

Скалозубова Н.С., Семешко О.Я., Сарібськова Ю.Г.

**ІННОВАЦІЇ
У ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ
БАВОВНЯНИХ ТРИКОТАЖНИХ ПОЛОТЕН**

Монографія

Херсон

2019

УДК 677.047.2
ББК 37.23
С-42

*Копіювання, сканування, запис на електронні
носії тощо книги в цілому або будь-якої
її частини заборонено*

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Херсонського національного технічного університету
(Протокол №3 від 5 листопада 2019 р.)*

Рецензенти:

Галавська Людмила Євгеніївна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології та дизайну текстильних матеріалів Київського національного університету технологій та дизайну;

Пелик Леся Василівна, доктор технічних наук, професор, професор кафедри товарознавства та експертизи в митній справі Львівського торговельно-економічного університету.

С Скалозубова Н.С. Інновації у технології підготовки бавовняного трикотажного полотна / Н.С. Скалозубова, О.Я. Семешко, Ю.Г. Сарібекова. – Херсон: Видавництво «Типографія СТАР», 2019. – 142 с.

ISBN 978-966-97932-6-3

Монографія присвячена розробці наукових основ технології підготовки бавовняного трикотажного полотна.

У монографії наведені результати щодо науково-обґрунтованого застосування компонентів композиційного препарату і розрахунку його складу шляхом математичного планування експерименту. Дослідження параметрів технологічного застосування вказаного композиційного препарату поверхнево-активних речовин у процесі підготовки бавовняного трикотажного полотна та визначення показників якості текстильного матеріалу показали можливість суміщення процесів відварювання та відбілювання бавовняного трикотажу. В результаті комплексних проведених досліджень розроблена комплексна технологія підготовки бавовняного трикотажного полотна, що поєднує відварювання та відбілювання за рахунок використання нового вискоєфективного композиційного препарату поверхнево-активних речовин.

Монографія представляє науковий і практичний інтерес для науковців і фахівців обробних виробництв, викладачів, аспірантів і студентів, які вивчають хімічну технологію волокнистих матеріалів.

ББК 37.23

ISBN 978-966-97932-6-3

© Скалозубова Н.С., Семешко О.Я., Сарібекова Ю.Г., 2019

ВСТУП

В сучасних умовах розвитку текстильної промисловості та ринкових відносин спостерігається зростання жорсткої конкуренції між виробниками текстилю, яка обумовлена підвищенням вимог до якості і зовнішнього оформлення готових виробів. При цьому підвищення конкурентоспроможності вітчизняних текстильних матеріалів можливе за рахунок зниження їх собівартості.

На сучасних трикотажних підприємствах з метою підвищення ефективності роботи в'язальних машин проводять замаслювання ниток сумішшю рідких синтетичних та рослинних олій. В зв'язку з цим на першому етапі обробки целюлозних текстильних матеріалів їх очищують від природних і технологічних домішок і відбілюють за допомогою кисневмісних окисників. Від повноти видалення домішок істотно залежать експлуатаційні властивості готових текстильних матеріалів, а від білизни, що досягається, – якість їх забарвлення після фарбування.

Очищення від замаслювачів та воскоподібних речовин суворих бавовняних трикотажних полотен в процесі їх промивання є складним завданням. Композиції поверхнево-активних речовин (ПАР), які використовують в даний час у розчинах для відварювання, не повністю видаляють замаслювачі та супутні природні речовини бавовни з трикотажного полотна, що не дозволяє досягнути високих показників капілярності, а при фарбуванні призводить до нерівномірності забарвлення. Крім того, періодичні процеси підготовки бавовняних текстильних матеріалів є тривалими та характеризуються значними витратами води і енергоресурсів.

Враховуючи вищевикладене, розробка нових композиційних препаратів та ефективних процесів підготовки бавовняного трикотажного полотна з метою одержання текстильного матеріалу з високими показниками якості при скороченні матеріало- та енерговитрат є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СТАНУ ТРИКОТАЖНОЇ ГАЛУЗІ ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

1.1. Огляд виробництва трикотажних текстильних матеріалів.

Трикотажна промисловість є потужною галуззю легкої промисловості, що виробляє широкий асортимент виробів і полотен як побутового, так і технічного призначення. Високі темпи зростання трикотажної промисловості пояснюються рядом переваг трикотажних виробів перед тканими і технологій трикотажного виробництва перед технологіями ткацтва та опорядження тканин [1].

Трикотажному виробництву притаманні більш прогресивний характер техніки і технології, менша трудомісткість, значна економічність у витраті сировини, менші питомі капіталовкладення. Все це зумовлює переважний розвиток трикотажної промисловості, що дозволяє задовольнити попит населення на різноманітний одяг [2].

Трикотажні вироби відрізняються високими гігієнічними властивостями, повітро- і паропроникністю, еластичністю, низьким зминанням, здатністю легко облягати фігуру і зручністю при використанні. Крім того, трикотажна промисловість виробляє широкий асортимент виробів, багато з яких не можна замінити виробами з тканин [2-5].

Асортимент трикотажних полотен характеризується великою різноманітністю в залежності від сировини, способу в'язання, будови та оздоблення [6].

У трикотажному виробництві використовують сировину практично всіх видів натуральних і хімічних волокон у чистому вигляді та у сумішах. Широко використовують різні види текстурованих ниток, фасонної пряжі, ниток з різного виду сировини. Бавовняна пряжа в трикотажному виробництві займає найбільш значне місце. Вироби з неї володіють високими експлуатаційними властивостями, є гігієнічними, міцними, стійкими до прання, м'якими та приємними на дотик.

Завдяки цінним споживчим та технологічними властивостям (гігроскопічність, теплозахисні властивості, висока здатність до фарбування, малозминання, висока пластичність при волого-тепловій обробці виробів) бавовняна і бавовняновмісна пряжа широко використовується для виготовлення багатьох трикотажних виробів: верхнього, спортивного та дитячого одягу, білизни.

Широко використовується пряжа із суміші вовни та капронового штапельного волокна. Вироби, виготовлені з цієї пряжі, мають високі теплозахисні властивості, володіють високою міцністю, гігроскопічністю, стійкістю до стирання, мають привабливий зовнішній вигляд і м'який гриф.

Використання хімічних волокон (штучних і синтетичних) є одним з важливих чинників різноманітності асортименту трикотажних виробів [7-9].

Технологічний процес виготовлення трикотажних виробів коротший, ніж процес отримання виробів з тканин, а продуктивність трикотажних машин в кілька разів вище продуктивності ткацьких верстатів. З однієї кількості пряжі можна виробити на 20% більше трикотажних виробів, ніж однотипних виробів з тканин. Вартість вироблення трикотажних виробів приблизно на 30-40% нижче вартості виготовлення подібних виробів з тканин, при цьому виробіток трикотажної продукції на одиницю виробничої площі в 8-10 разів більший, а витрати праці на одиницю виробу в 3-3,5 рази менші [3, 7].

Трикотажні полотна мають більшу повітропроникність в порівнянні з тканинами, так як петельна будова трикотажу обумовлює наявність великих наскрізних пір.

При виготовленні трикотажних виробів є практично необмежені можливості для надання полотнам і виробам різноманітних зовнішніх ефектів за рахунок зміни їх структури, виду і характеру малюнків, художньо-колористичного оформлення. Завдяки цьому одяг з трикотажу в останні роки не тільки успішно конкурує з одягом з тканин, але в ряді випадків її витісняє [10].

Однак поряд з перевагами трикотаж володіє рядом недоліків, серед яких найважливішим є здатність до прорубування голкою в процесі пошиття виробів, що може викликати спуск петель і скорочення терміну експлуатації виробів. Крім того у трикотажних полотнах одинарних

переплетень спостерігається закручування, що ускладнює розкрій і пошиття виробів з них [11].

Сучасні статистичні дані загального світового виробництва трикотажу (рис. 1.1) свідчать, що лідерами випуску трикотажних полотен є Китай і Туреччина, на частку яких припадає 30 і 20% світового виробництва відповідно. Крім того впевнені позиції з випуску трикотажних полотен займають Індія, Італія, Росія і Білорусь [12].

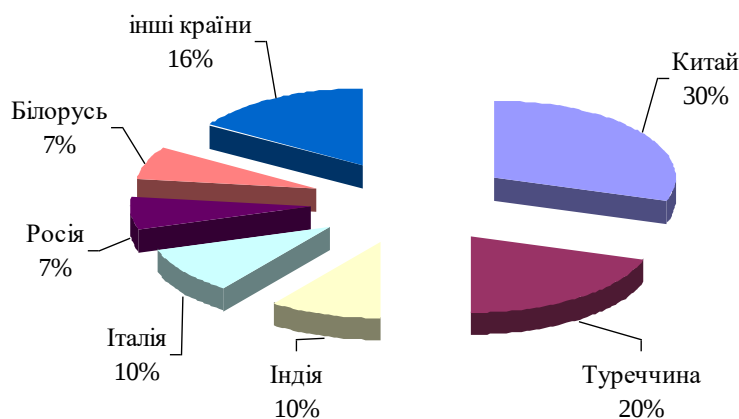


Рис. 1.1. Виробництво трикотажу у світі.

Український ринок трикотажних виробів, починаючи з 1991 р. і до недавнього часу характеризувався постійним зниженням вітчизняного виробництва, зростаючим імпортом і значною часткою контрафактної продукції, як завезеної в країну, так і виробленої в Україні [13, 14].

На сьогоднішній день в Україні існують 2 потужних виробництва трикотажу різного сировинного складу: ТОВ «Т-Стиль», м. Рівне та ПАТ «Трикотажна фабрика «Роза», м. Київ. Дані підприємства забезпечують повний цикл виробництва виробів з трикотажу: в'язання полотен, їх опорядження (підготовку, фарбування, друкування, заключну обробку) та пошиття одягу. На вказаних фабриках виробляють трикотажний одяг та білизну високої якості, асортимент яких задовольняє сучасні потреби ринку.

1.2. Особливості будови та властивості трикотажного полотна.

Підготовка трикотажних полотен і виробів до фарбування і друкування включає в себе ряд технологічних операцій, в процесі яких видаляються природні супутники натуральних волокон, а також речовини,

що наносяться в процесі виробництва. В результаті підготовки полотна та вироби набувають здатності змочуватись, що сприяє рівномірному нанесенню розчинів барвників, друкарських фарб і інших речовин при наступних технологічних операціях, а при випуску в білому кольорі набувають стійкої білизни. Головне завдання підготовки полягає не тільки в отриманні трикотажу високого ступеня білизни та капілярності, а й в збереженні міцності та м'якого грифу матеріалу.

Під час підготовки текстильних матеріалів спосіб обробки, вид технологічних операцій і їх послідовність вибирають в залежності від сировинного складу суворого полотна і характеру супутніх речовин і забруднень, які містяться в ньому [11, 15].

Процеси підготовки бавовняного трикотажу в порівнянні з такими для тканини простіші: трикотаж не зазнає шліхтування, містить менше шкірок від насінневих коробочок, ніж тканина, для трикотажу найчастіше застосовується бавовна вищого ґатунку гребінного прочісування. У таблиці 1.1 представлено порівняльну характеристику технологічних циклів обробки тканини і трикотажу.

Таблиця 1.1

Характеристика технологічних циклів опорядження тканин і трикотажу

Тканина	Трикотаж
Обпалювання	—
Розшліхтування	Промивання (відварювання)
Відбілювання	Відбілювання
Фарбування або/та друкування	Фарбування або/та друкування
Апретування	Апретування
—	Релаксація
—	Ворсування

Більш відкрита структура трикотажу в порівнянні з тканиною сприяє ефективнішому проникненню хімічних препаратів, які застосовуються для процесу підготовки і полегшує процес промивки.

У таблиці 1.2 наведено порівняння показників обробки тканини і трикотажу [11, 14].

Суворе полотно погано змочується в технологічних розчинах внаслідок присутності в волокнах гідрофобних природних домішок і

замаслюючих речовин, що знижують капілярність волокна. Знижена капілярність волокнистих матеріалів ускладнює їх обробку у водних розчинах під час відбілювання, фарбування, друкування і апретування, а також викликає дефекти на готових полотнах (плями, нерівномірність забарвлення тощо).

Таблиця 1.2

Порівняння показників обробки тканини і трикотажу

Показник	Тканина	Трикотаж
Структура	Щільніше	Більш відкрита
Вміст шкірочки коробочок	Вище	Менше
Шліхта	Наявна	Відсутня
Сорбційна здатність	Низька	Висока
Небезпека утворення заломів	Велика	Менша
Небезпека перетяжки	Менша	Більша
Трудоемність при підготовці	Менша	Більша

Основними операціями при підготовці до колорування, які застосовуються для більшості трикотажних полотен і виробів, є відварювання і біління.

Відварювання – технологічний процес видалення основної частини природних супутників натуральних волокон, а також речовин, що наносяться на волокна і нитки в процесі прядіння, перемотування та в'язання, з метою надання волокнистим матеріалам змочування, капілярності та гігроскопічності [1, 3, 7, 15-20].

Трикотажні полотна перед фарбуванням і обробкою піддають попередній обробці з метою надання їм підвищеної капілярності. Ця обробка включає в себе відварювання трикотажного матеріалу в киплячих розчинах поверхнево-активних препаратів (ПАР), в результаті якого полотно звільняється від природних домішок і замаслювачів та набуває здатності змочування [2, 21].

Якщо потрібно надати полотнам і виробам підвищеної капілярності, відварювання проводять в лужному середовищі при температурі кипіння. Розчин для відварювання містить приблизно 3-5% гідроксиду натрію від маси матеріалу. Масла, жири та воскоподібні речовини, а також забруднення видаляють за допомогою ПАР, концентрація яких становить 0,1-3% від маси матеріалу.

Режим відварювання починають при 20-30°C в розчині, що містить близько 1 г/л неіоногенного або аніонактивного емульгатора. Потім підвищують температуру до оптимальної і обробляють текстильний матеріал у даних умовах близько 30 хв., після цього промивають.

В процесі відварювання з волокна видаляється більшість домішок, полотно набуває здатності рівномірно змочуватись, але воно як і раніше має жовтуватий або коричневий відтінок, так як природні забарвлені речовини в процесі відварювання не видаляються і не руйнуються [1, 17, 22-24]. Тому трикотажні полотна, які будуть випускатись у білому вигляді або будуть пофарбовані в світлі тони відбілюють.

Мета процесу вибілювання – надання волокнистим матеріалам стійкої білизни в результаті руйнування і видалення з волокнистих матеріалів забарвлених речовин. Для цього застосовують, головним чином, пероксид водню, надкислоти, хлорит і гіпохлорит натрію. Зараз найчастіше застосовують пероксид водню H_2O_2 , який має низку переваг: забезпечує отримання високого ступеня білизни, дозволяє поєднати процеси відбілювання і фарбування барвниками деяких класів в умовах періодичного способу обробки, є екологічними та економічно вигідними. Оптимальною умовою вибілювання пероксидом є слаболужне середовище при $pH=9,5-10,5$ [1, 22].

Останнім часом вчені розробляють нові технології для підготовки трикотажних полотен, що відрізняються від традиційних [25-27].

В роботі [25] запропоновано використовувати в процесі попередньої підготовки махрових бавовняних виробів пом'якшену воду, миючі препарати з високими змочувальними властивостями та ефективні препарати для видалення парафінів, жирових і масляних речовин.

Авторами [26] доведена можливість застосування комплексоутворюючих речовин в поєднаній технології відбілювання і фарбування бавовняних текстильних матеріалів прямими барвниками. Оцінено вплив ТДР різної хімічної природи на якість забарвлення. Розроблено препарат на основі комплексоутворювача і ПАР, що поєднує в собі властивості інтенсифікатора, стабілізатора та вирівнювача, і дозволяє отримувати на текстильному матеріалі забарвлення з високими колористичними характеристиками.

Дослідником [27] запропоновано застосування біовідварювання бавовняних тканин з метою надання їм стійкого змочування і сорбційної

здатності. Доведено, що ферментативне відварювання може мати перевагу при обробці тканин з суміші природних волокон (бавовна, льон) з хімічними (віскозне, поліефірне).

Застосування пінної технології [28] в області підготовки текстильних матеріалів є рішенням значущих проблем: підбору ефективних та таких, що біологічно розщепляються, ПАР, зниження деструктивного впливу відбілюючих агентів і ТДР, скорочення обсягів водоспоживання та інших видів матеріальних ресурсів.

У зв'язку з вищевказаним, доцільним є детальний розгляд підготовки трикотажного полотна із застосуванням ТДР.

1.3. Роль текстильно-допоміжних речовин в процесах підготовки трикотажного полотна.

1.3.1. Основні властивості ПАР і їх роль в процесі підготовки бавовняних текстильних матеріалів. Всі ефективні миючі засоби є поверхнево-активними речовинами, але не всі ПАР є хорошими миючими засобами. ПАР, що використовуються у процесі підготовки, повинні володіти не тільки властивостями змочувача, а й емульгатора і мийного агента. Оскільки властивості суворого текстильного матеріалу відомі, то впливати на ефективність змочування можливо в основному тільки через зміни поверхневої активності ПАР.

Наявність гідрофільної і олеофільної частин у молекулі ПАР є характерною відмінною рисою їх будови. За здатністю до дисоціації у водних розчинах ПАР ділять на іоногенні і неіоногенні (НПАР). У свою чергу іоногенні ПАР поділяють на аніонні (АПАР), катіонні (КПАР), амфотерні (АмПАР) і криптоаніонні (КрПАР) (рис. 1.2).

АПАР дисоціюють у воді з утворенням поверхнево-активного аніону. До ПАР цього типу, що становить більшу частину світового виробництва всіх ПАР [29-31], відносяться:

- а) карбонові кислоти і їх солі (мила) загальної формули RCOOM (де М – метал), наприклад пальмітат натрію $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COONa}$, стеарат натрію $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COONa}$, олеат натрію $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa}$;
- б) алкілсульфати ROSO_2OM ;
- в) алкіларилсульфонати RArSO_2OM ;

г) речовини, що містять інші типи поверхнево-активних аніонів, наприклад фосфати, тіосульфати.

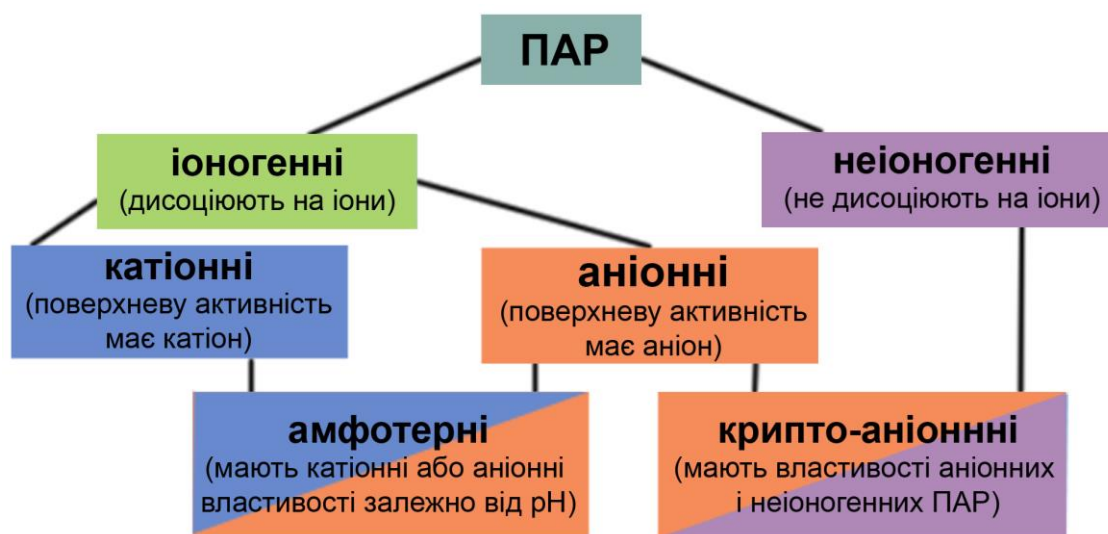


Рис. 1.2. Класифікація ПАР.

У якості ПАР широке практичне застосування знаходять солі синтетичних жирних кислот фракції C_{10} - C_{17} , що замінюють кислоти рослинного і тваринного походження. Залежно від призначення і умов застосування використовують солі жирних кислот з різними катіонами, наприклад солі жирних кислот з дво- і трьохзарядними катіонами застосовують в вуглеводневих середовищах [29-31].

У кислих середовищах солі карбонових кислот переходять в слабкодисоційовані і малорозчинні кислоти, а в присутності деяких катіонів (кальцію, магнію) утворюють нерозчинні солі, що різко знижує ефективність їх дії як ПАР, особливо погіршуючи їх мийну дію [29-31]. Значні переваги в цьому відношенні мають алкілсульфати і алкілсульфонати, які є солями сильних кислот і тому можуть бути використані в кислих і сольових розчинах.

В останні роки шляхом введення в молекули АПАР поліоксіетиленових груп стало можливим поліпшення властивостей ПАР і розширення області їх застосування.

КПАР дисоціюють у воді з утворенням поверхнево-активного катіона. До них відносяться солі первинних, вторинних і третинних аліфатичних і ароматичних амінів та солі алкілзаміщених амонієвих основ.

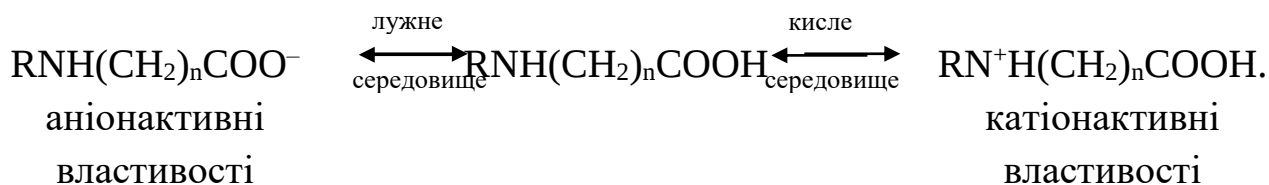
КПАР з усіх класів ПАР належать до найбільш токсичні і таких, які найменше біологічно розкладаються,. Їх часто використовують в якості

бактерицидних, фунгіцидних, дезінфікуючих речовин, інгібіторів корозії [29-31].

У складі однієї композиції неможливо сполучити аніонні речовини з катіонними. Таке стало можливо тільки після винаходу амфотерних і крипто-аніонних ПАР.

КрПАР – клас речовин, що поєднують в собі властивості АПАР і НПАР. Представник цієї групи ПАР – алкілефіркарбоксилат – забезпечує підвищену ефективність катіонних кондиціонуючих агентів, знижує подразнюючу дію ПАР по відношенню до шкіри людини, збільшує піноутворення. Ефіркарбоксилати переважно використовують в косметичних виробках у якості диспергаторів, емульгаторів, солюбілізаторів [32, 33].

