Також виявлено, що зберігається механічна міцність волокна – збільшується розривне навантаження та розчинність при лужному та кислотному гідролізі.

15. Проведено виробничі випробування та підтверджено ефективність запропонованої технології фарбування вовняного волокна на ТОВ «Ланатекс» (м. Суми). Очікуваний економічний ефект від впровадження технології складатиме 2405,8 грн. на 1 т пофарбованої вовни.