АмПАР містять дві функціональні групи, одна з яких має кислий, а інша основний характер, наприклад карбоксильну і амінну групи. Залежно від рН середовища амфолітні ПАР виявляють аніонактивні або катіонактивні властивості:



НПАР не дисоціюють в розчинах на іони. Методи їх отримання засновані на реакції приєднання етиленоксиду до спиртів, карбонових кислот, амінів, алкілфенолів та інших сполук. Перспективними є оксиетильовані жирні кислоти $\text{RCOO(CH}_2\text{CH}_2\text{O)}_n\text{H}$. У молекулах НПАР вуглеводневий радикал може містити від 6 до 18 вуглецевих атомів, а n може змінюватися від декількох одиниць до ста.

Як правило, НПАР є сумішшю гомологів з різною довжиною поліоксиетиленового ланцюга. Саме він визначає гідрофільні властивості неіоногенних ПАР. Змінюючи довжину поліоксиетиленового ланцюга, легко регулювати їх колоїдно-хімічні властивості. Ці ПАР застосовуються в будь-яких середовищах (кислому і лужному), а також у присутності розчинних солей. Поліоксиетиленові ефіри алкілфенолів марки ОП мають високі мийні властивості [29-31].

До недоліків цих ПАР відноситься повільне розкладання через наявність в їх складі ароматичного радикала і, як наслідок, накопичення їх

у навколишньому середовищі. НПАР з алкільними радикалами здатні біологічно розкладатися досить повно і швидко [29-31].

Основною кількісною характеристикою ПАР є поверхнева активність, яка визначає їх здатність знижувати поверхневий натяг, викликати емульгування, піноутворення, диспергування і стабілізацію, змочування та інші явища і процеси [34, 35].

В обробці трикотажу найчастіше застосовуються АПАР і НПАР. Слід мати на увазі, що при обробці волокон катіонними ПАР на поверхні волокна або в розчині не повинно міститися аніонних ПАР. В іншому випадку катіонні і аніонні ПАР будуть взаємодіяти один з одним, ПАР перестануть грати роль поверхнево-активних активаторів, що може привести до виробничого браку [29-31].

У порівнянні з аніонними неіоногенні ПАР мають багато особливостей. Наприклад, у них порівняно невисока піноутворююча здатність, висока поверхнева активність при низькій температурі. За змочувальною, емульгуючою, диспергуючою здатностями до виведення плям вони цілком порівняні з АПАР, але при цьому мають певну спорідненість до багатьох барвників і можуть перешкоджати отриманню якісного забарвлення при подальшому фарбуванні [36].

В роботі [37] вивчено вплив складу сумішей іоногенних і неіоногенних ПАР в розчині на показники якості бавовняної тканини (білизну, капілярність) після лужної відварки без попереднього розшліхтування.

НПАР краще солюбілізують і переводять в розчин малополярні воски з довгими алкільними радикалами, які обумовлюють гідрофобні властивості тканин, а іоногенні ПАР легше взаємодіють з полярними домішками, відповідальними за кольоровість волокна.

ПАР, маючи полярні групи, добре розчиняються в полярних рідинах і, відповідно, у воді. При їх розчиненні, в силу їх специфічної несиметричної будови, ПАР при певній концентрації в розчині починають концентруватися на зовнішній поверхні розділу рідина-газ, орієнтуючись полярною частиною до полярної рідини і гідрофобною – до повітря, що призводить до зниження поверхневого натягу на цій межі [29-31].

При повному заповненні поверхні рідини молекулами ПАР утворюється їх орієнтований моношар. Ступінь заповнення поверхні рідини орієнтованими молекулами ПАР, а отже і ефективність зниження

поверхневого натягу залежать від наступних умов: хімічної будови ПАР (довжини гідрофобної частини, природи гідрофільної частини), температури, концентрації, величини поверхні розділу [29-31].

Важливою характеристикою є концентрація ПАР, яка пов'язана з поверхневим натягом рівнянням Гіббса:

$$C_{II} = -\frac{C}{RT} \frac{d\gamma}{dC}, \quad (1.1)$$

де C_{II} – концентрація ПАР на поверхні;

C – концентрація ПАР в розчині;

γ – поверхневий натяг розчину.

У міру накопичення ПАР на поверхні, межа розділу вода-повітря замінюється межею розділу вуглеводень-повітря і поверхневий натяг рідини знижується.

ПАР в розчинах схильні до міцелоутворення. Будова міцел, що мають сферичну, кристалічну, пластинчасту та інші форми залежить від хімічної природи ПАР і складу розчину. Міцелоутворення настає при певній концентрації ПАР, яке називається критичною концентрацією міцелоутворення (ККМ). Для більшості ПАР ККМ лежить в інтервалі 0,05-1,5 г/л, тому концентрації робочих розчинів, використовуваних для підготовки текстильних матеріалів, не повинна перевищувати ККМ [34, 35].

Змочування суворого текстильного матеріалу ускладнюється присутністю на ньому забруднень різної природи і походження. Водорозчинні гідрофільні забруднення переходять в миючий розчин за рахунок розчинення, швидкість і ефективність якого залежать від їх розчинності, температури, рН, різних добавок тощо. Видалення гідрофобних, нерозчинних у воді забруднень, що містяться в бавовняному волокні, неможливе без участі ПАР, що володіють комплексом змочуючих, емульгуючих, диспергуючих і мийних властивостей [18, 20, 21, 38]. В одному препараті ПАР ці дві властивості поєднати досить складно, оскільки молекули ПАР для прояву кожної з цих властивостей повинні мати специфічну хімічну будову, а саме певне співвідношення гідрофобних і гідрофільних (ліпофільних) властивостей – гідрофільно-ліпофільний баланс (ГЛБ), значення якого прийнято виражати числами від 0 до 20. Чим менше ГЛБ, тим сильніша гідрофобність, а чим він більший, тим сильніша гідрофільність. Парафін зовсім не володіє гідрофільністю, для нього ГЛБ

дорівнює 0. Поліетиленгліколь абсолютно гідрофільний, для нього ГЛБ дорівнює 20 [29-31, 39, 40].

Виходячи з величини ГЛБ можна визначити область застосування НПАР. Зазвичай ПАР, що мають ГЛБ менше 3, можна використовувати як піногасники, з ГЛБ від 3 до 6 – як емульгатори для емульсій «вода в маслі». ПАР з ГЛБ від 12 до 17 можуть бути миючими засобами, з ГЛБ від 15 до 18 – солюбілізаторами, а з ГЛБ від 7 до 19 – емульгаторами емульсій «масло у воді» [29-31, 39, 40].

Піна ПАР добре відокремлює бруд від миючої рідини, але її надмірна кількість ускладнює роботу обладнання, в якому проводиться обробка текстильного матеріалу, тому в останні роки в світі швидко збільшується виробництво і використання малопінних високоефективних миючих засобів [29-31].

Слід підкреслити, що швидкість і повнота видалення частинок жиру і бруду залежать не тільки від властивостей миючого препарату, а й від зовнішніх механічних впливів, якості води, наявності або відсутності допоміжних препаратів [39, 40].

Допоміжні препарати – це речовини, що допомагають підвищити ефективність миючих засобів. В якості допоміжних препаратів застосовуються сульфат натрію, фосфат натрію, карбонат натрію, силікат натрію, метилцелюлозу тощо. Фосфат натрію знижує ККМ і сприяє пом'якшенню води. Карбонат натрію пом'якшує воду і може посилити негативний заряд волокна. Силікат натрію і метилцелюлоза грають захисну роль, оберігаючи волокно від вторинного забруднення. Введення в систему силікату натрію також зменшує оптичну щільність розчину, що свідчить про гальмування процесу [29-31, 39, 40].

1.3.2. Механізм відбілювання пероксидом водню та його стабілізації в процесі підготовки бавовняних текстильних матеріалів. Після відварювання, в результаті видалення більшості забруднень і супутніх речовин, бавовняний текстильний матеріал набуває здатності добре і рівномірно змочуватись, але як і раніше має жовтуватий або коричневий відтінок. Це відбувається через те, що деякі забарвлені речовини, і перш за все природні забарвлені сполуки, що містяться в бавовняному волокні, в процесі відварювання не видаляються і не руйнуються. Тому після відварювання проводиться відбілювання, метою якого є видалення забарвлених речовин і надання волокнистому матеріалу

стійкої білизни. Білизна характеризується ступенем відбиття, для добре відбіленого полотна значення якого повинно бути не менше 82-83% [18, 38].

На сьогоднішній день на обробних фабриках для відбілювання трикотажних полотен застосовують головним чином пероксид водню. Він має цілу низку переваг перед іншими відбілюючими речовинами, так як забезпечує отримання високого і стійкого ступеня білизни, м'якого грифу полотна та менше зниження міцності полотна, ніж при відбілюванні гіпохлоритом натрію, є екологічним і доступним та не вимагає установки спеціального обладнання [41].

Механізм відбілювання перексидом водню полягає в тому, що при його розкладанні утворюються пергідроксил-іони або радикали. В умовах відбілювання бавовняних текстильних матеріалів при $\text{pH} > 11,5$ значна частина пероксиду водню знаходиться в іонізованому стані. Саме утворення іона HO_2^- сприяє знебарвленню окремих сполук. Утворені пергідроксил-іони взаємодіють з барвником і розривають аліфатичні або ароматичні подвійні зв'язки хромофорних систем, що призводить до втрати кольору забарвленого з'єднання [18, 38].

Швидке каталітичне розкладання пероксиду водню не забезпечує інтенсивного руйнування забарвлених домішок, але може привести до деструкції волокна. Таким чином, швидкість розкладання пероксиду водню повинна бути такою, щоб забезпечити достатньо високу швидкість руйнування забарвлених і інших супутніх речовин, але не викликати руйнування целюлози [18, 38].

Для запобігання каталітичного розкладання пероксиду водню в відбільну ванну вводять стабілізатори. Механізм стабілізуючої дії таких сполук може бути різний. Стабілізуючу дію одних речовин обумовлено їх здатністю взаємодіяти з пергідроксил-іонами або радикалами, утворюючи більш стійкі проміжні сполуки, а інших – здатністю блокувати в результаті комплексоутворення дію іонів металів, що викликають каталітичне розкладання пероксиду водню [42].

Силікат натрію є одним з кращих стабілізаторів, але в той же час він володіє дуже істотним недоліком: утворює нерозчинні, важковидалаємі грубі осади на обладнанні, які можуть викликати утворення затяжок на полотнах. Тому внутрішні поверхні і поверхні робочих органів обладнання повинно періодично піддаватися чищенню. Крім того, силікат натрію

підвищує жорсткість оброблюваних текстильних матеріалів, що може викликати їх прорубування при пошитті виробів [1, 3, 15, 18, 38].

Особливу групу складають сполуки, здатні утворювати комплекси з іонами металів, що викликають каталітичне розкладання пероксиду водню. До них відносяться поліфосфати, орґанофосфати, оксикарбонові кислоти, амінокарбоксилати, солі диетилентриамінпентаоцтової кислоти. Введення їх у відбільний склад в кількості 0,1-2,5 г/л перешкоджає ініціюванню каталітичного розкладання пероксиду водню, що забезпечує підвищення білизни і знижує можливість пошкодження волокна [43].

Комплексоутворюючі речовини зазвичай включають в стабілізуючі композиції, які одночасно містять амінокарбонові кислоти, солі магнію, ПАР, а в ряді випадків і оптично відбілюючі речовини. Використання цих композицій в кількості 0,1-5% гарантує отримання білизни полотна до 90% при повному виключенні силікату натрію з розчину [43].

Біління бавовняних матеріалів починають з наповнення джгутової барки або апарату теплою чи холодною водою і її нагрівання до 40-50°C. Потім доливають розчини хімічних матеріалів і завантажують вироби, продовжуючи нагрівати ванну до температури кипіння (95-98°C). Біління ведуть при цій температурі протягом 1,5-2 год. Відбілений текстильний матеріал ретельно промивають спочатку теплою (60°C) і потім холодною проточною водою до усунення луґу в промивній воді і на виробах.

Зазвичай біління полотна виконують в джгутових барках при модулі ванни, рівному 20-25 л/кг і витраті пероксиду до 8-10% від маси суворого матеріалу [15]. Однак заслуговує на увагу спосіб вибілювання полотна при модулі ванни 10 л/кг, при якому знижується витрата пероксиду до 4% і краще зберігається міцність волокон [24]. При цьому способі в барку наливають лише 1200-1500 л води, нагрівають її до 80-90°C, доливають 1 г/л змочуючої речовини і відварюють протягом 20 хв. при тій же температурі. Потім полотно промивають гарячою водою і в ванну додають 1,5% метасилікату або силікату натрію, 4% пероксиду, гідроксид натрію до рН=8-10 і близько 0,03 г/л оптично відбілюючої речовини. Біління в цьому розчині ведуть при температурі 95-98°C протягом 1,5-2 год., після чого полотно промивають теплою водою до відсутності слідів луґу [24].

Якщо вироби призначені для випуску в білому кольорі, то останню промивну воду в барці або в апараті нагрівають до 30-40°C і при цій температурі обробляють вироби протягом 20 хв. в розчині, що містить

близько 0,03 г/л оптично відбілюючої речовини і 2-5 г/л NaCl, після чого вироби вивантажують з барки, не промиваючи [3].

У разі фарбування кубовими або активними барвниками по попередньо відбіленому полотну біління пероксидом (напівбіління) проводять протягом 35-40 хв. при температурі 80°C у ванні з модулем 20-25 л/кг, що містить 0,8 г/л змочувача, 1 г/л метасилікату або силікату натрію і 1,2-1,3 г/л пероксиду 30%-ого при лужності розчину 0,8 г/л за натрій гідроксидом. Оптично відбілюючу речовину в цьому випадку не застосовують. Відбілене полотно промивають, а потім фарбують в тому ж апараті [3].

Матеріали, виготовлені з бавовняної пряжі, які підлягають фарбуванню прямими барвниками в світлі кольори, відбілюють і фарбують однованним способом в розчині, що містить пероксид водню і барвники [1, 3].

1.4. Аналіз сучасних способів підготовки бавовняного трикотажу.

Важливими складовими хіміко-технологічного процесу підготовки трикотажного полотна є ТДР, застосування яких сприяє видаленню масел, жирів, воскоподібних речовин і твердих забруднень. Тому при підготовці текстильних матеріалів існує ряд значущих проблем: підбір ефективних і таких, що біологічно розщепляються, ПАР, зниження деструктивного впливу відбілюючих агентів і ТДР, зниження обсягів водоспоживання та інших видів матеріальних ресурсів, пошук нових, більш ефективних способів підготовки (біотехнологія, обробка в середовищі низькотемпературної плазми тощо) [28].

Однак ТДР, що застосовуються на вітчизняних трикотажних виробництвах, не завжди забезпечують необхідну якість підготовки текстильного матеріалу, що в подальшому негативно позначається на якості фарбування. В даний час міжнародні стандарти якості висувають високі вимоги до текстильної продукції, що обумовлено необхідністю створення і застосування нових екологічно безпечних ТДР для забезпечення сучасного рівня проведення технологічних процесів, зокрема при підготовці трикотажного полотна [44].

Підвищення якості продукції, що випускається, в процесі підготовки трикотажних полотен пов'язане з розробкою високоефективних технологій

з використанням нових композиційних ТДР на основі різних класів ПАР [45, 46]. Необхідність створення таких препаратів обумовлена складною фізико-хімічною природою оброблюваного матеріалу і багатостадійністю процесу його обробки. До складу таких композицій входять компоненти, які добре поєднуються один з одним та діють адитивно або синергічно на одній стадії процесу, або активізуються на різних його стадіях.

Найбільш широко в операціях підготовки застосовують ПАР, що володіють цілим комплексом властивостей: миючі, диспергуючі, емульгуючі, змочуючі, протизаломні.

У дослідженнях [47] були детально вивчені властивості ПАР, вироблених в Україні, і показані особливості розробки композиційних складів на їх основі для обробки текстильних матеріалів [48]. У роботах [49-51] була розроблена композиція для підготовки целюлозовмісних тканин на основі ефективних емульгаторів і змочувачів, що сприяють видаленню з поверхні бавовняного волокна воскових речовин і залишків кутикулярної плівки.

В роботі [52] проведено оцінку мийної дії трикомпонентної суміші ПАР, шляхом визначення параметрів мийної дії і запропонована миюча композиція для очищення вовняних виробів.

В роботі [53] було показано, що бінарні суміші та складні багатокомпонентні системи на основі ПАР володіють кращою змочувальною і мийною здатністю в порівнянні з індивідуальними ПАР, що входять до складу сумішей.

Авторами [54] були підібрані оптимальні параметри для підготовки трикотажного полотна із застосуванням ферментів: рН, температура, концентрація ферменту.

Дослідниками [55] експериментально вивчений синергізм різної спорідненості індивідуальних і сумішей ПАР. Встановлено, що змочувальні властивості суміші ПАР вище, ніж індивідуальних речовин.

Суміш НПАР з АПАР були досліджені в роботі [56]. Вимірювання поверхневого натягу були використані для знаходження значень ККМ і інших параметрів адсорбції. Встановлено, що в суміші ПАР збільшується формування ланцюга.

Авторами [57] було проведено дослідження визначення миючої здатності в залежності від будови НПАР і АПАР на текстильних матеріалах в неводному середовищі (перхлоретилені). Встановлено, що найкращою

миючої здатністю володіють аніонактивні речовини (алкілсульфати), які значно підвищують мийну здатність чистого розчинника. Введення в вуглеводневі радикали неіоногенних гідрофільних груп супроводжується зменшенням миючої здатності.

Застосовувані на трикотажних підприємствах України препарати для промивання трикотажних полотен характеризуються значною вартістю і нерідко є неекологічними. Актуальність роботи визначається необхідністю пошуку і розробки нових ефективних та економічно вигідних композиційних препаратів ПАР для підготовки трикотажних полотен [58-60].

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1

Аналіз науково-технічної інформації свідчить про відсутність в Україні цілеспрямованих і систематичних досліджень, що стосуються розробки препаратів для промивання трикотажних полотен. Українські трикотажні виробництва (ПАТ «Трикотажна фабрика «Роза», м. Київ, ТОВ«Т-Стиль», м. Рівне) в процесі підготовки застосовують миючі імпорتنі препарати, що не завжди є економічно вигідним.

З огляду на безперервне зростання виробництва трикотажних полотен і виробів з них, в даний час перспективним є пошук і розробка нових композицій ПАР і технологій підготовки, які будуть враховувати особливості будови трикотажу і проведення процесів його підготовки і зможуть забезпечити підвищення якості отриманої сировини при економічності технологій.

Аналіз науково-технічної інформації свідчить про відсутність в Україні цілеспрямованих і систематичних досліджень, що стосуються розробки препаратів для промивання трикотажних полотен. З огляду на безперервне зростання виробництва трикотажних полотен і виробів з них, в даний час перспективним є пошук і розробка нових композицій ПАР і технологій підготовки, які будуть враховувати особливості будови трикотажу і проведення процесів його підготовки і зможуть забезпечити підвищення якості отриманої сировини при економічності технологій.

Таким чином, можна сформулювати основну мету наукового дослідження: підвищення конкурентоспроможності готової продукції за рахунок зниження її собівартості шляхом розроблення науково

обґрунтованої технології підготовки бавовняного трикотажу з використанням ефективних композицій ПАР та дослідження її впливу на властивості бавовняних трикотажних полотен

Для досягнення поставленої мети розглянуті наступні питання:

- теоретичне обґрунтування і експериментальне підтвердження вибору окремих ПАР з урахуванням їх властивостей та призначення у якості компонентів композиційних складів для промивання трикотажу;
- розроблення складів композицій ПАР;
- вивчення колоїдно-хімічних властивостей розроблених композиційних складів ПАР та їх впливу на якість підготовленого бавовняного трикотажного полотна;
- дослідження кінетики розкладання пероксиду водню в присутності композицій ПАР в умовах відбілювання бавовняного трикотажного полотна;
- визначення оптимальних технологічних параметрів суміщеного технології підготовки бавовняного трикотажного полотна;
- вивчення впливу розробленої суміщеної технології підготовки бавовняного трикотажу на фізико-хімічні властивості текстильного матеріалу та на показники якості трикотажного полотна після підготовки та фарбування;
- перевірка розробленої технології підготовки бавовняного трикотажного полотна у виробничих умовах і розрахунок економічної ефективності впровадження результатів дослідження на підприємствах галузі.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА

2.1. Особливості проведення процесу промивання бавовняного трикотажного полотна в розчинах ПАР.

Суворі бавовняні трикотажні полотна погано змочуються у водних розчинах внаслідок присутності в волокнах гідрофобних природних домішок целюлози і замаслюючих речовин. Знижена капілярність волокнистих матеріалів ускладнює біління, фарбування, друкування і обробку цих матеріалів, а також викликає дефекти при проведенні цих процесів (плями, нерівномірність забарвлення та ін.). Крім того, деякі замаслюючі речовини надають волокнистим матеріалам неприємного запаху і погіршують гриф [3].

Процес промивання призначений для видалення з трикотажу природних домішок і замаслюючих речовин і має, як правило, на меті підвищити його капілярність. Промивання для бавовняних текстильних матеріалів проводять зазвичай при високій температурі, тому часто називають відварюванням. Цей процес відбувається в апаратах періодичної дії, які служать для подальшого відбілювання і фарбування [18]. Відварювання бавовняних трикотажних полотен може проходити в лужному або в нейтральному середовищі.

Під час відварювання в лужному середовищі луг омиляє вищі жирні кислоти та їх ефіри, що входять до складу воскоподібних речовин і замаслювачів, перетворюючи їх в мила, що володіють емульгуючими властивостями. Це дозволяє повніше видалити з волокна воскоподібні і замаслюючі речовини. Крім того, в присутності лугу повніше проходить гідроліз білкових і пектинових речовин [61]. Однак присутність лугу в киплячому розчині для відварювання викликає окислення целюлози волокна киснем повітря, так як луг в цьому випадку виступає у ролі каталізатору. Це може привести до помітної втрати міцності волокнистого матеріалу і підвищення його жорсткості.

У якості лужного агенту найчастіше використовують гідроксид натрію [18, 38, 61]. При його концентрації до 5 г/л відварювання бавовняних матеріалів можна проводити в фарбувальних апаратах в розчині, що крім гідроксиду містить, змочувач-емульгатор (близько 1 г/л) і відновник, що перешкоджає окисленню целюлози [1, 3].

В даний час в трикотажній промисловості широко застосовується відварювання в нейтральному середовищі, яке проводиться при високій температурі майже при кипінні розчину, що містить неіоногенні або аніоноактивні ПАР, які володіють властивостями змочувача і емульгатора [58-60]. На рис. 2.1. наведений механізм мийної дії ПАР, що входить до складу промивного розчину, на забруднення суворого трикотажного полотна.

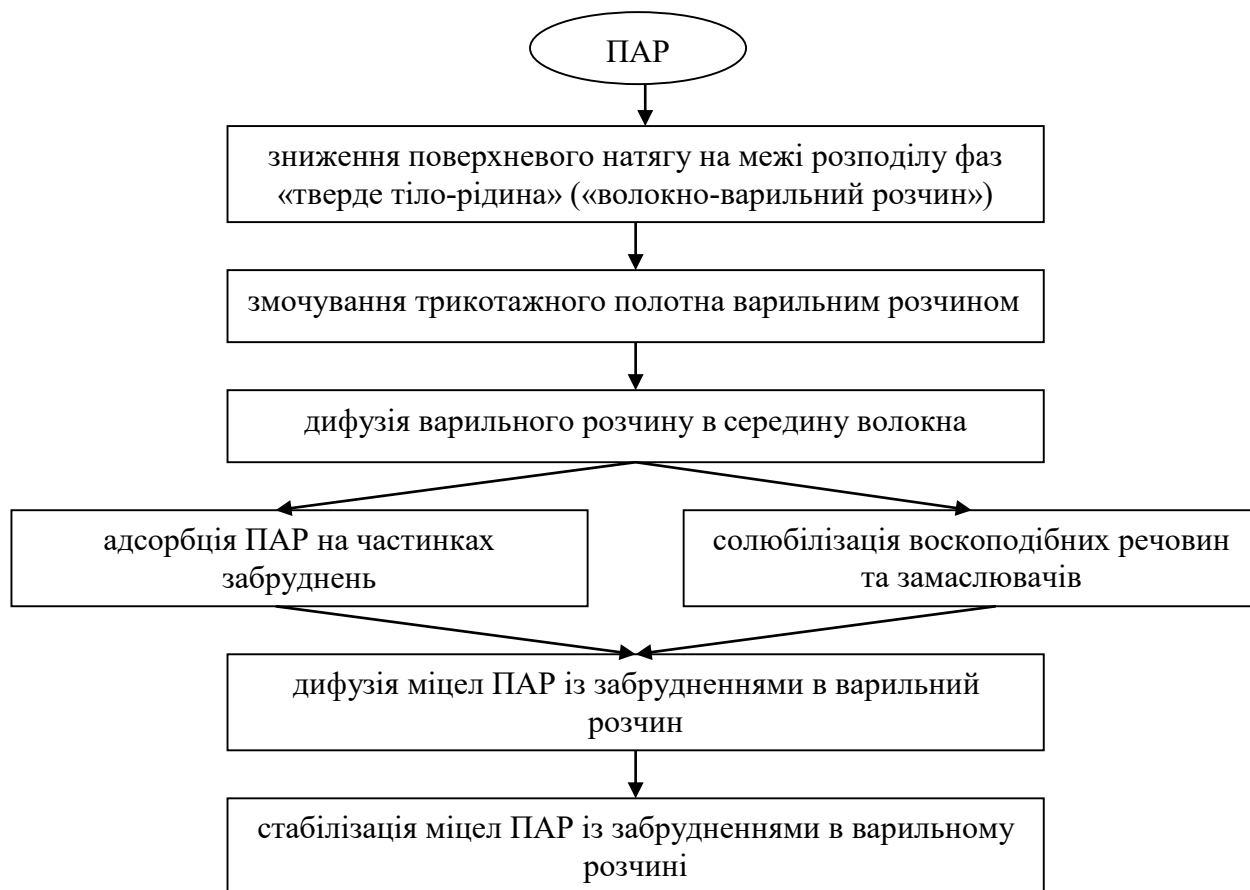


Рис. 2.1. Механізм мийної дії ПАР на забруднення суворого бавовняного трикотажу в процесі промивання.

Висока температура промивного розчину призводить до плавлення твердих компонентів воскоподібних речовин і замаслювачів і вони переходять в рідкий стан. ПАР знижує поверхневий натяг розчину, в результаті чого покращуються змочування суворого трикотажу та дифузія

промивного розчину вглиб волокна. Далі ПАР адсорбуючись на частинках забруднень трикотажного матеріалу сприяє їх відриву від волокна. Очищення суворого трикотажу від воскоподібних речовин та замаслювачів досягається за рахунок солюбілізації. Далі забруднення, що перейшли з волокна у промивний розчин у вигляді емульсій (воскоподібні речовини, замаслювачі) та дисперсій (тверді супутні речовини), стабілізуються у ньому для запобігання можливої їх ресорбції тканиною [18, 34].

Лімітуючою стадією процесу промивання, тобто стадією, що визначає швидкість проходження всього процесу загалом є стадія солюбілізації масляних забруднень суворого бавовняного волокна – воскоподібних та замаслюючих речовин. Крім того важливою є стадія змочування трикотажного матеріалу розчином для промивання, так як від її ефективності буде залежати швидкість та повнота проникнення промивного розчину всередину волокна.

В результаті промивання з суворого бавовняного волокна видаляються замаслювачі, значна кількість воскоподібних і мінеральних речовин і знижується вміст в волокні білків і пектинів, що призводить до підвищення капілярності волокна [18, 38, 61]. Поряд з цим під час кипіння промивного розчину відбувається частковий гідроліз білкових і пектинових речовин з переходом в розчин низькомолекулярних продуктів гідролізу і розчинення мінеральних речовин, а також видалення з поверхні волокон забруднень завдяки мийній дії розчину ПАР.

При відварюванні концентрація ПАР в розчині, якщо ця речовина володіє високими емульгуючими властивостями, як правило, повинна складати 1 г/л. Концентрація речовини з низькими емульгуючими властивостями повинна бути приблизно в 2 рази вищою [3].

Промивання в нейтральному середовищі не вимагає спеціального устаткування і процес проводять в фарбувальних або відбільних апаратах. При промиванні полотна в джгутових фарбувально-промивних машинах модуль ванни зазвичай підтримують в межах 18-20 л/кг, а при відварюванні пряжі в пропелерних пряжефарбувальних апаратах – 30-40 л/кг. Процес промивання трикотажних матеріалів необхідно проводити при мінімальних механічних впливах і натягу, так як трикотаж в мокрому стані має низьку стійкість до тертя і знижену міцність [1, 3].

Режим відварювання бавовняних трикотажних матеріалів в нейтральному середовищі складається з наступних операцій:

1) наповнення апарату теплою (40°C) або холодною водою з нагріванням до цієї температури, введення розчину ПАР і завантаження волокнистого матеріалу;

2) нагрівання розчину до кипіння;

3) відварювання в киплячому розчині протягом 30-60 хв.;

4) спуск розчину для відварювання та промивання текстильного матеріалу теплою водою [1, 3, 15].

Теплий промивний розчин забезпечує швидке змочування волокнистого матеріалу під час завантаження його в апарат. Злив розчину через верхні переливні пристрої при промиванні дозволяє попередити осідання на матеріалі гідрофобних складових замаслювачів, воскоподібних речовин і забруднень, що спливали на поверхню розчину.

Таким чином, для ефективного проведення процесу промивання бавовняного трикотажного полотна необхідно, щоб до складу промивного розчину входила ПАР, що володіє високою змочувальною та мийною здатністю.

Проте більшість миючих речовин, що використовуються у світовій практиці, представляють собою не індивідуальні ПАР, а композиційні препарати на їх основі [47-49, 58, 62]. До складу таких композицій входять компоненти, які добре сполучаються між собою та діють адитивно або синергічно на одній стадії процесу, або активізуються на різних його стадіях.

Отже, з метою ефективного проведення процесу промивання бавовняного трикотажного полотна необхідно розробити композицію ПАР, до складу якої буде входити в якості основних компонентів змочуючий та миючий агенти. Особливості опорядження трикотажних матеріалів вимагають введення до складу композиції допоміжних речовин – піногасника та протизаломлювача.

2.2. Дослідження колоїдно-хімічних властивостей ПАР.

Створення високоефективних композицій ПАР для підготовки бавовняного трикотажу є складним завданням, рішення якого вимагає системного підходу, який полягає в методичному дослідженні властивостей індивідуальних ПАР.

З метою створення композицій для промивання трикотажного полотна були обрані ПАВ різних класів: аніонактивні, неіоногенні, амфотерні та криптоаніонний. Їх характеристика наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристика ПАВ

Назва ПАВ	Виробник	Зовнішній вигляд	Хімічний склад
1	2	3	4
Аніонактивні			
Albaflow FFC-01	«Huntsman NMG»	Рідина білого кольору середнього ступеня в'язкості	Склад з похідних жирних спиртів з алканолом та модифікованих метилполісілоксанів
Eriopon R		Прозора, жовтувата, рідина середньої в'язкості	Натрієва сіль модифікованої поліакрилової кислоти
Albatex	«Huntsman NMG»	Прозора рідина	Водний розчин поліакрилатів та комплексоутворювачів
Invatex		Прозора рідина	Препарат на основі органічних кислот
Albafluid CD		Прозора в'язка емульсія	Рідкий препарат на основі співполімеру поліефіру
Неіоногенні			
Ultravon TC	«Huntsman NMG»	Прозора рідина	Суміш неіоногенних ПАР
Lutensol	«BASF»	Прозора рідина	Алкоксилати на основі розгалуженого спирту
Оксилав A1214C.50	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора світло-жовта рідина	Алкілдиметиламіноксид
Оксилав A1214.30		Прозора або світло-жовта рідина	Алкілдиметиламіноксид
Синтанол АЛМ-10		Однорідна паста білого кольору	Суміш поліоксиетиленгліколевих ефірів синтетичних первинних вищих жирних спиртів фракції C12-C14

Продовження табл. 2.1.

1	2	3	4
Стеарокс-6	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	В'язка маса	Поліоксиетиленгліколеві ефіри стеаринової кислоти
		світло- коричневого кольору	
ОС-20 Б		Прозора світло- жовта рідина	Суміш поліоксиетиленгліколеви х ефірів вищих жирних спиртів
Амфотерні			
Бетапав АП.30	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора рідина	Кокамідопропілбетаїн
Бетапав А.30		Прозора світло- жовта рідина	Алкілбетаїн
Криптоаніонні			
Карбоксипав АФ6.35	ТОВ НВО «НИИ ПАВ»	Прозора світло- жовта рідина	Карбоксилати оксиетильованих алкілфенолів

ПАР завдяки специфічній хімічній будові молекул мають здатність у водних розчинах утворювати агрегати – міцели, що обумовлює зміну ряду колоїдно-хімічних властивостей цих розчинів. Поверхнева активність ПАР визначає їх здатність знижувати поверхневий натяг, викликати змочування, емульгування, піноутворення, диспергування. Тому були вивчені наступні властивості індивідуальних ПАР: поверхневий натяг, змочуюча, миюча, піноутворююча здатності.

2.2.1. Дослідження поверхневого натягу розчинів ПАР проводилось методом відриву кільця (метод Дю-Нуї) шляхом встановлення сили, яка необхідна для відриву кільця радіусу R від поверхні рідини за допомогою вагів Дю-Нуї та розраховувалась за формулою:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_{H_2O} \cdot \phi_x}{\phi_{H_2O}}, \quad (2.1)$$

де ϕ_x, ϕ_{H_2O} – сила відриву кільця від дистильованої води і від досліджуваного розчину;

σ_{H_2O} – поверхневий натяг дистильованої води [30, 63, 64].

Ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР дозволяють оцінити поверхневу активність окремих ПАР і прогнозувати їх кількість в композиції шляхом визначення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ).

На рис. 2.2-2.5 представлені ізотерми зміни поверхневого натягу розчинів ПАР різних класів при температурі 20°C.

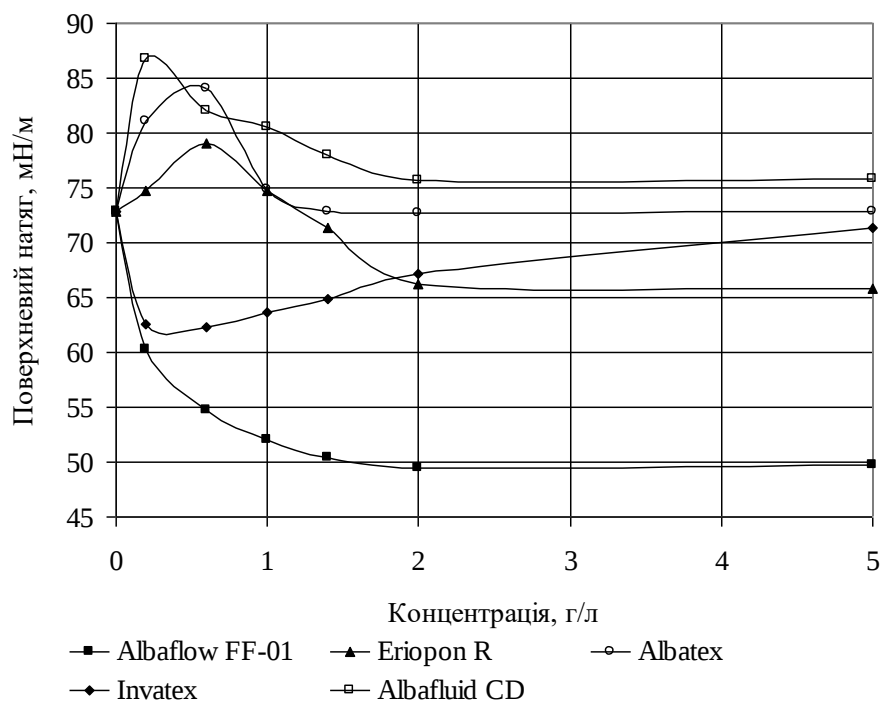


Рис. 2.2. Ізотерми поверхневого натягу розчинів аніонактивних ПАР.

Отримані дані (рис. 2.2) свідчать про те, що серед аніонактивних ПАР найбільше зниження поверхневого натягу викликають Invatex та Albaflow FF-01. При чому у розчині Albaflow FF-01 зі зростанням концентрації ПАР поверхневий натяг пропорційно зменшується до максимального значення 44,5 мН/м при концентрації 2 г/л, після чого показник не змінюється. Для Invatex спостерігається максимальне зниження поверхневого натягу при 0,4 г/л, а подальше збільшення концентрації ПАР у розчині приводить до підвищення поверхневого натягу. Для Eriopon R, Albafluid CD та Albatex при низькому вмісті у розчині спостерігається зростання поверхневого натягу, а збільшення концентрації призводить до зниження його значень, але отримані показники є близькими до значень поверхневого натягу води.

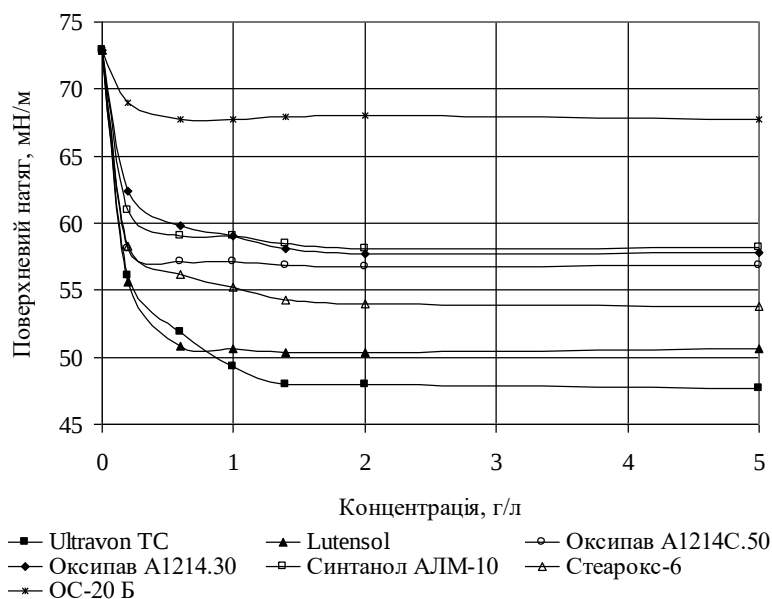


Рис. 2.3. Ізотерми поверхневого натягу розчинів неіоногенних ПАР.

Результати дослідження впливу неіоногенних ПАР (рис. 2.3) показують, що всі досліджувані речовини знижують поверхневий натяг з підвищенням їх концентрації у розчині до певного значення, після якого досліджуваний показник більше не змінюється і залишається на досягнутому рівні. Найкраще знижує поверхневий натяг до значень 48 мН/м при 1,6-2 г/л, а отже є найефективнішим змочувачем, Ultravon TC. Також значні результати щодо зниження поверхневого натягу досягаються при застосуванні Оксипав А1214С.50, Lutensol та Стеарокс-6.

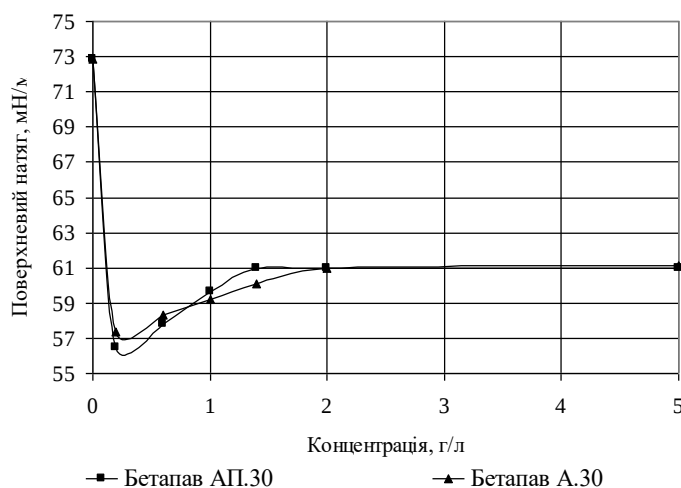


Рис. 2.4. Ізотерми поверхневого натягу розчинів амфотерних ПАР.

Отримані ізотерми поверхневого натягу досліджуваних ПАР (рис. 2.4) показують, що додавання малої концентрації 0,2 г/л амфотерних ПАР

стрімко знижує поверхневий натяг. Подальше збільшення концентрації ПАР сприяє незначному підвищенню даного показника. Досліджувані амфотерні ПАР Бетапав АП.30 та Бетапав А.30 майже однаково знижують поверхневий натяг у нейтральному середовищі.

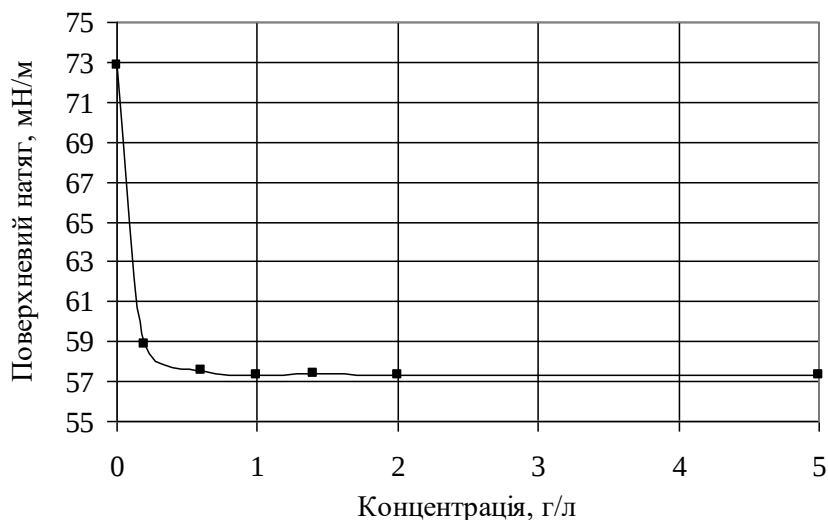


Рис. 2.5. Ізотерми поверхневого натягу розчинів криптоаніонного ПАР Карбоксипав АФ6.35.

Криптоаніонні ПАР одночасно володіють властивостями аніонних та неіоногенних ПАР. Дослідження впливу концентрації Карбоксипав АФ6.35 на поверхневий натяг свідчить про те, що значення досліджуваного показника пропорційно зменшується зі збільшенням його концентрації у розчині.

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільше зменшують поверхневий натяг неіоногенні ПАР, крім ОС-20. Серед аніонактивних ПАР слід виділити Albaflow FFC-01, застосування якого сприяє значному зниженню поверхневого натягу.

Слід відмітити, що Albafluid CD, Albatex та Eriopon R сприяють підвищенню поверхневого натягу, що пояснюється їх хімічною будовою та призначенням. Так, дані ПАР виробляються «Huntsman NMG» і мають наступне призначення: Albaflow FFC-01 є прискорювачем проникнення інших речовин (гідротропом), Albatex слугує захисним колоїдом, а Eriopon R – післяочисним агентом.

Інші досліджувані аніонактивні, амфотерні ПАР та криптоаніонний Карбоксипав АФ6.35 сприяють незначному збільшенню поверхневого натягу.

2.2.2. Дослідження змочувальної здатності розчинів ПАР. Оцінка ефективності змочувальної дії ПАР є важливою при їх використанні під час взаємодії твердих тіл з розчинами (рис. 1.1) і в процесі видалення природних та технологічних забруднень із суворих текстильних матеріалів. Під час змочування текстильних матеріалів в результаті орієнтованої адсорбції молекул ПАР на поверхні волокон відбувається його гідрофілізація [29-31].

Визначення змочувальної здатності розчинів ПАР проводилося методом занурення Дрейвза, який полягає в почерговому введенні зразків суворого трикотажного полотна в підготовлені водні розчини ПАР з подальшою фіксацією часу до повного їх занурення [65].

Результати дослідження представлені у табл. 2.2.

Таблиця 1.2

Вплив концентрації ПАР на змочувальну здатність

Назва та клас ПАВ	Змочувальна здатність, с					
	Концентрація ПАР, г/л					
	0,2	0,6	1	1,4	2	5
Аніонактивні						
Albaflow FFC-01	-	-	-	-	-	-
Eriopon R	-	-	-	-	-	-
Albatex	-	-	-	-	-	-
Invatex	-	-	-	-	-	-
Albafluid CD	-	-	-	-	-	-
Неіоногенні						
Ultravon TC	98	52	26	9	6	2
Lutensol	241	218	186	151	122	20
Оксилав А1214С.50	684	64	42	25	15	12
Оксилав А1214.30	112	94	72	59	35	19
Синтанол АЛМ-10	142	133	99	59	26	4
Стеарокс-6	779	205	177	109	75	72
ОС-20	589	548	506	452	405	398
Амфотерні						
Бетапав АП.30	845	812	280	209	152	81
Бетапав А.30	830	722	572	146	36	9
Криптоаніонні						
Карбоксилав АФ6.35	362	318	468	441	59	4

Примітка: знак «-» означає, що змочувальна здатність протягом 3-х год. відсутня.

Таким чином, за результатами експерименту встановлено, що найбільш ефективними змочуючими агентами є неіоногенні ПАР, а аніонактивні зовсім не змочують трикотаж. Серед неіоногенних ПАР найкращою здатністю до змочування володіють Ultravon ТС, Оксипав А1214.30, Оксипав А1214С.50 та Синтанол АЛМ-10. При їх індивідуальному застосуванні при концентрації 0,6-1 г/л змочування суворого трикотажного полотна відбувається протягом 0,5-1,5 хв. Досліджуванні амфотерні та криптоаніонний ПАР володіють низькими змочувальними властивостями. Лише при високій концентрації Бетапав А.30 та Карбоксипав АФ6.35 5 г/л час змочування зразків суворого трикотажного полотна складає 4-9 с.

2.2.3. Дослідження мийної здатності розчинів ПАР. Мийну здатність ПАР встановлювали за ступенем видалення забруднень. Зразки трикотажного полотна зважувалися з точністю до 4-го знаку. Потім зразки відварювались у водних розчинах досліджуваних ПАР (0,2-5 г/л) при М=50, Т=80°C протягом 30 хв. з наступним промиванням теплою водою і повторним визначенням маси.

Миюча здатність ПАР визначалася за формулою:

$$X = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100, \quad (2.2)$$

де m_1 і m_2 – маса зразка до і після відварювання, г [66].

Результати оцінки мийної здатності ПАР представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3

Вплив концентрації ПАР на мийну здатність

Назва та клас ПАВ	Мийна здатність, %					
	Концентрація ПАР, г/л					
	0,2	0,6	1	1,4	2	5
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
Аніонактивні						
Albaflow FFC-01	0	0	0	0	0	0
Eriopon R	0,05	0,71	0,55	0,76	0,49	1,16
Albatex	0	0	0,24	0	0	0,46
Invatex	0,08	0	0	0	0	0,62
Albafluid CD	1,18	1,39	1,41	1,31	1,25	0,98

Продовження табл. 2.3

1	2	3	45	6	7	8
Неіоногенні						
Ultravon TC	0,94	1,15	1,23	1,24	1,26	1,27
Lutensol	0,23	0,37	0,30	0,22	0,06	0,42
Оксилав А1214С.50	2,31	2,36	2,0	1,89	2,68	1,93
Оксилав А1214.30	1,15	1,19	1,16	1,09	0,80	1,01
Синтанол АЛМ-10	0,20	1,06	1,12	1,24	1,40	1,36
Стеарокс-6	1,32	1,57	1,28	1,80	1,84	1,52
ОС-20	1,32	1,31	0,90	1,12	1,02	1,04
Амфотерні						
Бетапав АП.30	1,14	1,03	1,05	1,17	0,93	1,11
Бетапав А.30	2,77	3,37	2,78	2,99	2,46	2,33
Криптоаніонні						
Карбоксилав АФ6.35	3,30	3,38	3,13	3,25	3,24	2,82

Згідно з даними, наведеними в табл. 2.3, найбільшою високою мийною здатністю володіють неіоногенні ПАР: Оксилав А1214С.50 концентрацією 0,6-1,4 г/л, Стеарокс-6 концентрацією 0,6-1,4 г/л та Ultravon TC концентрацією 0,2-0,6 г/л. Поряд з неіоногенними ПАР високий миючий ефект проявили амфотерний ПАР Бетапав А.30 концентрацією 0,6-2 г/л – 2,46-3,37% та кріптоаніонний ПАР Карбоксилав АФ6.35 при концентрації 0,2-2 г/л – 3,3-3,38%.

2.2.4. Дослідження піноутворюючої здатності розчинів ПАР. При створенні мийних засобів для текстильних матеріалів з метою застосування як в побутових умовах (прання, хімічне чищення), так і в промислових масштабах (відварювання, промивання на всіх етапах опорядження) використовують ПАР з низькою піноутворюючою здатністю, але з високою мийною дією, оскільки сильнопінні засоби, особливо зі стійкою піною, ускладнюють зливання відпрацьованих мийних розчинів з барабанів машин та сприяють ресорбції забруднень. Деякі дослідники [67, 68] надають піноутворенню важливу роль у мийному процесі, але чіткої залежності між піноутворюючою здатністю та мийною дією не існує. Дослідження [69] показали, що у піну переходить лише 5-3% забруднень, інші залишаються у мийному розчині.

Піноутворюючу здатність ПАР встановлювали при концентрації речовини у розчині 2 г/л шляхом визначення об'єму піни, що утворилась та її стійкості через 30 хв.

В градуйований циліндр місткістю 100 мл з притертою пробкою поміщали 20 мл розчину концентрацією 2 г/л. Після цього циліндр з розчином струшували протягом 10 с. Об'єм піни, яка утворилася, заміряли негайно після струшування та через 30 хв. Піноутворююча здатність (П) і стійкість піни за певний час (С) обчислювалися за формулами:

$$P = \frac{V_1 \cdot 100}{V_0} \quad (2.3)$$

$$C = \frac{V_2 \cdot 100}{V_1} \quad (2.4)$$

де V_1 – об'єм піни після струшування, мл;

V_0 – початковий об'єм розчину, мл;

V_2 – об'єм піни після 30 хв. після струшування, мл [65].

Результати випробувань наведені у табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Піноутворююча здатність та стійкість піни ПАР

Назва та клас ПАВ	Піноутворююча здатність, %	Стійкість піни, %
Аніонактивні		
Albaflow FFC-01	0	0
Eriopon R	10	100
Albatex	5	100
Invatex	10	90,9
Albafluid CD	10	100
Неіоногенні		
Ultravon TC	120	96,9
Lutensol	290	89,7
Оксилав А1214С.50	100	100
Оксилав А1214.30	190	100
Синтанол АЛМ-10	190	100
Стеарокс	140	97,9
ОС-20	150	96
Амфотерні		
Бетапав АП.30	150	96
Бетапав А.30	100	100
Криптоаніонні		
Карбоксилав АФ6.35	150	100

Аналіз отриманих результатів (табл. 2.4) показує, що аніонні ПАР володіють низькою здатністю до утворення піни до 10%. Неіоногенні, амфотерні та криптоаніонний ПАР утворюють значний об'єм піни.

Не створює піну АПАР Albaflow FFC-01, який за своїм призначенням є піногасником. Більшість ПАР характеризуються піноутворенням 100-150%. Найбільше піни утворюється при застосуванні Lutensol – 290%, Оксипав А1214.30 та Синтанол АЛМ-10 – 190%.

Слід відмітити, що всі досліджувані ПАР утворюють стійку піну.

2.2.5. Обґрунтування вибору ПАР та визначення їх критичної концентрації міцелоутворення. Враховуючи механізм дії ПАР в умовах промивання трикотажного полотна та отримані дані щодо визначення властивостей індивідуальних ПАР з метою створення композиції для промивання бавовняного трикотажного полотна для забезпечення високих показників капілярності необхідними складовими повинні бути наступні високоефективні речовини: змочувач та миючий агент у якості основних компонентів, а також піногасник та засіб, який попереджує утворення заломів, у якості допоміжних складових композиції.

На основі аналізу отриманих результатів вибрані наступні високоефективні ПАР: у якості змочувача – Ultravon ТС, у якості піногасника – Albaflow FFC-01, у якості протизаломлювача – Albafluid CD. Для забезпечення високих показників мийної здатності композиції для промивання бавовняного трикотажу, а також з метою встановлення кращого мийного агента були вибрані Оксипав А1214С.50 (НПАР), Бетапав А.30 (АмПАР) та Карбоксипав АФ6.35 (КрПАР).

Критична концентрація міцелоутворення (ККМ) визначається здатністю до міцелоутворення, при якій відбувається зміна фізико-хімічних, колоїдних та технологічних властивостей розчину ПАР, а отже є важливою характеристикою. З метою оцінки ККМ ПАР залежність поверхневого натягу від концентрації речовини у розчині $\sigma=f(C)$ представляють у напівлогарифмічних координатах, тобто $\sigma=f(\ln C)$ [70, 71].

На ізотермах поверхневого натягу у напівлогарифмічних координатах можна відмітити дві характерні точки. Перша – точка переходу від криволінійної до прямолінійної ділянки ізотерми, що характеризується максимальним зниженням поверхневого натягу σ_m та досягненням граничної адсорбції C_m . Друга точка – при переході від похилої ділянки ізотерми до горизонтальної, яка вказує на ККМ. Точка граничної адсорбції

C_m являє собою концентраційну межу стабілізуючої дії ПАР, вище якої ПАР проявляють свої емульгуючі, мийні та піноутворюючі властивості [34, 35, 70, 71].

На рис. 2.6. представлені ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР, обраних для розроблення композицій у напівлогарифмічних координатах.

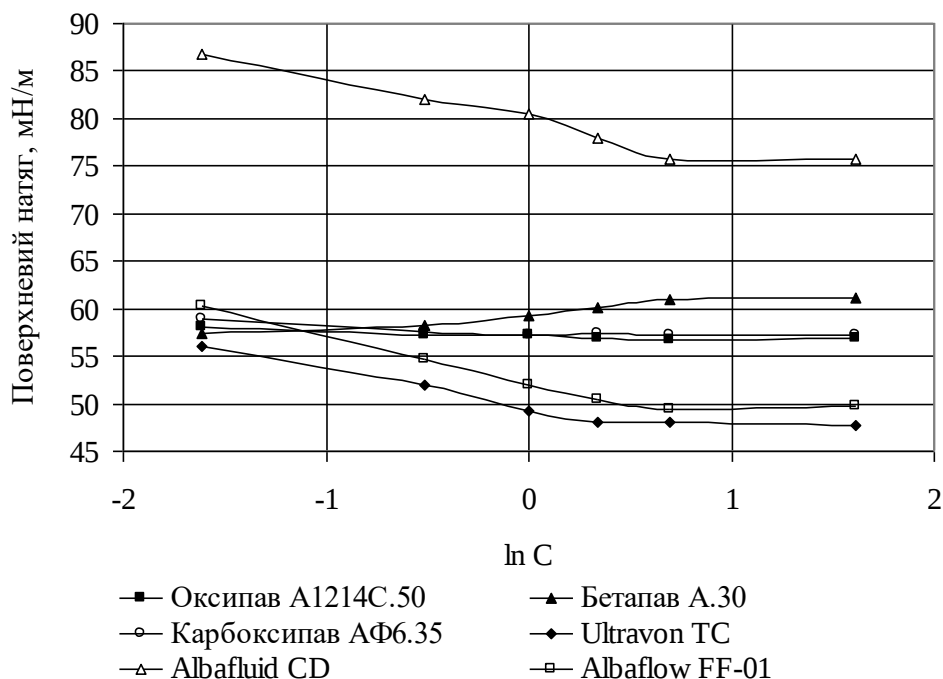


Рис. 2.6. Ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР.

Отримані результати (рис. 2.6) показують, що ККМ вибраних для створення композицій ПАР знаходяться у межах концентрацій 1-2 г/л.

Відомо [72, 73], що інтенсифікація процесів змочування, емульгування і солюбілізації під час промивання досягається за рахунок використання сумішей як гомологічних так і різнотипних ПАР. Найбільш ефективні миючі препарати створюються на основі комплексного використання неіоногенних та аніонних ПАР. Такі суміші проявляють у водних розчинах ряд незвичайних властивостей, нехарактерних для цих ПАР окремо. Вони виявляють синергізм в ККМ, миючій дії та інших властивостях. Даний факт, а також власний досвід застосування ПАР у сумішах, дозволив спрогнозувати, що при створенні композиції для промивання бавовняного трикотажу можливе застосування обраних ПАР при концентраціях, значно менших за ККМ.

У табл. 2.5 наведена комплексна характеристика вибраних речовин.

Таблиця 2.5

Характеристика вибраних ПАР

Показник	ПАР					
	Оксилав А1214С.5 0	Бетапав А.30	Карбоксила в АФ6.35	Ultravon ТС	Albaflow FFC-01	Albafluid CD
Класифікація за властивостям и	миюча речовина			змочу -вач	піногас -ник	проти- залом- лювач
Клас ПАР	НПАР	АмПА Р	КрПАР	НПАР	АПАР	АПАР
ККМ, г/л	1-2					
ПН, σ, мН/м	51,16- 56,71	59,19- 61,00	57,30	49,30- 48,00	80,50- 75,69	51,96- 49,48
Змочуюча, здатність, с	15-42	36-572	59-468	6-26	—	—
Миюча здатність, %	2,00- 2,68	2,46- 2,99	3,13-3,25	1,23- 1,26	0	1,41- 1,25
Піноутворю- юча здатність, %	200	250	250	320	100	110
Стійкість піни, %	100	100	100	97	100	100

Таким чином, на основі проведених досліджень можна стверджувати, що найбільш перспективним для розробки багатокомпонентних складів вважається використання методів математичного планування [74, 75], які дозволяють значно скоротити об'єм експерименту, виключають необхідність в просторовому уявленні складних поверхонь, так як властивості розробленої композиції можна представити у вигляді поверхні.

2.3. Оптимізація розрахунку складів мийних композицій для промивання трикотажного полотна.

Дослідженнями, що були проведені у підрозділі 3.2, визначені колоїдно-хімічні властивості ПАР різних класів. На підставі цього обрані препарати, що забезпечують досягнення найвищих показників змочування, відмивання та найменшого піноутворення. Це дасть змогу розробити

ефективну композицію для промивання бавовняного трикотажу з метою отримання високого змочування та капілярності.

Для створення ефективної миючої композиції необхідно встановити оптимальне співвідношення компонентів. Зазвичай склад композицій підбирається емпіричним шляхом на основі результатів пробних промивань або видалення того забруднення, для відмивання якого створюється даний засіб.

В даний час для оптимізації розрахунку складів композицій на основі математичної моделі «склад-властивість» найбільше застосування отримали симплекс-ґратчасті плани, запропоновані Г. Шеффе [74].

При вивченні властивостей суміші, що залежать тільки від співвідношень компонентів, факторний простір являє собою правильний $(q-1)$ -мірний симплекс. Для таких систем виконується співвідношення:

$$\sum_{i=1}^q x_i = 1, \quad (2.5)$$

де $x_i \geq 0$ – концентрація компонента;

q – кількість компонентів.

Плани Шеффе забезпечують рівномірний розкид експериментальних точок по $(q-1)$ -мірному симплексу. Експериментальні точки представляють $\{q, n\}$ -решітки на симплексі, де n – ступінь полінома.

Так як у роботі розробляється композиція, що буде складатися з чотирьох компонентів ($q=4$), то правильний симплекс представлятиме тетраедр, кожна вершина якого відповідає чистим компонентам. Кожне ребро тетраедра є двокомпонентною системою, а грань – трикомпонентною. Кожна точка всередині тетраедра відповідає чотирикомпонентній системі (рис. 2.7).

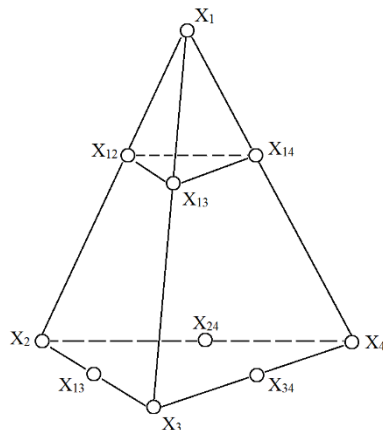


Рис. 2.7. Правильний симплекс-тетраедр чотирикомпонентної системи

Так, компонент x_1 відсутній на межі x_2 , x_3 і x_4 , а по перерізам тетраедра, що наближаються до вершини x_1 , вміст компонента x_1 збільшується. Графічно таку систему подають у вигляді перерізів тетраедра площинами, що перпендикулярні одній з осей. Склад чотирикомпонентної суміші, що лежить в площині перетину, визначається вже двовимірною площиною, що дозволяє представляти зміну властивостей системи у вигляді контурних кривих.

Швидкість зміни властивостей багатоконпонентного складу характеризують нахилом величини очікуваного відгуку для i -го компонента в точці x_i :

$$\frac{\partial v}{\partial x_i} = b_0 + b_1 x_i, \quad (2.6)$$

де

$$b_0 = \frac{1}{q-1} \left[q\beta_i - \sum_{i=1}^q \beta_i + \sum_{i=1}^{i-1} \beta_{li} + \sum_{j=i+1}^q \beta_{ij} - 2 \sum_{j \langle k, k \neq i}^q \frac{\beta_{jk}}{q-1} \right], \quad (2.7)$$

$$b_1 = \frac{2}{q-1} \left[\sum_{j \langle k, k \neq i}^q \frac{\beta_{jk}}{q-1} - \sum_{i=1}^q \beta_{li} - \sum_{j=i+1}^q \beta_{ij} \right]. \quad (2.8)$$

Для q -компонентного складу вираз (2.5) відповідає градієнту $(q-1)$ -ої поверхні по осі i -го компонента [74]. Наведемо розрахунок складу композиції, що буде включати змочувач Ultravon TC, піногасник Albaflow FFC-01, протизаломлювач Albafluid CD та миючий агент Оксипав А1214С.50 (НПАР). Розрахунок композицій на основі миючих речовин Бетапав А.30 (АмПАР) та Карбоксипав АФ6.35 (КрПАР) виконувався аналогічно.

Дослідження проводили на локальній області факторного простору, яка була обмежена зверху і знизу межами концентрацій обраних речовин (в г/л):

$$\begin{aligned} 0,02 \leq x_1(\text{Ultravon TC}) &\leq 0,5; \\ 0,02 \leq x_2(\text{Albafluid CD}) &\leq 0,5; \\ 0,02 \leq x_3(\text{Albaflow FFC-01}) &\leq 0,1; \\ 0,02 \leq x_4(\text{Оксипав А1214С.50}) &\leq 0,35. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Тобто, область дослідження представляла собою багатокутник з вісьмома вершинами і сторонами, який був приведений до симплексу з числом вершин $m \cdot n = q$. Оскільки симплекс-дослідження є частиною від усієї області дослідження, то необхідно зробити перехід від компонентів x_i

до псевдокомпонентів z_i . Симплекс-гатчастий план Шеффе другого порядку для чотирьохкомпонентного складу представлений в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

**Симплекс-гатчастий план Шеффе другого порядку для
чотирьохкомпонентного складу**

№з/п	z_1	z_2	z_3	z_4	Позначення відгуку
1.	1,00	0,00	0,00	0,00	y_1
2.	0,00	1,00	0,00	0,00	y_2
3.	0,00	0,00	1,00	0,00	y_3
4.	0,00	0,00	0,00	1,00	y_4
5.	0,50	0,50	0,00	0,00	y_{12}
6.	0,50	0,00	0,50	0,00	y_{13}
7.	0,50	0,00	0,00	0,50	y_{14}
8.	0,00	0,50	0,50	0,00	y_{23}
9.	0,00	0,50	0,00	0,50	y_{24}
10.	0,00	0,00	0,50	0,50	y_{34}

Властивості складу композиції оцінювали згідно з рядом вихідних параметрів Y_i : час змочування ПАР трикотажного полотна, $T_{змоч.}$, с; - мийна здатність ПАР трикотажного полотна, $T_{миюч.}$, %; - поверхневий натяг ПАР, ПН, σ , мН/м; - піноутворююча здатність ПАР, П, %; - стійкість піни ПАР, С, %. Кожен дослід був повторений двічі. Результати дослідження у вигляді середніх значень представлені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7

Значення вихідних параметрів

№ з/п	$T_{змоч.}$, с	$T_{миюч.}$, %	ПН, σ , мН/м	П, %	С, %
1.	242,0	0,73	45,1	120	83,3
2.	874,0	0,85	47,6	180	61,1
3.	143,5	0,95	50,9	230	73,9
4.	102,5	0,52	47,9	150	66,7
5.	179,5	0,15	49,9	100	100,0
6.	917,0	0,34	52,2	100	100,0
7.	598,0	0,67	47,9	100	100,0
8.	407	0,37	47,8	100	100,0
9.	202,5	0,57	47,3	100	100,0
10.	328,5	0,64	51,7	150	66,7

Коефіцієнти рівнянь розраховані за наступними формулами:

$$\beta_i = y_i, \quad \beta_{ij} = 4y_{ij} - 2y_i - 2y_j.$$

Після розрахунків отримані моделі (2.10)-(2.14) залежностей від складу композиції:

- часу змочування трикотажного полотна:

$$\begin{aligned} T_{\text{змоч.}} = & 242,0z_1 + 874,0z_2 + 143,5z_3 + 102,5z_4 - \\ & -1514,0z_1z_2 + 2897,0z_1z_3 + 1703,0z_1z_4 - 407,0z_2z_3 - \\ & -1143,0z_2z_4 + 822,0z_3z_4; \end{aligned} \quad (2.10)$$

- мийної здатності:

$$\begin{aligned} T_{\text{мийн.}} = & 0,73z_1 + 0,85z_2 + 0,95z_3 + 0,52z_4 - \\ & -2,56z_1z_2 + 2,00z_1z_3 + 0,18z_1z_4 - 2,12z_2z_3 - \\ & -0,46z_2z_4 - 0,38z_3z_4; \end{aligned} \quad (2.11)$$

- поверхневого натягу:

$$\begin{aligned} \sigma = & 45,1z_1 + 47,6z_2 + 50,9z_3 + 47,9z_4 + \\ & +14,4z_1z_2 + 16,8z_1z_3 + 5,7z_1z_4 - 5,9z_2z_3 - \\ & -1,7z_2z_4 + 9,5z_3z_4; \end{aligned} \quad (2.12)$$

- піноутворюючої здатності:

$$\begin{aligned} \Pi = & 120,0z_1 + 180,0z_2 + 230,0z_3 + 150,0z_4 - \\ & -200,0z_1z_2 - 300,0z_1z_3 - 140,0z_1z_4 - \\ & -420,0z_2z_3 - 260,0z_2z_4 - 160,0z_3z_4; \end{aligned} \quad (2.13)$$

- стійкості піни:

$$\begin{aligned} C = & 83,3z_1 + 61,1z_2 + 73,9z_3 + 66,7z_4 + \\ & +111,1z_1z_2 + 85,5z_1z_3 + 100,0z_1z_4 + \\ & +130,0z_2z_3 + 144,5z_2z_4 - 14,4z_3z_4. \end{aligned} \quad (2.14)$$

З точки зору обробки текстильного матеріалу в водних розчинах ПАР піноутворення і стійкість піни впливають на ефективність процесу не більше 10% [72].

Для ефективного проведення процесу обробки текстильних матеріалів у водних розчинах ПАР їх поверхневий натяг має бути менше поверхневого натягу води на 20 одиниць і становити близько 52 мН/м. Результати, представлені в табл. 3.5, показують, що значення поверхневого натягу розчинів композицій змінюються в діапазоні від 45 до 52 мН/м. Отже, ці моделі можна виключити з оптимізації.

Тому з метою визначення оптимального складу композиції доцільно провести оптимізацію моделей «склад-властивість» за змочувальною і мийною властивостями. Крім того, на основі аналізу механізму дії ПАР у процесі промивання бавовняного трикотажу, визначальними були встановлені саме ці властивості ПАР.

Для перевірки адекватності моделі другого порядку за змочувальною і мийною властивостями проведений дослід у додатковій контрольній точці при співвідношенні компонентів, що наведені у табл. 2.8. Результати визначення характеристик представлені у табл. 2.9.

Таблиця 2.8

Умови додаткового дослідів

z ₁	z ₂	z ₃	z ₄
0,25	0,25	0,25	0,25

Таблиця 2.9

Результати додаткового дослідів

T _{змоч.} , с	T _{мийн.} , %	ПН, σ, мН/м	П, %	С, %
132,5	0,47	49,1	180	61,1

Число паралельних дослідів n=2.

Число ступенів свободи f = N (число дослідів).

Розрахунок величини ξ :

$$\xi = \sum_{i=1}^q a_i^2 + \sum_{1 \leq i < j}^{j \leq q} a_{ij}^2, \quad a_i = x_i(2x_i - 1); \quad a_{ij} = 4x_i x_j. \quad (2.15)$$

Знаючи дисперсію відтворюваності, число паралельних дослідів n, можна знайти похибку передбачених значень відгуку в будь якій точці діаграми «склад-властивість», скориставшись величиною ξ . Перевірку адекватності проводять в кожній контрольній точці. Для цього складають співвідношення:

$$t = \frac{\Delta y \sqrt{n}}{s_y^2 \sqrt{1 + \xi}}, \quad (2.16)$$

$$\text{де } \Delta y = \left| \bar{y}_{\text{експ}} - y_{\text{розрах}} \right|.$$

Величина t, розподілена за законом Стюдента, порівнювалась з табличним значенням t_p(f), де p – рівень значимості, а f – число ступенів

свободи дисперсії відтворюваності. Гіпотеза про адекватність рівняння приймається, якщо $t_{\text{експ}} < t_{\text{табл}}$.

Таблиця 2.10

Визначення адекватності математичних моделей

Модель	ξ	t_p	$t_{\text{табл}}$	Висновок про адекватність
змочування	0,25	60,40	2,2	адекватне
мийна здатність	0,25	9,73	2,2	адекватне

Таким чином, встановлено, що математичні моделі, які описують залежність змочувальної та мийної здатностей від складу композиції є адекватними. Дані математичні моделі дозволяють всебічно досліджувати об'єкт, що вивчається або процес, а саме: проводити інтерполяцію або екстраполяцію даних, тобто прогнозувати результати, проводити ранжування факторів за ступенем їх впливу, здійснювати оптимізацію – знаходити найкращі варіанти з точки зору поставлених цілей. У більшості випадків математичні моделі використовують для оптимізації [74].

У даному випадку для повної характеристики композиції ПАР для процесу обробки трикотажного полотна необхідно визначити оптимальний склад композиції шляхом оптимізації системи математичних моделей, які комплексно характеризують композицію за кількома вихідними параметрами (критеріями оптимізації). Таким чином, завдання оптимізації можна сформулювати наступним чином: необхідно знайти в області допустимих значень факторів Ω ті значення, для яких вихідні параметри приймають мінімальні або максимальні значення. Вихідні параметри оцінюються скалярними критеріями оптимізації, які утворюють вектор ефективності $\bar{Y} = \overline{T_{\text{змоч}}, T_{\text{мийн}}}$ і пов'язані через фактори з узагальненим критерієм оптимізації залежністю $Y = F(z_1, z_2, z_3, z_4)$. Цей вираз є системою математичних рівнянь, яку необхідно оптимізувати при обмеженнях на фактори $0 \leq z_1 \leq 1$.

Систему рівнянь можна представити таким чином:

$$Y = \begin{cases} T_{\text{змоч}} \rightarrow \min, \\ T_{\text{мийн}} \rightarrow \max. \end{cases} \quad (2.17)$$

Як показують розрахунки, для отриманої моделі «склад-властивість» спільне рішення системи (2.15) відсутнє. Отже, для знаходження оптимальних результатів систему (2.15) необхідно дещо змінити. Для

отримання достовірних даних щодо оптимізації складу композиції ПАР необхідно проводити оптимізацію одиночних моделей «склад-властивість».

Для змочувальної здатності необхідно визначити оптимальний склад композиції при мінімальних значеннях часу змочування:

$$T_{\text{змоч.}} \rightarrow \min, 0 \leq z_i \leq 1. \quad (2.18)$$

Для мийної здатності необхідно визначити оптимальний склад композиції при максимальному значенні ступеня видалення забруднень:

$$T_{\text{мийоч.}} \rightarrow \max, 0 \leq z_i \leq 1. \quad (2.19)$$

При визначенні оптимальних складів композицій досліджують ділянку не у всій області зміни концентрацій компонентів $0 \leq x_i \leq 1$, а в локальній ділянці діаграми $0 \leq a_i \leq x_i \leq b_i, i=1, 2, \dots, q$.

Локальна область, що вивчається, на діаграмі може представляти собою неправильний симплекс, координати вершин якого $A_1 (x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_q^{(1)})$, $A_2 (x_1^{(2)}, x_2^{(2)}, \dots, x_q^{(2)})$, ..., $A_q (x_1^{(q)}, x_2^{(q)}, \dots, x_q^{(q)})$ відомі.

Для того щоб мати можливість застосовувати в цьому випадку плани, які використовують для вивчення повних діаграм, проводять перенормування і приймають склади у вершинах $A_j, j=1, 2, \dots, q$ за самостійні псевдокомпоненти так, щоб для всієї області локального симплекса виконувалась умова:

$$\sum_{i=1}^q z_i = 1. \quad (2.20)$$

Планування експериментів здійснюється в системі координат псевдокомпонентів. Відносно нових змінних $z_1, z_2, \dots, z_q$, що задовольняють вимогу (2.21), можуть бути побудовані всі раніше побудовані плани. Для проведення експериментів необхідно перейти від псевдокомпонентів z_i до вихідних компонентів x_i .

$$x_i^{(u)} = x_i^{(1)} + z_2^{(u)}(x_i^{(2)} - x_i^{(1)}) + z_3^{(u)}(x_i^{(3)} - x_i^{(1)}) + z_4^{(u)}(x_i^{(4)} - x_i^{(1)}) + \dots + z_q^{(u)}(x_i^{(q)} - x_i^{(1)}), \quad (2.21)$$

де x_1 – вміст і-го компоненту у вершині $z_1 (A_j)$.

В табл. 2.11 наведені координати вершин симплексу локальної ділянки.

Таблиця 2.11

Координати локальної ділянки

$x_1^{(1)}$	0,1	$x_2^{(1)}$	0,1	$x_3^{(1)}$	0,5	$x_4^{(1)}$	0,5
$x_1^{(2)}$	0,5	$x_2^{(2)}$	0,4	$x_3^{(2)}$	0,4	$x_4^{(2)}$	0,1
$x_1^{(3)}$	0,3	$x_2^{(3)}$	0,3	$x_3^{(3)}$	0,05	$x_4^{(3)}$	0,3
$x_1^{(4)}$	0,1	$x_2^{(4)}$	0,2	$x_3^{(4)}$	0,05	$x_4^{(4)}$	0,2

У табл. 2.12 наведений симплекс-гратчастий план відносно псевдокомпонентів z_1, z_2, z_3, z_4 . За формулою (2.21) визначений вміст вихідних компонентів в експериментальних точках.

Таблиця 2.12

Симплекс-план для псевдокомпонентів

№ дос- ліду	z_1	z_2	z_3	z_4	x_1	x_2	x_3	x_4	$T_{змоч.,}$ с	$T_{миюч.,}$ %
1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,5	0,13	0,02	0,35	242,0	0,73
2	0,00	1,00	0,00	0,00	0,05	0,5	0,1	0,35	874,0	0,85
3	0,00	0,00	1,00	0,00	0,5	0,46	0,02	0,02	143,5	0,95
4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,5	0,05	0,1	0,35	102,5	0,52

Для знаходження натуральних значень часток компонентів x_i на локальній ділянці в композиціях можна використовувати формули зв'язку між натуральними змінними і псевдокомпонентами. Для переведення з однієї афінної системи в іншу використовують наступні формули:

$$z_1 = z_1^{(1)} + x_2(z_1^{(2)} - z_1^{(1)}) + x_3(z_1^{(3)} - z_1^{(1)}) + \dots + x_q(z_1^{(q)} - z_1^{(1)}), \quad (2.22)$$

$$z_2 = z_2^{(1)} + x_2(z_2^{(2)} - z_2^{(1)}) + x_3(z_2^{(3)} - z_2^{(1)}) + \dots + x_q(z_2^{(q)} - z_2^{(1)}), \quad (2.23)$$

.....

$$z_{q-1} = z_{q-1}^{(1)} + x_2(z_{q-1}^{(2)} - z_{q-1}^{(1)}) + x_3(z_{q-1}^{(3)} - z_{q-1}^{(1)}) + \dots + x_q(z_{q-1}^{(q)} - z_{q-1}^{(1)}), \quad (2.24)$$

Значення $z_i^{(j)}$ знаходять при вирішенні $(q-1)$ систем рівнянь (2.25)-(1.27) при використанні часток компонентів із системи (2.9):

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1^{(1)} z_1^{(1)} + x_2^{(1)} z_1^{(2)} + x_3^{(1)} z_1^{(3)} + ... + x_q^{(1)} z_1^{(q)} = 1 \\ x_1^{(2)} z_1^{(1)} + x_2^{(2)} z_1^{(2)} + x_3^{(2)} z_1^{(3)} + ... + x_q^{(2)} z_1^{(q)} = 0 \\ \\ x_1^{(q)} z_1^{(1)} + x_2^{(q)} z_1^{(2)} + x_3^{(q)} z_1^{(3)} + ... + x_q^{(q)} z_1^{(q)} = 0 \end{array} \right\}. \quad (2.25)$$

[illegible]

[illegible]

де $z_i^{(j)}$ – вміст псевдокомпонента z_i у вершинах вихідного симплексу;
 $x_i^{(j)}$ – вміст i -го компонента у вершинах z_j (A_j), $j=1, 2, \dots, q$.

Системи рівнянь (2.25)-(2.27) для задачі, що розглядається, мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} 0,5z_1^{(1)} + 0,13z_1^{(2)} + 0,02z_1^{(3)} + 0,35z_1^{(4)} &= 1 \\ 0,05z_1^{(1)} + 0,5z_1^{(2)} + 0,1z_1^{(3)} + 0,35z_1^{(4)} &= 0 \\ 0,5z_1^{(1)} + 0,46z_1^{(2)} + 0,02z_1^{(3)} + 0,02z_1^{(4)} &= 0 \\ 0,5z_1^{(1)} + 0,05z_1^{(2)} + 0,1z_1^{(3)} + 0,35z_1^{(4)} &= 0 \end{aligned} \right\} : \quad (2.28)$$

$$\left. \begin{aligned} 0,5z_2^{(1)} + 0,13z_2^{(2)} + 0,02z_2^{(3)} + 0,35z_2^{(4)} &= 0 \\ 0,05z_2^{(1)} + 0,5z_2^{(2)} + 0,1z_2^{(3)} + 0,35z_2^{(4)} &= 1 \\ 0,5z_2^{(1)} + 0,46z_2^{(2)} + 0,02z_2^{(3)} + 0,02z_2^{(4)} &= 0 \\ 0,5z_2^{(1)} + 0,05z_2^{(2)} + 0,1z_2^{(3)} + 0,35z_2^{(4)} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (2.29)$$

$$\left. \begin{aligned} 0,5z_3^{(1)} + 0,13z_3^{(2)} + 0,02z_3^{(3)} + 0,35z_3^{(4)} &= 0 \\ 0,05z_3^{(1)} + 0,5z_3^{(2)} + 0,1z_3^{(3)} + 0,35z_3^{(4)} &= 0 \\ 0,5z_3^{(1)} + 0,46z_3^{(2)} + 0,02z_3^{(3)} + 0,02z_3^{(4)} &= 1 \\ 0,5z_3^{(1)} + 0,05z_3^{(2)} + 0,1z_3^{(3)} + 0,35z_3^{(4)} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.30)$$

У результаті рішення систем рівнянь (2.28)-(2.30) отримали числові значення $z_{(i)}^{(j)}$, що характеризують вміст псевдокомпонента z_i у вершинах вихідного симплекса для розроблюваної композиції (табл. 2.13).

Таблиця 2.13

Значення $z_i^{(j)}$ для розроблюваної композиції

$z_1^{(1)}$	-3,030	$z_2^{(1)}$	-1,111	$z_3^{(1)}$	1,061
$z_1^{(2)}$	-3,030	$z_2^{(2)}$	1,111	$z_3^{(2)}$	1,061
$z_1^{(3)}$	196,970	$z_2^{(3)}$	1,111	$z_3^{(3)}$	1,061
$z_1^{(4)}$	-51,515	$z_2^{(4)}$	1,111	$z_3^{(4)}$	-1,061

Далі, ґрунтуючись на результатах, наведених у табл. 2.11, для математичної моделі отримують рівняння зв'язку між натуральними значеннями часток компонентів та їх псевдокомпонентами і розраховують значення натуральних часток в композиціях. Наприклад, для моделі мийної здатності:

$$\begin{aligned}
 z_1 &= -3,030 + x_2(-3,030 + 3,030) + x_3(196,970 + 3,030) + \\
 &\quad + x_4(-51,515 + 3,030); \\
 z_2 &= -3,030 + x_2(1,111 + 3,030) + x_3(1,111 + 3,030) + x_4(1,111 + 3,030); \\
 z_3 &= 1,061 + x_2(1,061 - 1,061) + x_3(1,061 - 1,061) + x_4(-1,061 - 1,061).
 \end{aligned}
 \tag{2.31}$$

Після рішення системи (2.24) отримуємо значення натуральних часток композиції: $x_2=0,1$, $x_3=0,14$, $x_4=0,5$, $x_1=0,26$.

Таблиця 2.14

Склади розроблених композицій ПАР

№	Складові	Призначення ПАР	Клас ПАР	Склад, частки одиниці		
				Композиція		
				№1	№2	№3
1.	Ultravon TC	змочувач	НПАР	0,26	0,33	0,33
2.	Albafluid CD	протизаломлювач	АПАР	0,14	0,09	0,09
3.	Albaflow FFC-01	піногасник	АПАР	0,10	0,31	0,31
4.	Оксилав А1214С.50	миюча речовина	НПАР	0,50	-	-
	Бетапав А.30		АмПАР	-	0,27	-
	Карбоксилав АФ6.35		КрПАР	-	-	0,27

Композиції на основі Бетапав А.30 та Карбоксилав АФ6.35 були розраховані за аналогічним алгоритмом. У табл. 2.14 наведені склади для розроблених композицій на основі змочувача Ultravon TC, піногасника Albaflow FFC-01, протизаломлювача Albafluid CD та миючих речовин:

Оксипав А1214С.50 (НПАВ), Бетапав А.30 (АмПАВ) та Карбоксипав АФ6.35 (КрПАВ).

Таким чином, за допомогою математичного планування, а саме з використанням симплекс-гратчастих планів Шеффе, були знайдені склади композицій ПАВ для промивання суворого бавовняного трикотажного полотна, що забезпечують максимально швидке змочування та видалення забруднень. Це сприятиме інтенсифікації процесу промивання трикотажу та забезпечить високі показники його якості.

2.4. Дослідження колоїдно-хімічних властивостей розроблених композицій ПАВ.

На наступному етапі роботи були досліджені колоїдно-хімічні властивості розроблених композицій ПАВ, а саме їх вплив на поверхневий натяг водних розчинів, змочувальна, мийна та піноутворююча здатності та стійкість піни.

На рис. 2.8 наведені результати визначення впливу концентрації розроблених композицій ПАВ на ПН їх водних розчинів.

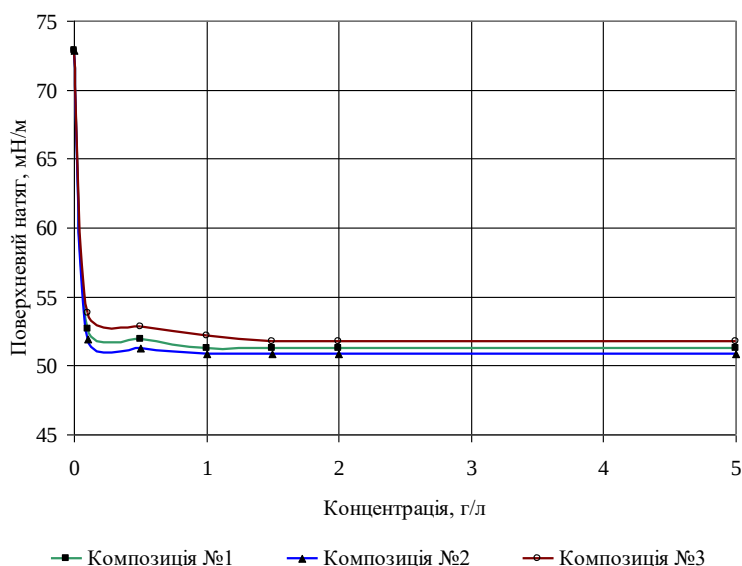


Рис. 2.8. Ізотерми поверхневого натягу композицій ПАВ.

Результати випробувань (рис. 2.8) показують, що розроблені композиції знижують поверхневий натяг водних розчинів до 50-53 мН/м при досліджуваних концентраціях. Слід зазначити, що композиції сприяють більшому зниженню поверхневого натягу ніж їх індивідуальні компоненти (рис. 2.2-2.5). Найефективніше зниження поверхневого натягу

відбувається при концентрації композицій 0,2-1,5 г/л, а при збільшенні їх вмісту у розчині до 2-5 г/л показники поверхневого натягу не змінюються. За ступенем впливу на поверхневий натяг розроблені композиції можна розмістити у ряду: Композиція №3>Композиція №1>Композиція №2.

У табл. 2.15 представлені результати визначення змочувальної здатності розроблених композицій ПАР, що проводилось за методом занурення Дрейвза [65].

Таблиця 2.15

Вплив концентрації композицій ПАР на змочувальну здатність

Композиція	Змочувальна здатність, с						
	Концентрація ПАР, г/л						
	0,2	0,5	1	1,5	2	2,5	5
Композиція №1	560	530	49	23	16	9	7
Композиція №2	326	60	40	28	11	9	5
Композиція №3	390	204	86	60	20	17	13

Отримані результати свідчать про зниження часу змочування суворого зразка бавовняного трикотажу зі збільшенням композицій ПАР у розчинах. При переході концентрації композицій ПАР у розчинах від 0,5 до 1 г/л спостерігається різке скорочення часу змочування для всіх розроблених композицій. Найнижчі показники змочування досягаються з використанням Композиція №2 на основі АмПАР Бетапав А.30. З використанням розробленої композицій №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50 при концентрації у межах 1-1,5 г/л теж можна досягнути швидкого змочування на рівні 23-49 с.

Мийну здатності розроблених композицій ПАР визначали шляхом оцінки збільшення білизни штучно забрудненої білої тканини після прання при концентрації розроблених композицій ПАР 1,5 г/л. Зразки відвареного, відбіленого та неапретованого міткалю обробляли протягом 5 хв. розчином, що містить 100 мл гасу, 2 г масла веретенного і 0,2 г сажі. Далі зразки віджимали і сушили при кімнатній температурі. Після висушування зразки прали при температурі 60°C в розчині досліджуваних речовин при концентрації 2 г/л при модулі ванни М=50 та паралельно в розчині господарського мила з масовою часткою жирних кислот 60% при тій же

концентрації. Прання проводили протягом 10 хв. при перемішуванні, після чого зразки промивали холодною водою при $M=50$ та висувували.

Мийну здатність розчину розраховували за коефіцієнтами яскравості зразків, оброблених в розчинах досліджуваних композицій ПАР та мила [65]. Для порівняння був визначений ступінь відмивання у розчині мила.

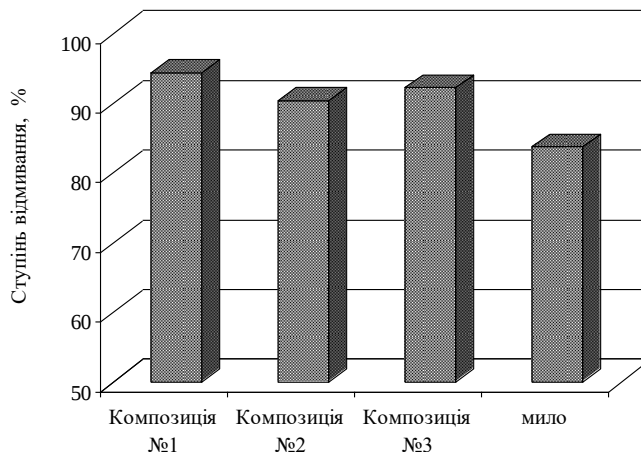


Рис. 2.9. Ступінь відмивання забрудненого текстильного матеріалу у розчинах розроблених композицій ПАР.

Аналіз отриманих даних свідчить про високу мийну здатність розроблених композицій ПАР, що складає 90-94,5%. Для мила цей показник становить лише 84%. Найкращими мийними властивостями володіє композиція ПАР №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50.

Піноутворюючу здатність композицій ПАР встановлювали при концентрації речовини у розчині у діапазоні від 0,1 до 5 г/л шляхом визначення об'єму піни, що утворилась, та її стійкості через 30 хв. Результати випробувань наведені на рис. 2.10.

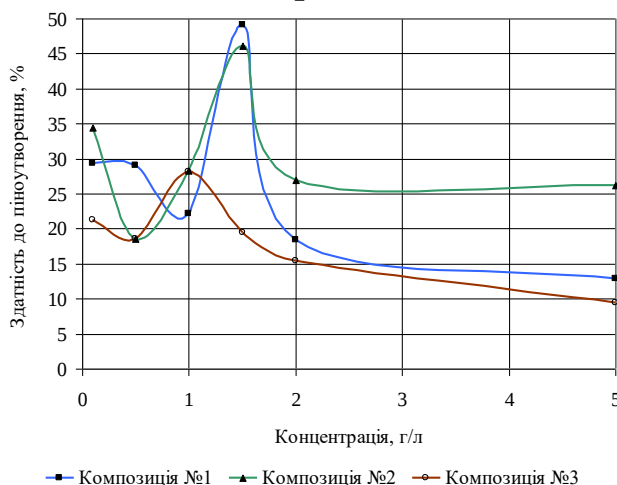


Рис. 2.10. Вплив концентрації на піноутворюючу здатність композицій ПАР

Представлені на рис. 2.10 результати визначення піноутворюючої здатності свідчать про те, що розроблені композиції ПАР володіють невисокою здатністю до утворення піни. Для композицій №1, №2 максимальні значення складають 45-49%, для композиції №3 – 28%. Для досліджуваних композицій характерним є зниження піноутворення при низьких концентраціях 0,5-1 г/л, а потім стрімке екстремальне її підвищення при 1-1,5 г/л. Далі з підвищенням концентрації значення піноутворюючої здатності зменшується.

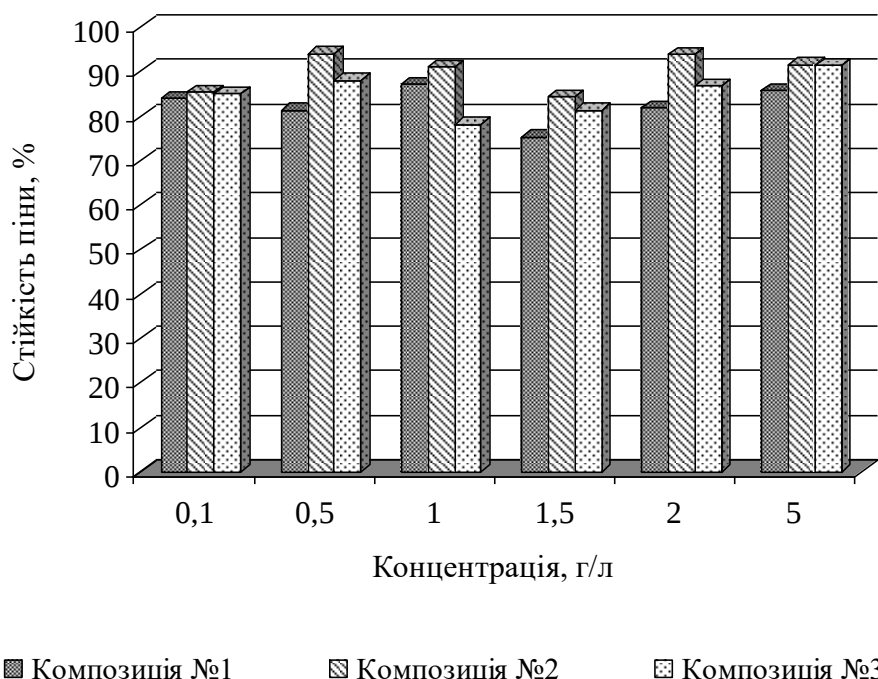


Рис. 2.11. Вплив концентрації композицій ПАР на стійкість піни

Дані, представлені на рис. 2.11, свідчать про те, що утворена розробленими композиціями ПАР піна є стійкою. Так протягом 30 хв. стійкість утвореної піни складає 80-90%. При концентрації 1,5 г/л, що характеризується найбільшим об'ємом утвореної піни (рис. 2.10), спостерігається найнижча її стійкість 75-80%.

Таким чином, комплексний аналіз отриманих результатів дослідження розроблених композицій ПАР свідчить про їх ефективність та можливість застосування у процесі підготовки бавовняного трикотажного полотна.

2.5. Дослідження впливу розроблених композицій ПАР на сорбційні властивості трикотажного полотна.

З метою оцінки розроблених композицій щодо ефективності проведення процесу підготовки бавовняного трикотажу було проведено дослідження впливу їх концентрації на капілярність трикотажного полотна.

У роботі було використано трикотажне полотно кулірного переплетення виробництва ТОВ «Т-Стиль» (табл. 2.16).

Таблиця 2.16

Характеристика трикотажного полотна

Показник	Значення
Волокнистий склад	95,2% бавовна 4,8% лайкра
Артикул	1.170.(102)К.40.180
Ширина, см	180
Поверхнева щільність, г/м ²	170
Переплетення	кулірне

Концентрація розроблених композицій варіювалась в межах від 0,5 до 2 г/л. Промивання відбувалось при температурі 98°C протягом 20 хв.

Задля запобігання явища хибної капілярності, коли залишки ПАР внаслідок недостатнього промивання сприяють підвищенню капілярності під час її визначення [76-79], проводили 5 кратне промивання зразків у гарячій та 5 кратне у холодній воді.

Визначення капілярності проводили згідно ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811-81). Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств [80].

Результати визначення капілярності для досліджуваних композицій ПАР наведені на рис. 2.12-2.14. Необхідно зазначити, що капілярність суворого трикотажу становить 0 мм. При чому вважається, що капілярність добре підготовленої бавовняної тканини складає біля 125 мм за 30 хв. [81].

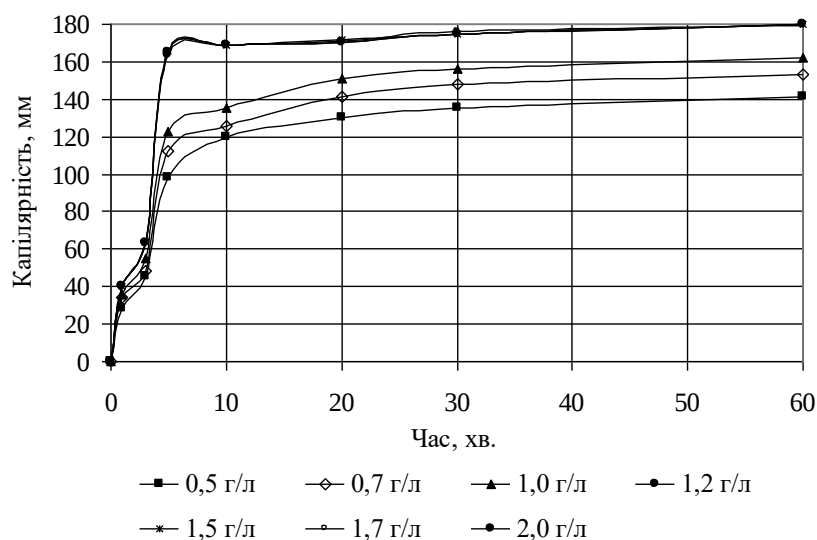


Рис. 2.12. Вплив концентрації композиції №1 на капілярність трикотажного полотна

Результати, представлені на рис. 2.12 свідчать про те, що застосування розробленої композиції ПАР забезпечує досягнення високих показників капілярності трикотажного полотна. У текстильного матеріалу, промитого із застосуванням композиції №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50, капілярність 140 мм досягається за 5 хв. при концентрації 0,5-1 г/л, а використання композиції №1 при концентрації 1,2-2 г/л дозволяє отримати капілярність більше 160 мм.

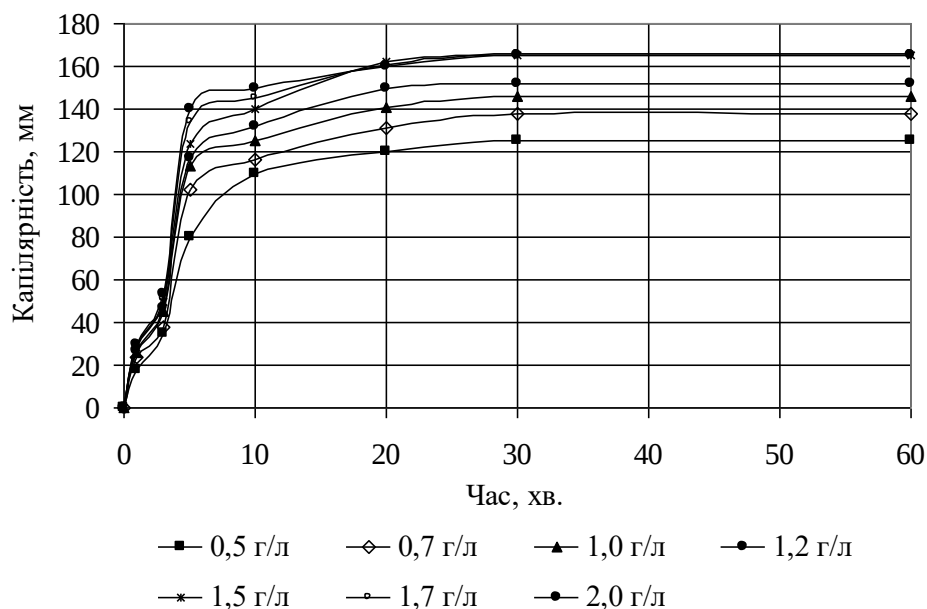


Рис. 2.13. Вплив концентрації композиції №2 на капілярність трикотажного полотна

Результати дослідження впливу концентрації композиції №2 на основі АмПАР Бетапав А.30 (рис. 2.13) на капілярність трикотажу показують плавний ріст даного показника зі збільшенням вмісту композиції у промивному розчині та часу випробування. Капілярність 140 мм досягається при концентрації 2 г/л за 5 хв., а при концентрації 1 г/л – за 20 хв. проведення випробування.

Аналіз отриманих результатів щодо дослідження впливу концентрації композиції №3 на капілярність підготовленого трикотажу свідчить про ефективність розробленого складу. Так капілярність 140 мм можна досягти, використовуючи композицію №3 на основі КрПАР Карбоксипав АФ6.35, при концентрації 1,7 г/л за 5 хв., а у межах 0,7-2 г/л – за 30 хв.

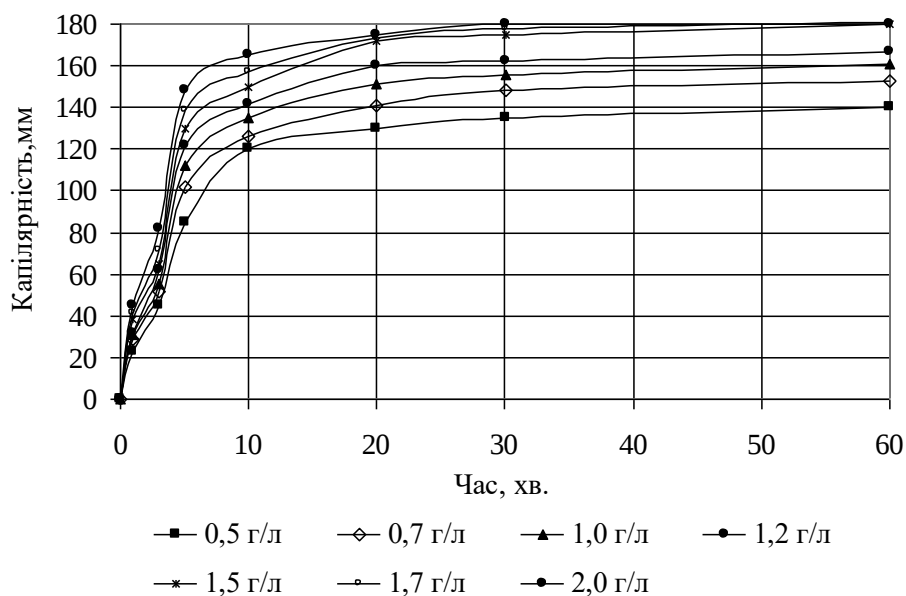
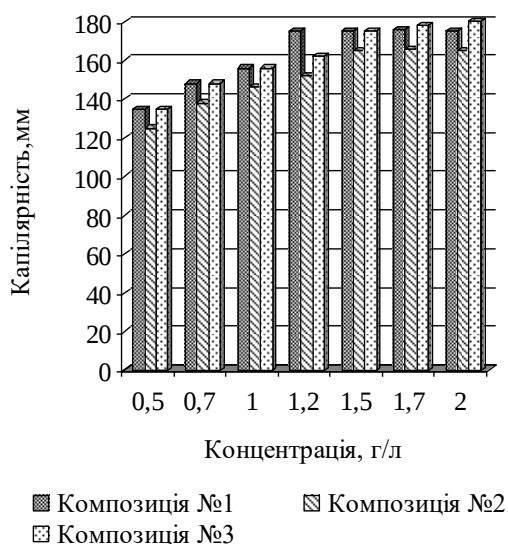
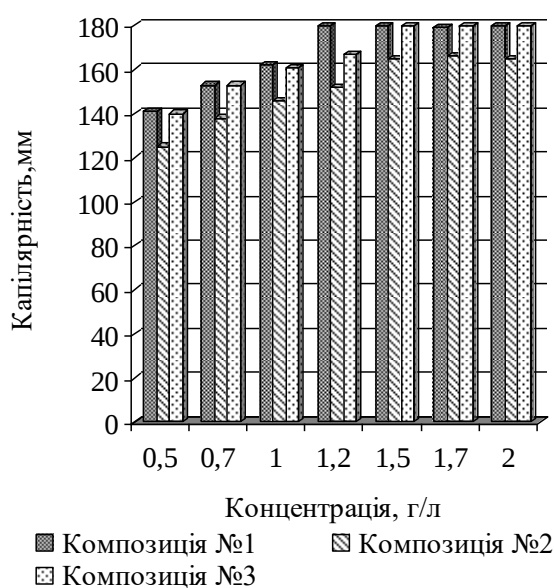


Рис. 2.14. Вплив концентрації композиції №3 на капілярність трикотажного полотна

На діаграмах на рис. 2.15 показані порівняльні результати визначення впливу концентрації розроблених композицій на капілярність бавовняного трикотажного полотна, що була досягнута за 30 та 60 хв.



а)



б)

Рис. 2.15. Вплив концентрації розроблених композицій на капілярність трикотажу: а) за 30 хв.; б) за 60 хв.

Отримані результати (рис. 2.15) свідчать про те, що застосування розроблених композицій у досліджуваному діапазоні концентрацій забезпечує досягнення високих показників капілярності. Але слід відзначити, що при застосуванні композиції №2 на основі АмПАР Бетапав А.30 при низьких концентраціях 0,5-0,7 г/л досягається капілярність трикотажу 125-138 мм за 60 хв., що менше, ніж при застосуванні композицій №1 та №3.

Далі було визначено вплив режиму підготовки трикотажного полотна на ступінь фіксації активного біфункціонального барвника Auxicolor Red ARD 2В.

Фарбування трикотажу активними барвниками в лабораторних умовах здійснювали періодичним способом у термостаті з регульованою температурою.

Попередньо зволожений трикотажний матеріал занурюють в фарбувальний розчин (табл. 2.17) при температурі 45°C та М=20. Через 5 хв. вводять ТДР, ще через 5 хв. від початку фарбування – барвник, через 20 хв. – електроліт. Далі підвищують температуру до 60°C та фарбують протягом 1 год. Для фіксування активного барвника додають лужний агент та фарбують ще 40 хв. Загалом тривалість фарбування становила 120 хв. Після цього проводять милування та промивання забарвленого трикотажу.

Таблиця 2.17.

Режим фарбування трикотажного полотна

Склад	Концентрація, г/л	Режим
Фарбування		
Диспергатор	1	М = 20; Т = 45°C; τ = 5 хв.
Протизаломлювач	0,5	
Піногасник	0,5	
Барвник, %	1	М = 20; Т = 45°C; τ = 20 хв.
Хлорид натрію	80	М = 20; Т = 60°C; τ = 60 хв.
Карбонат натрію	5	М = 20; Т = 60°C; τ = 40 хв.
Промивання		
Тепла вода	-	М = 20; Т = 50°C; τ = 10 хв.
Оцтова кислота 30%-ова	1	М = 20; Т = 70°C; τ = 10 хв.; рН=6-7.
Розчин ПАР	1	М = 20; Т = 95°C; τ = 10 хв.
Гаряча вода	-	М = 20; Т = 70°C; τ = 10 хв.
Холодна вода	-	М = 20; Т = 25°C; τ = 10 хв.

Визначення ступеня фіксації активного барвника здійснювали на підставі спектрофотометричного аналізу вихідного і залишкового фарбувальних розчинів та промивних ванн. Ступінь фіксації вираховували за формулою:

$$CF = 100 - \frac{D_{\text{зал}} + \sum D_{\text{пр}}}{D_{\text{вих}}} \cdot 100, \quad (2.32)$$

де $D_{\text{зал}}$, $D_{\text{пр}}$, $D_{\text{вих}}$ – оптична щільність залишкового, промивного та вихідного фарбувальних розчинів [20].

На рис. 2.16 представлені результати визначення його ступеня фіксації на трикотажному полотні, що було підготоване з використанням розроблених композицій ПАР.

Отримані результати (рис. 2.16) дозволяють зробити висновок, що композиції ПАР, розроблені для підготовки трикотажного полотна, забезпечують отримання високих показників ступеня фіксації активного барвника в подальшому процесі фарбування трикотажного матеріалу. Це пояснюється тим, що рекомендовані композиції ПАР володіють максимальними змочуванням і миючою здатністю, що дозволяє ефективно видаляти гідрофобні домішки та забруднення, і характеризуються

мінімальною здатністю до утворення піни, що полегшує проведення та підвищує швидкість технологічних процесів підготовки.

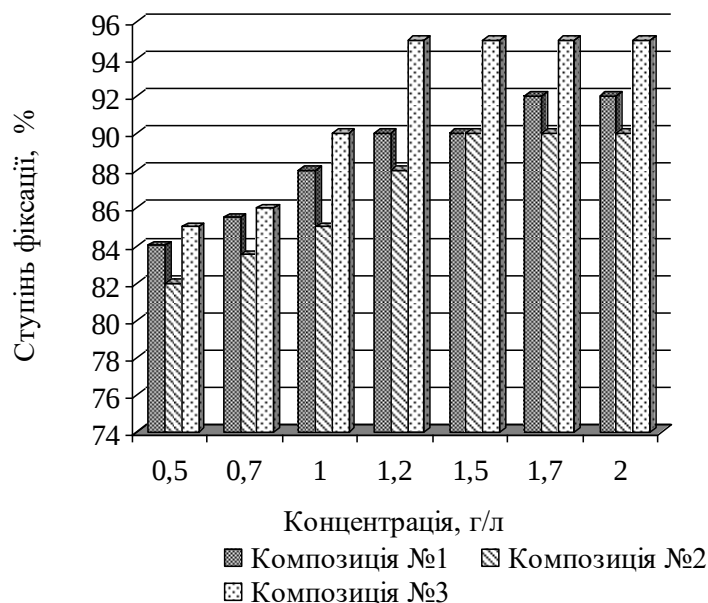


Рис. 2.16. Вплив концентрації композиції при промиванні на ступінь фіксації активного барвника Auxicolor Red ARD 2B на трикотажному полотні.

Так, при застосуванні розроблених композицій в концентрації 1,5 г/л ступінь фіксації Auxicolor Red ARD 2B складає 90-95%. Найвищі показники ступеня фіксації активного барвника спостерігаються для зразків, що були підготовлені з використанням композиції №3 на основі КрПАР Карбоксилав АФ6.35.

На підставі визначення впливу розроблених композицій ПАР на капілярність трикотажного полотна і його нафарбовуваність можна зробити висновок, що запропоновані композиції ПАР найбільш ефективні у діапазоні концентрацій 0,5-1,5 г/л, збільшення концентрації композиції ПАР до 2 г/л і вище незначно впливає на зазначені показники і є нераціональним з екологічної та економічної точки зору.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2

1. На основі аналізу механізму дії ПАР в умовах промивання суворого бавовняного трикотажного полотна встановлено, що для ефективного проведення процесу його промивання необхідно розробити композицію ПАР, основні компоненти якої мають характеризуватись високими

змочуючими та мийними властивостями. З урахуванням особливостей опорядження трикотажних матеріалів у якості допоміжних компонентів необхідне використання піногасника та протизаломлювача.

2. З метою вибору найефективніших ПАР були вивчені наступні їх колоїдно-хімічні властивості: поверхневий натяг, змочувальна, мийна, піноутворююча здатності та стійкість піни. Встановлено, що найбільше зменшують поверхневий натяг аніонактивний ПАР Albaflow FFC-01 та неіоногенні ПАР крім ОС-20. Найбільш ефективними змочуючими агентами є неіоногенні ПАР, а аніонактивні ПАР зовсім не змочують трикотаж. Найкраща мийна здатність характерна для неіоногенних ПАР Ultravon TC, Albafluid CD, Оксипав А1214С.50, амфотерного ПАР Бетапав А.30 та криптоаніонного Карбоксипав АФ6.35. Неіоногенні, амфотерні та криптоаніонний ПАР утворюють значний об'єм стійкої піни. Не створює піну АПАР Albaflow FFC-01.

На основі комплексного аналізу отриманих результатів вибрані наступні високоефективні ПАР: змочувач – Ultravon TC, піногасник – Albaflow FFC-01, протизаломлювач – Albafluid CD. Для забезпечення високих показників мийної здатності композиції для промивання бавовняного трикотажу були вибрані Оксипав А1214С.50 (НПАР), Бетапав А.30 (АмПАР) та Карбоксипав АФ6.35 (КрПАР).

3. Встановлено, що для підготовки бавовняного трикотажного полотна у водних розчинах ПАР поверхневий натяг, піноутворення та стійкість піни мало впливають на ефективність процесу. Змочувальна та мийна здатності ПАР є головними показниками для оптимізації композиційного складу. З метою визначення оптимального складу композиції проведена оптимізація математичних моделей «склад-властивість» за змочувальною і мийною здатностями ПАР.

Методом математичного планування із застосуванням симплекс-гратчастих планів Шеффе визначено оптимальні склади композицій ПАР для підготовки бавовняного трикотажного полотна:

- композиція №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50 (у частках одиниці): Ultravon TC – 0,26, Albafluid CD – 0,14, Albaflow FFC-01 – 0,10, Оксипав А1214С.50 – 0,5;

- композиція на №2 основі АмПАР Бетапав А.30 (у частках одиниці): Ultravon TC – 0,33, Albafluid CD – 0,09, Albaflow FFC-01 – 0,31, Бетапав А.30 – 0,27;

- композиція на №3 основі КрПАР Карбоксипав АФ6.35 (у частках одиниці): Ultravon TC – 0,33, Albafluid CD – 0,09, Albaflow FFC-01 – 0,31, Карбоксипав АФ6.35 – 0,27.

4. Комплексний аналіз результатів визначення колоїдно-хімічних властивостей розроблених складів ПАР, їх впливу на сорбційні властивості підготовленого бавовняного трикотажного полотна дозволили за ефективністю розмістити композиції ПАР в ряд: композиція №3 > композиція №1 > композиція №2.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИЦІЙ ПАР

3.1. Теоретичні основи застосування ПАР у якості стабілізаторів пероксиду водню.

Процес біління текстильних матеріалів складається з процесу власне відбілювання і ряду додаткових операцій, що виконуються до і після відбілювання. До таких операцій відносяться: замочування, промивання, нейтралізація.

Повний цикл відбілювання перексидом водню для випуску білих бавовняних виробів складається з наступних процесів: промивання (відварювання), власне відбілювання, нейтралізації, промивання та обробки оптично відбілюючим барвником [18, 21, 38].

З метою економії матеріало- та енергоресурсів біління бавовняних матеріалів перексидом водню часто суміщають з промиванням у розчинах ПАР. При цьому змочуючі речовини знижують поверхневий натяг відбілюючого розчину і сприяють дифузії пероксиду водню у волокнистий матеріал, забезпечуючи швидке змочування та рівномірне просочування оброблюваного матеріалу рідиною і прискорюючи процеси його очищення. Крім того, змочуючі речовини емульгують в обробний розчин неомиляємі воскоподібні речовини і вищі жирні кислоти бавовняного волокна. Емульгатори сорбують розплавлені в гарячій рідині частинки воскоподібних речовин і міцно утримують їх, внаслідок чого навколо частинок восків утворюються оболонки з емульгуючих змочуючих речовин, що перешкоджають коагуляції восків і відокремлюють їх від волокна з переведенням в розчин у вигляді емульсії [3, 18].

Оскільки процес відбілювання проводиться в лужному середовищі, розглянемо процес розкладання пероксиду водню саме в таких розчинах. Загальноприйнято вважати, що перексид водню розкладається за двома типами реакцій: гетеролітичний розпад з утворенням пергідроксил іону HO_2^- , що відіграє основну роль при відбілюванні, і гомолітичний розпад з

утворенням вільних радикалів $\text{HO}_2^\bullet$ та $\text{HO}^\bullet$, які можуть пошкоджувати целюлозу [82]. Відповідний механізм процесу визначається умовами його проведення. Таким чином, пероксид водню в лужному середовищі генерує активні частинки, утворення яких можна представити схемою [83, 84]:

1. $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OH}^- \leftrightarrow \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}$; ($\text{pH} > 7$, $\text{pK}_a = 11,6$)
2. $\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow {}^1\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{OH}^-$;
3. $\text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^{\bullet-} + \text{HO}^\bullet + \text{H}_2\text{O}$;
4. $2 \text{HO}_2^- + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2^{\bullet-} + 2\text{H}_2\text{O}$;
5. $\text{OH}^\bullet + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{HO}_2^\bullet + 2\text{H}_2\text{O}$.

Так, у відбійній ванні у лужному середовищі при розкладанні пероксиду водню можливе утворення п'яти форм активних частинок: іонна форма HO_2^- , дві радикальні $\text{HO}_2^\bullet$, $\text{HO}^\bullet$, один збуджений агент синглетного кисню ${}^1\text{O}_2$, а також іоннорадикальна форма $\text{O}_2^{\bullet-}$. Поряд з цими частками можливе утворення і незначної кількості інших частинок, в тому числі газоподібного кисню. Можливі й інші реакції, особливо при введенні каталізаторів.

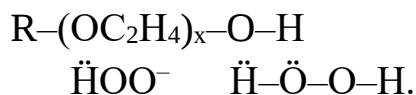
Синглетна форма кисню, поряд з іонною частинкою HO_2^- є ефективним відбілюючим агентом. Радикальні і іоннорадикальні частинки володіють високою деструкуючою дією і ефективні при розшліхтуванні, полімеризації і поверхневому модифікуванні волокноутворюючих полімерів [85].

Відомо, що неіоногенні ПАР, також як амфотерні володіють стабілізуючою дією по відношенню до пероксиду водню у процесі термолізу пероксидів, що протікає через стадію утворення і подальшого розпаду пероксиду водню. Аніонактивні ПАР активують термоліз пероксидів [37, 39, 40].

Інструментом управління процесу розкладання пероксиду водню (прискорення його або уповільнення) може служити утворення відповідних комплексів пероксиду і ПАР.

Катіонні ПАР можуть зв'язувати іони або іон-радикали за схемою $\text{RN}^+\text{H}_3 + \text{HO}_2^- \leftrightarrow \text{RN}^+\text{H}_3^-\text{OOH}$.

Неіоногенні речовини здатні включати пероксид і продукти його розпаду в гідратні оболонки при витісненні молекул води:



В результаті такого зв'язування можуть ускладнюватись реакції, в яких утворюється синглетний кисень і в цілому може гальмуватися реакція розкладання пероксиду водню.

Аніонактивні ПАР, імовірно, включають пероксид водню в гідратні оболонки іонів.

Амфотерні ПАР в залежності від рН розчину проявляють властивості катіон- або аніонактивних ПАР і діють за відповідним механізмом [86].

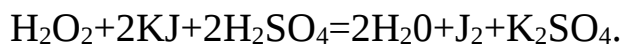
Аналіз літератури щодо застосування стабілізаторів пероксидного відбілювання не дозволив зробити будь-яких висновків про механізм дії сумішей ПАР на процес розкладання пероксиду водню або інших пероксидних сполук.

У зв'язку з цим виникла необхідність проведення експериментальних досліджень впливу композицій ПАР на процес розкладання пероксиду водню і відбілювання целюлозних текстильних матеріалів з метою виявлення оптимальних умов застосування таких систем на практиці і підбору найбільш ефективних композицій.

3.2. Дослідження впливу композицій ПАР на кінетику розкладання пероксиду водню.

З метою визначення механізму впливу розроблених композицій ПАР на процес біління бавовняного трикотажного полотна було досліджено їх вплив на кінетику розкладання пероксиду водню.

Визначення вмісту пероксиду водню в розчині виконували йодометричним методом, який заснований на реакції між пероксидом водню та калій йодом в присутності сірчаної кислоти:



Для аналізу у конічну колбу відбирають 10 мл розчину пероксиду водню, додають 2 мл 10%-ого розчину калій йод, 2 мл розбавленої сірчаної кислоти (1:3), 1-2 краплі 1 М розчину молібдату амонію. Після перемішування титрують йод, що виділився, розчином 0,1 н тіосульфату натрію до слабкого жовтого забарвлення. Далі додають 2-3 краплі крохмального розчину і титрують до зникнення забарвлення.

Концентрацію пероксиду водню C у розчині визначають за формулою:

$$C = \frac{V_1 \cdot K \cdot 0,0017 \cdot 1000}{V} \quad (3.1)$$

де V_1 – об'єм 0,1 н розчину тіосульфату натрію, що пішов на титрування, мл;

K – фактор нормальності тіосульфату;

V – об'єм пероксиду водню, взятий для титрування, мл [87].

Дослідження проводились при температурі 85°C у розчині наступного складу (г/л): пероксид водню (60%-ий) – 1,5, гідроксид натрію – 1,5, композиція ПАР – 1,5. Концентрації основних речовин вибільного складу – пероксиду водню та гідроксиду натрію – були взяті з базового режиму, що застосовують у виробничих умовах ТОВ «Т-Стиль» (м. Рівне) при відбілюванні бавовняного трикотажного полотна. Крім розроблених композицій була досліджена кінетика розпаду в присутності комерційного стабілізатора пероксиду водню Clarite, при концентрації 0,4 г/л. Результати експерименту наведені на рис. 3.1.

Отримані дані, наведені на рис. 3.1, свідчать про стабілізуючий ефект розроблених композицій по відношенню до пероксиду водню в умовах відбілювання бавовняного трикотажного полотна. У відбільній системі без стабілізатору, а особливо в присутності Clarite, розкладання пероксиду водню відбувається швидко. Введення у відбілюючий розчин розроблених композицій ПАР дозволяє в першій половині процесу відбілювання значно скоротити кількість пероксиду водню, що розклався; далі процес стабілізації проходить плавно.

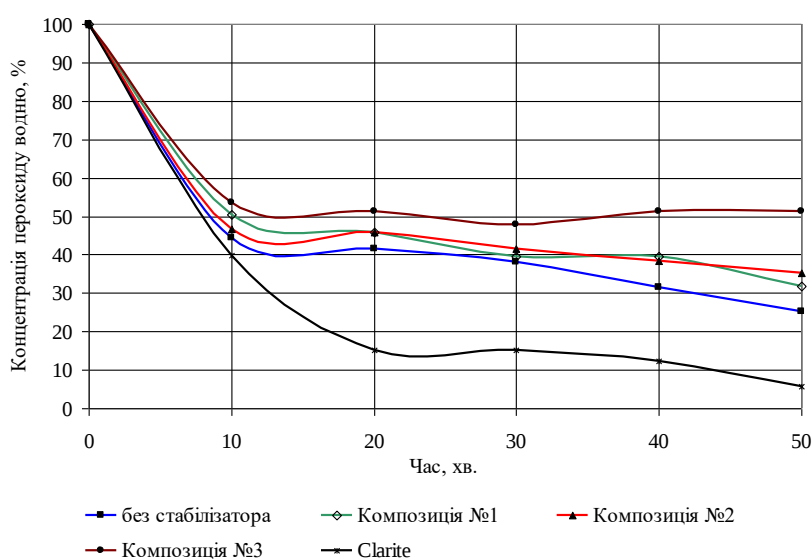


Рис. 3.1. Вплив композицій ПАР на кінетику розкладання пероксиду водню.

Слід відмітити, що композиція ПАР №3 на основі КрПАР Карбоксипав АФ6.35 володіє найбільш вираженим ефектом стабілізації по відношенню до пероксиду водню. За здатністю до стабілізації розчинів пероксиду водню в умовах відбілювання бавовняного трикотажу розроблені композиції ПАР розміщуються у ряду: композиція №3 (КрПАР Карбоксипав АФ6.35)>композиція ПАР №1 (НПАР Оксипав А1214С.50)> композиція №2 (АмПАР Бетапав А.30).

На рис. 3.2 наведені кінетичні криві процесу розкладання пероксиду водню у присутності текстильного матеріалу, тобто в умовах, максимально наближених до процесу відбілювання бавовняного трикотажного полотна при температурі 85°C у розчині складу (г/л): пероксид водню (60%-ий) – 1,5, гідроксид натрію – 1,5, композиція ПАР – 1,5.

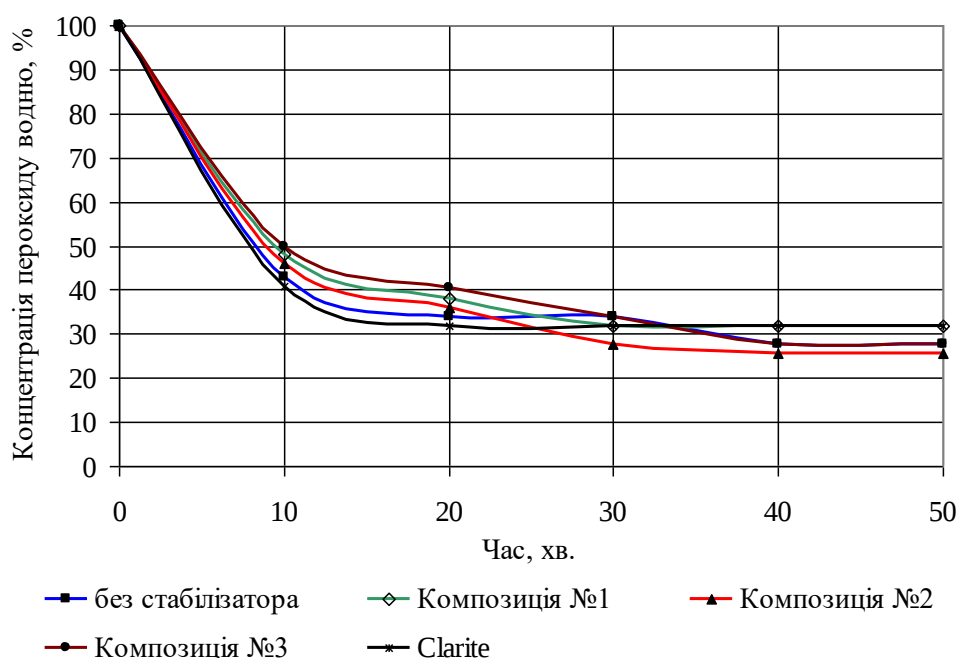


Рис. 3.2. Вплив композицій ПАР на кінетику розкладання пероксиду водню у присутності текстильного матеріалу.

Аналіз отриманих даних показує, що загалом пероксид водню у присутності трикотажного полотна розкладається швидше, що пояснюється активуючою дією бавовняного текстильного матеріалу по відношенню до пероксиду водню [88-93].

У перші 20 хв. у відбілюючому розчині у присутності Clarite спостерігається висока швидкість розкладання пероксиду водню, більша за швидкість розкладання у розчині без стабілізатору, що свідчить про

низький стабілізуючий ефект препарату. У цей час використання розроблених композицій ПАР забезпечує більш плавний процес розкладання пероксиду. При чому за здатністю до стабілізації пероксиду водню в умовах відбілювання бавовняного трикотажу розроблені композиції ПАР розміщуються у тому ж порядку, що і при відсутності трикотажу у відбілюючому розчині: композиція №3 (КрПАР Карбоксиав АФ6.35)>композиція ПАР №1 (НПАР Оксипав А1214С.50)>композиція №2 (АмПАР Бетапав А.30).

Далі, у проміжку часу 20-50 хв. процеси розкладання пероксиду водню у присутності композиції ПАР №1 та Clarite йдуть на одному рівні, а крива, що описує процес розкладання пероксиду водню у відбілюючій ванні з композиції ПАР №3 наближається до кривої, що описує процес розкладання у розчині без стабілізатору. Найшвидше та найповніше відбувається розкладання пероксиду водню при використанні композиції ПАР №2.

Таким чином, можна зробити висновок, що у присутності розроблених композицій ПАР сповільнюється процес розкладання пероксиду водню, що може забезпечити більш ефективне проходження процесу відбілювання бавовняного трикотажу.

Для того щоб оцінити швидкість процесу розкладання пероксиду водню в присутності розроблених композицій ПАР за отриманими кінетичними кривими були розраховані константи швидкості цього процесу.

Швидкість будь якої хімічної реакції прямо пропорційна добутку концентрацій реагуючих речовин, взятих в деяких ступенях. Тобто для реакції $aA + bB + dD + \dots \rightarrow eE + \dots$ можна записати:

$$V = K \cdot C_A^a \cdot C_B^b \cdot C_D^d \dots \quad (3.2)$$

Коефіцієнт пропорційності K – це константа швидкості хімічної реакції, що є надзвичайно важливою величиною при порівнянні кінетики різних реакцій. Вона чисельно дорівнює швидкості реакції при концентраціях всіх реагуючих речовин, рівних одиниці. Величина константи швидкості реакції залежить від природи реагуючих речовин, температури і присутності каталізатора [35, 94].

Таким чином, порівнюючи константи швидкості різних реакцій при однакових умовах (температурі, одних і тих же реагентах), встановлюють залежність швидкості реакції тільки від впливу того чи іншого каталізатора.

У нашому випадку визначення констант швидкості процесу розкладання пероксиду водню у присутності розроблених композицій ПАР дозволить з'ясувати ступінь їх впливу на швидкість процесу.

Рівняння 4.1 – це кінетичне рівняння хімічної реакції, яке показує залежність швидкості реакції від концентрацій реагуючих речовин і визначається експериментально. Показник ступеня при концентрації кожної з реагуючих речовин в кінетичному рівнянні хімічної реакції (відповідно, a , b і d) указує на приватний порядок реакції за даним компонентом. Сума показників ступеня в кінетичному рівнянні хімічної реакції ($a+b+d$) являє собою загальний порядок реакції. Слід підкреслити, що порядок реакції визначається тільки з експериментальних даних і не пов'язаний зі стехіометричними коефіцієнтами при реагентах в рівнянні реакції.

Реакція розкладання пероксиду водню у водних розчинах належить до реакції першого порядку [38], тому константи швидкості розкладання пероксиду водню у присутності розроблених композицій ПАР розраховувалися за рівнянням Стірлінга:

$$K_i = \frac{1}{\tau_i} \cdot \ln \frac{C_0}{C_i}, \quad (3.3)$$

де C_0 – концентрація пероксиду водню в початковий період часу;

C_i – концентрація барвника в період часу τ_i [35, 71].

Результати розрахунків констант швидкості розкладання пероксиду водню в залежності від виду стабілізатора за 20 та 50 хв. наведені на рис. 3.3. Обрані такі проміжки часу через те, що характер кінетичних кривих (рис. 3.2) змінюється у цих точках.

Результати, наведені на діаграмі рис. 3.3, показують, що розроблені композиції ПАР володіють стабілізуючим ефектом по відношенню до пероксиду водню у відбілюючих розчинах. Так за 20 хв. процесу швидкість розкладання пероксиду водню в присутності розроблених композицій ПАР знижується в 1,1-1,2 рази. Після 50 хв. перебігу процесу константи швидкості зростають, але виявлена тенденція щодо стабілізуючої дії композицій ПАР зберігається.

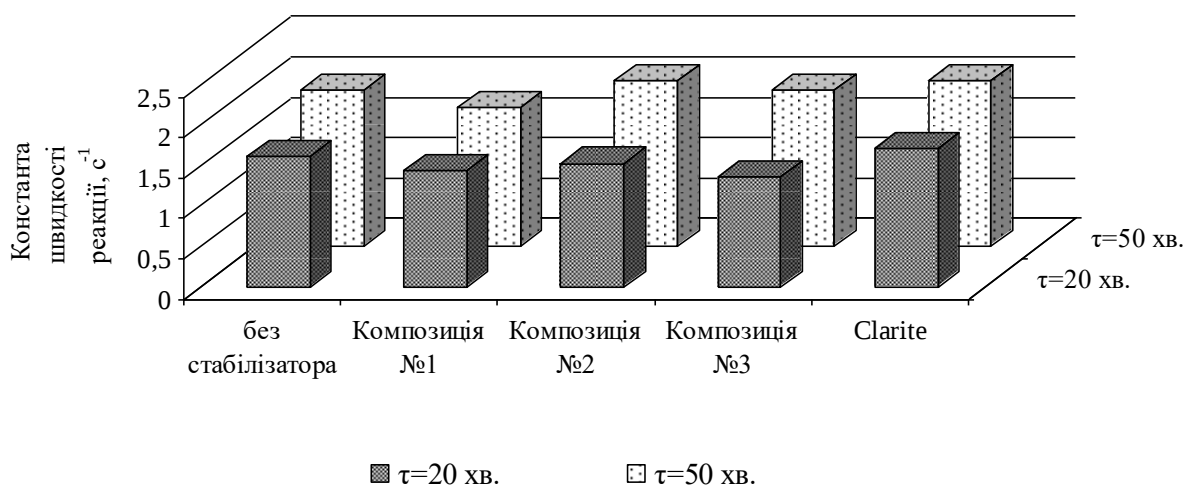


Рис. 3.3. Вплив композицій ПАВ на константи швидкості розкладання пероксиду водню.

Також слід зазначити, що ефективність композиції ПАВ №2 та №3 зменшується зі збільшенням тривалості процесу розкладання. Про це свідчить зростання відповідних констант швидкості реакції при 50 хв. до значення для системи без стабілізатору.

Зіставлення стабілізуючого ефекту розроблених композицій ПАВ показує, що за середньою швидкістю реакції розкладання пероксиду водню та рівномірністю стабілізації протягом всього періоду відбілювання найефективнішою є композиція ПАВ №1 на основі НПАВ Оксипав А1214С.50.

Таким чином, включення до складу відбілюючого розчину розроблених композицій ПАВ здатне не тільки покращити змочування текстильного матеріалу, але і змінювати кінетичні параметри процесу розкладання пероксиду водню і, отже, впливати на ефективність відбілювання, а зниженні константи швидкості процесу розкладання свідчать про можливість проведення процесу при меншій температурі, що дозволить заощадити енергоресурси.

3.3. Дослідження впливу композицій ПАВ на білизну та міцність бавовняного трикотажного полотна.

Відомо [18, 38], що при розкладанні пероксиду водню за гомолітичним механізмом виділяються продукти радикального типу, що в умовах відбілювання бавовняних текстильних матеріалів призводить не

тільки до непродуктивної витрати хімічних речовин, оскільки вони не відбілюють текстильний матеріал, а й до пошкодження полімерної структури целюлози внаслідок її окислення. Під час розщеплення пероксиду водню за гетеролітичним механізмом при чіткому контролі умов процесу відбувається відбілювання целюлозовмісного текстильного матеріалу та незначна його деструкція. Отже, непрямим методом підтвердження стабілізуючої дії композицій ПАР по відношенню до відбілюючих розчинів може бути визначення їх впливу на отриману білизну та ступінь деструкції трикотажного матеріалу після відбілювання.

Визначення ступеня білизни трикотажного полотна здійснювали за ДСТУ ISO 105-J02-2001/ГОСТ ИСО 105-J02-2002 [95].

Визначення міцності трикотажного полотна проводили шляхом встановлення розривного навантаження зразків на динамометрі ДШ-3М згідно ГОСТ 20269-93 [81].

На рис. 3.4 представлені результати визначення показника білизни бавовняного трикотажу після відбілювання з використанням розроблених композицій ПАР у якості стабілізаторів пероксиду водню. Відбілювання здійснювалось при температурі 85°C та тривалості процесу 20 та 50 хв. Для порівняння відбілювання трикотажного полотна здійснювали у ванні без стабілізатору та у присутності Clarite.

Отримані дані (рис. 3.4) показують, що при відбілюванні трикотажу за досліджуваними режимами можливо досягти високих показників білизни, більше ніж 75%.

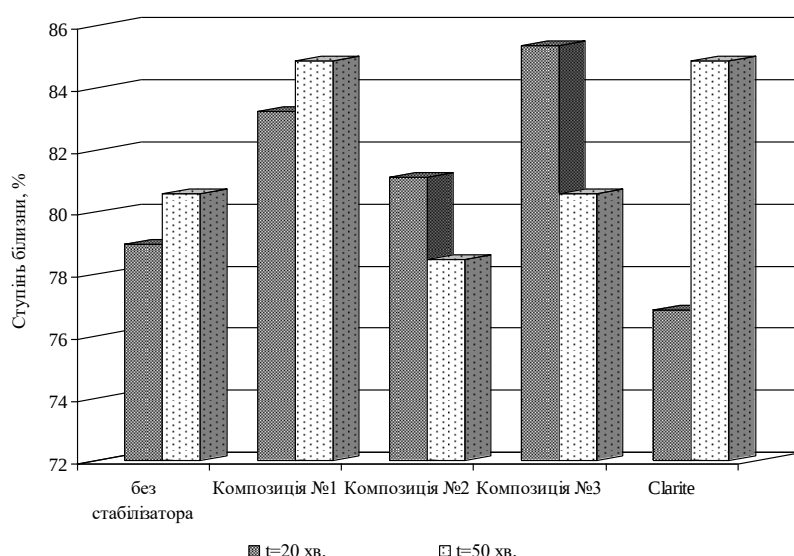


Рис. 3.4. Вплив стабілізаторів пероксиду водню на ступінь білизни бавовняного трикотажу.

За 20 хв. проведення процесу найвищий показник білизни 85% отриманий при застосуванні композицій ПАР №3 на основі КрПАР Карбоксипав АФ6.35. При застосуванні композиції ПАР №1 (НПАР Оксипав А1214С.50) та композиція №2 (АмПАР Бетапав А.30) досягаються показники білизни на рівні 83 та 81% відповідно. Без стабілізатору та в присутності Clarite показники білизни порівняно невисокі та становлять 79 та 77% відповідно.

На рис. 3.5 представлені результати встановлення впливу стабілізаторів пероксиду водню у відбільних складах на міцність трикотажного полотна, що була визначена шляхом встановлення розривного навантаження зразків підготовленого трикотажу.

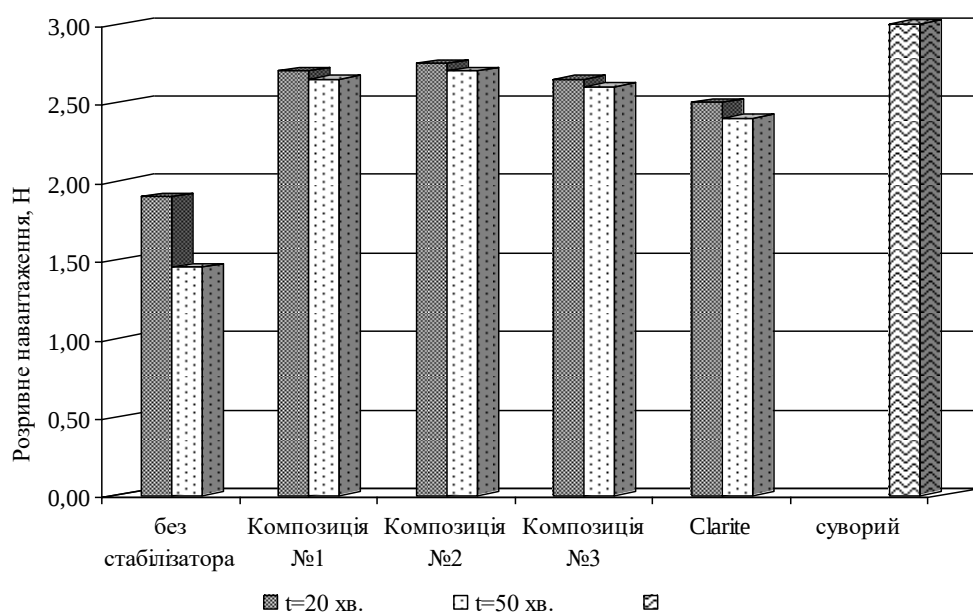


Рис. 3.5. Вплив стабілізаторів пероксиду водню на розривне навантаження бавовняного трикотажу.

Отримані дані (рис. 3.5) свідчать про зменшення міцності бавовняного трикотажного полотна після відбілювання за усіма режимами. Найбільше розривне навантаження бавовняного трикотажу, майже у 2 рази, знижується після відбілювання у розчині без стабілізатору. Ймовірно у цих умовах відбувається переважне розкладання пероксиду водню за гомолітичним механізмом з утворенням радикалів, що призводить до падіння розривного навантаження майже у 2 рази у порівнянні із суворим зразком. При застосуванні розроблених композицій ПАР та стабілізатору Clarite розривне навантаження знижується незначно.

Комплексний аналіз результатів визначення білизни та міцності трикотажного полотна після відбілювання дозволяє стверджувати, що розроблені композиції ПАР у відбільних розчинах грають роль стабілізаторів пероксиду водню, пригнічують процес розкладання пероксиду водню за гомолітичним механізмом та сприяють утворенню іонних форм за гетеролітичним механізмом, які є ефективними відбілюючими агентами по відношенню до целюлози текстильного матеріалу та не спричиняють значного її пошкодження.

Таким чином, отримані результати щодо властивостей розроблених композицій ПАР, їх стабілізуючої дії по відношенню до пероксиду водню та високі показники якості підготовленого трикотажного полотна, дають підставу для поєднання процесів промивання і відбілювання трикотажного полотна та проведення їх одночасно.

Оптимальні технологічні параметри суміщеного процесу підготовки бавовняного трикотажу та концентрація композицій ПАР повинні бути визначені методом математичного планування.

3.4. Розроблення технології підготовки бавовняного трикотажного полотна методом математичного планування.

Метою розроблення суміщеного процесу підготовки бавовняного трикотажу є визначення таких технологічних параметрів підготовки, які забезпечували максимум критерію оптимізації ($\bar{Y}$). В даній роботі критеріями оптимізації обрані капілярність підготовленого полотна і ступінь фіксації активного барвника на волокні. Для оптимізації процесу дослідження і визначення умов, які б забезпечували максимум критерію оптимізації проводили математичне планування експерименту, а саме повний факторний експеримент (ПФЕ).

ПФЕ – експеримент, в якому реалізуються всі можливі комбінації розглянутих рівнів факторів, а результати оцінюються за допомогою статистичного аналізу. За результатами ПФЕ знаходять значення коефіцієнтів рівняння регресії, що характеризують лінійні ефекти і ефекти взаємодії факторів всіх порядків.

Враховуючи раніше проведені дослідження (підрозд. 2.2, 2.3) були обрані основні фактори, від яких залежить ефективність процесу відбілювання: концентрація композиційного складу ПАР (С, г/л),

температура (Т, °С) і тривалість (τ, хв.) процесу відбілювання. Концентрація пероксиду водню (60%-ого) становила 1,5 г/л, гідроксиду натрію – 1,5 г/л.

Наведемо розрахунок математичних моделей, що описують залежність капілярності трикотажного полотна та ступеня фіксації активного барвника від концентрації композиції №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50, температури і тривалості процесу відбілювання. З цією метою проводили повний факторний експеримент типу 2³, що складається з 8 дослідів. Фактори, їх рівні та інтервали варіювання представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Фактори, рівні та інтервали варіювання факторів

Позна-чення	Фактори	Рівні варіювання			Інтервали варіювання, ε
		-1	0	+1	
С	Концентрація композиції ПАР, г/л	0,5	1,5	2,5	1
Т	Температура, °С	75	80	85	5
τ	Час, хв.	15	20	25	5

Значення факторів в «зіркових» точках були знайдені за допомогою співвідношення (3.4), що характеризують зв'язок іменованих та кодованих величин.

$$x_i = \frac{c_i - c_{0i}}{\varepsilon}, \quad (3.4)$$

де x_i – кодоване значення фактору (безрозмірна величина);

c_i і c_{0i} – натуральні значення факторів (відповідно його поточне значення і значення на нульовому рівні);

ε – натуральне значення інтервалу варіювання фактору [96].

$$x_1 = \frac{C - 1,5}{1}; \quad x_2 = \frac{T - 80}{5}; \quad x_3 = \frac{\tau - 20}{5}. \quad (3.5)$$

Значення цих співвідношень дозволило побудувати робочу матрицю, де наведені іменовані значення факторів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Дані матриці планування і робочої матриці

№ дослідів	Матриця планування			Робоча матриця		
	x_1	x_2	x_3	C	T	τ
1	+1	+1	+1	2,5	100	25
2	-1	+1	+1	0,5	100	25
3	+1	-1	+1	2,5	96	25
4	-1	-1	+1	0,5	96	25
5	+1	+1	-1	2,5	100	15
6	-1	+1	-1	0,5	100	15
7	+1	-1	-1	2,5	96	15
8	-1	-1	-1	0,5	96	15

Результати експерименту з двома повторюваннями в кожній точці для капілярності наведені в табл. 3.3, для ступеня фіксації – в табл. 3.4.

Таблиця 3.3

**Результати експерименту визначення капілярності трикотажного
полотна після підготовки**

№ дослідів	Значення					
	y_1	y_2	$\bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$\hat{y}$	$(\bar{y} - \hat{y})^2$
1	210	209	209,5	0,25	209,38	0,0156
2	200	201	200,5	0,25	200,63	0,0156
3	205	207	206	1,00	205,88	0,0156
4	215	214	214,5	0,25	214,63	0,0156
5	210	211	210,5	0,25	210,25	0,0625
6	210	210	210	0,00	210,25	0,0625
7	210	210	210	0,00	209,75	0,0625
8	210	209	209,5	0,25	209,75	0,0625
			$\Sigma =$ 1670,5	$\Sigma =$ 2,25		$\Sigma =$ 0,31

Таблиця 3.4

Результати експерименту визначення ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні після підготовки

№ досліджу	Значення					
	y_1	y_2	$\bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$	$\hat{y}$	$(\bar{y} - \hat{y})^2$
1	84,8	85	84,90	0,01	84,85	0,0025
2	83,4	83	83,20	0,04	83,25	0,0025
3	81,8	82	81,90	0,01	81,85	0,0025
4	83,6	83,2	83,40	0,04	83,45	0,0025
5	83,3	83,3	83,30	0,00	83,09	0,0452
6	82,2	82,5	82,35	0,02	82,56	0,0452
7	82,7	82,7	82,70	0,00	82,49	0,0452
8	82,6	83	82,80	0,04	83,01	0,0452
			$\Sigma = 664,55$	$\Sigma = 0,16$		$\Sigma = 0,19$

При побудові моделі першого порядку знаходили значення коефіцієнтів рівняння (3.6) для випадку $k=3$:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3, \quad (3.6)$$

де b_0 – вільний член;

b_1, b_2, b_3 , – лінійні коефіцієнти;

b_{12}, b_{13}, b_{23} – коефіцієнти подвійної (парної) взаємодії;

b_{123} – коефіцієнт, що характеризує взаємодію трьох факторів [96].

За величиною лінійних коефіцієнтів можна судити про ступінь впливу окремих факторів на величину критерію оптимізації. Чим більше величина b_i для відповідного фактору, тим сильніше його вплив. Важливо враховувати також знак цих коефіцієнтів: якщо коефіцієнт b_i має позитивний знак, то збільшення відповідного фактору має сприяти зростанню значення критерію оптимізації; навпаки, при негативному знаку лінійного коефіцієнта збільшення значення відповідного фактору буде знижувати величину критерію оптимізації.

Визначення вільного члена здійснюють за рівнянням:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N y_u, \quad (3.7)$$

де y_u – значення параметра оптимізації в тому же досліді;

N – число дослідів у матриці.

Лінійні коефіцієнти регресії розраховують за наступною формулою:

$$b_i = \frac{\frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} y_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}}{\frac{1}{N}} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} y_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} \quad (3.8)$$

де x_{iu} – значення фактору x_i в u -му досліді [96].

Коефіцієнти регресії, що характеризують парну взаємодію, розраховуються відповідно до формули (3.9):

$$b_{ij} = \frac{\frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} y_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2}}{\frac{1}{N}} = \frac{\sum_{u=1}^N x_{iu} x_{ju} y_u}{\sum_{u=1}^N x_{iu}^2} \quad (3.9)$$

Після розрахунку значень коефіцієнтів рівняння для капілярності має вигляд:

$$\hat{y}_{кан} = 208,81 + 0,19x_1 - 1,19x_2 - 1,19x_3 + 2,19x_1x_2 - 0,06x_1x_3 - 1,44x_2x_3 + 2,19x_1x_2x_3; \quad (3.10)$$

для ступеня фіксації:

$$\hat{y}_{с.ф.} = 83,7 + 0,13x_1 + 0,37x_2 + 0,28x_3 + 0,53x_1x_2 - 0,08x_1x_3 + 0,33x_2x_3 + 0,27x_1x_2x_3. \quad (3.11)$$

Дисперсія відтворюваності характеризує помилку всього експерименту і при однаковому числі спостережень, що дорівнює 2 ($n=2$), визначається за формулою:

$$s_y^2 = \frac{2 \sum_{u=1}^N (y_{ui} - \bar{y}_u)^2}{N} \quad (3.12)$$

Знання дисперсії s_y^2 , яка характеризує помилку відтворюваності, дає можливість оцінити значимість коефіцієнтів рівняння, що дозволяє розглянути питання про можливість спрощення подальшої роботи шляхом відсіювання частини факторів.

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії пов'язана з побудовою довірчих інтервалів. Існує правило: коефіцієнт рівняння регресії значимий, якщо його абсолютна величина більше довірчого інтервалу. При оцінці довірчих інтервалів користуються виразом:

$$P(b_i - \Delta b_i \leq \beta_i \leq b_i + \Delta b_i) = \alpha, \quad (3.13)$$

де α – довірча ймовірність того, що знайдене шляхом розрахунку значення коефіцієнта b_i відрізняється від істинного значення коефіцієнта (β_i) на величину, яка не перевищує похибки в оцінці коефіцієнтів (Δb_i).

Таким чином, довірчим інтервалом коефіцієнта регресії є інтервал його значень від $b_i - \Delta b_i$ до $b_i + \Delta b_i$. Для 95%-ої довірчої ймовірності Δb_i у випадку лінійних моделей визначається з наступного співвідношення:

$$\Delta b_i = \pm t \cdot s_{b_i}, \quad (3.14)$$

де t – критерій Стюдента для довірчої ймовірності 95%; при $N=8$ дорівнює 2,37 [96];

s_{b_i} – дисперсія, пов'язана з помилками при визначенні коефіцієнтів регресії, визначається за формулою:

$$s_{b_i} = \sqrt{\frac{s_y^2}{N \cdot n}}. \quad (3.15)$$

Для моделі капілярності:

$$s_y^2 = \frac{2 \cdot 2,25}{8} = 0,56; \quad s_{b_i} = \sqrt{\frac{0,56}{8 \cdot 2}} = 0,38.$$

Для моделі ступеня фіксації:

$$s_y^2 = \frac{2 \cdot 0,16}{8} = 0,04; \quad s_{b_i} = \sqrt{\frac{0,04}{8 \cdot 2}} = 0,1.$$

Довірчий інтервал складає за формулою (3.14) для капілярності: $\Delta b_i = \pm 2,37 \cdot 0,38 = \pm 0,89$; для ступеня фіксації: $\Delta b_i = \pm 2,37 \cdot 0,1 = \pm 0,24$.

Визначаємо довірчі інтервали. Для моделі капілярності:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= +208,81 \pm 0,89; & \beta_1 &= +0,19 \pm 0,89; & \beta_2 &= -1,19 \pm 0,89; & \beta_3 &= -1,19 \pm 0,89; \\ \beta_{12} &= 2,19 \pm 0,89; & \beta_{13} &= -0,06 \pm 0,89; & \beta_{23} &= -1,44 \pm 0,89; & \beta_{123} &= +2,19 \pm 0,89. \end{aligned}$$

Для моделі ступеня фіксації:

$$\begin{aligned} \beta_0 &= +83,07 \pm 0,24; & \beta_1 &= +0,13 \pm 0,24; & \beta_2 &= +0,37 \pm 0,24; & \beta_3 &= +0,28 \pm 0,24; \\ \beta_{12} &= +0,53 \pm 0,24; & \beta_{13} &= -0,08 \pm 0,24; & \beta_{23} &= +0,33 \pm 0,24; & \beta_{123} &= +0,27 \pm 0,24. \end{aligned}$$

Порівняння коефіцієнтів регресії за абсолютною величиною з урахуванням відповідних довірчих інтервалів показує, що в рівняннях (3.10), (3.11) можна вважати не значущими коефіцієнти b_1 і b_{13} . Після відсіювання незначущих коефіцієнтів рівняння регресії приймають наступний вигляд:

$$\hat{y}_{\text{кан}} = 208,81 - 1,19x_2 - 1,19x_3 + 2,19x_1x_2 - 1,44x_2x_3 + 2,19x_1x_2x_3; \quad (3.16)$$

$$\hat{y}_{\text{с.ф.}} = 83,7 + 0,37x_2 + 0,28x_3 + 0,53x_1x_2 + 0,33x_2x_3 + 0,27x_1x_2x_3. \quad (3.17)$$

Гіпотезу про адекватність перевіряли за критерієм Фішера:

$$F_{\text{расч}} = \frac{s_{ad}^2}{s_y^2}, \quad (3.18)$$

де s_{ad}^2 – дисперсія адекватності.

Дисперсія адекватності визначається як відношення суми квадратів відхилень середнього значення від значень, знайдених за рівнянням регресії, і числа ступенів свободи, яке пов'язане з дисперсією адекватності [96]:

$$s_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N n \cdot (\bar{y}_u - \hat{y}_u)^2}{N - k - 1} \quad (3.19)$$

Дисперсія адекватності та значення критерію Фішера для розрахованих рівнянь капілярності та ступеня фіксації відповідно:

$$s_{ad}^2 = \frac{2 \cdot 0,31}{8 - 3 - 1} = 0,16, \quad F_{розр} = \frac{0,16}{0,56} = 0,28;$$

$$s_{ad}^2 = \frac{2 \cdot 0,19}{8 - 3 - 1} = 0,1, \quad F_{розр} = \frac{0,1}{0,04} = 2,35.$$

Знаючи число ступенів свободи для більшої ($f_{ad}=4$) і меншої ($f_E=8$) дисперсій, знаходимо табличне значення критерію Фішера [96] для 95%-ої довірчої ймовірності: $F_{табл}=3,84$.

Порівняння табличного і розрахункового значення критерію Фішера ($F_{табл} > F_{расч}$) показує, що рівняння (3.16), (3.18) можна вважати адекватними з довірчою ймовірністю 95%.

Після переведення рівняння (3.16), (3.18) до іменованих величин з урахуванням виразів (3.5) рівняння, що описують залежність капілярності та ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні від концентрації композиції ПАР, температури і тривалості процесу відбілювання приймають наступний вигляд:

$$y_{кап.} = -493,26 + 321,93 \cdot C + 7,21 \cdot T + 46,07 \cdot \tau - 3,29 \cdot C \cdot T - 0,47 \cdot T \cdot \tau - 21,46 \cdot C \cdot \tau + 0,22 \cdot C \cdot T \cdot \tau \quad (3.20)$$

$$y_{с.ф.} = +88,71 + 26,95 \cdot C - 0,06 \cdot T + 0,79 \cdot \tau - 0,28 \cdot C \cdot T - 2,65 \cdot C \cdot \tau - 0,01 \cdot T \cdot \tau + 0,03 \cdot C \cdot T \cdot \tau \quad (3.21)$$

Аналіз наведених рівнянь регресії свідчить про те, що при використанні композиції ПАР №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50 у вибраному факторному просторі на капілярність трикотажу та ступінь фіксації активного барвника впливають всі фактори.

Згідно отриманих рівнянь у досліджуваному факторному просторі залежність капілярності трикотажного полотна від концентрації композиційного складу ПАР №1 і температури при тривалості процесу

підготовки 15 та 20 хв. набуває вигляду площин (поверхонь відгуку), які представлені на рис. 3.6.

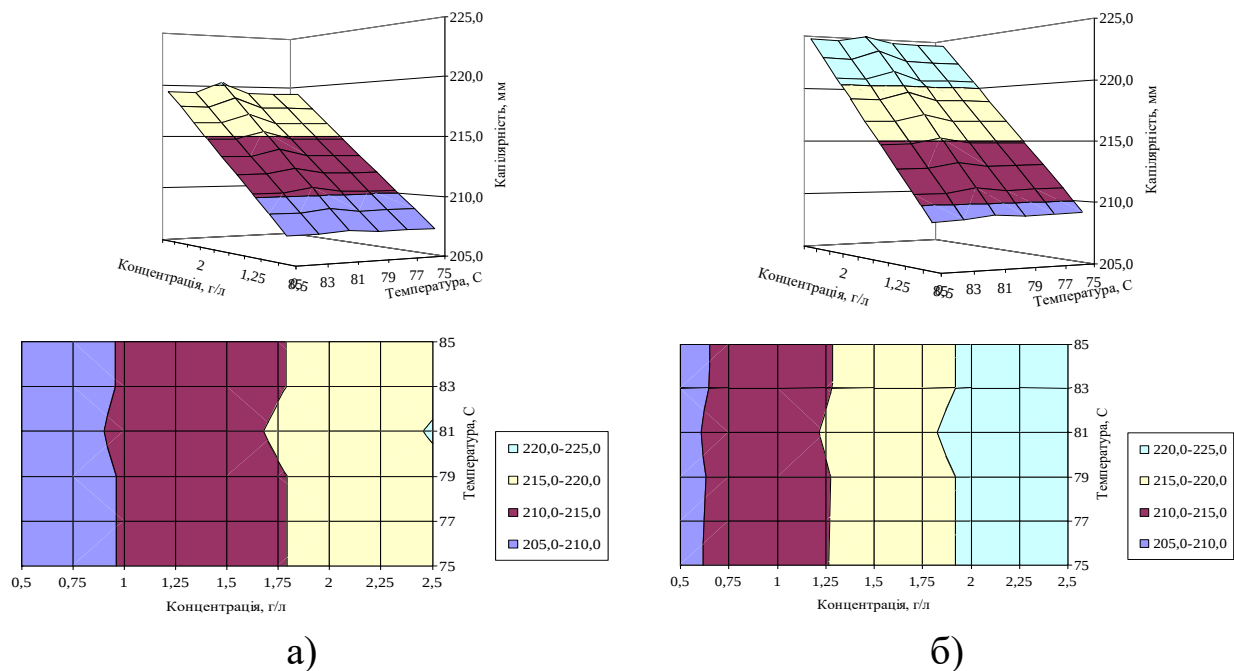


Рис. 3.6. Залежність капілярності трикотажного полотна від концентрації композиції ПАР та температури обробки:
а) тривалість 15 хв.; б) тривалість 20 хв.

Згідно отриманого рівняння, поверхонь відгуку та їх проєкцій застосування композиції ПАР №1 при концентрації 2-2,5 г/л може забезпечити капілярність трикотажного полотна до 225 мм тривалості обробки 20 хв. та при температурі проведення процесу у всьому досліджуваному діапазоні 75-85°C.

Залежність ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні від концентрації композиційного складу ПАР №1 і температури при тривалості процесу підготовки 15 та 20 хв. набуває вигляду площин, які представлені на рис. 3.7.

Наведені залежності дозволяють стверджувати, що застосування композиції №1 при концентрації 2-2,5 г/л, температурі 81-85°C та тривалості обробки 15 хв. дозволить отримати показники ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні на рівні 86-87%.

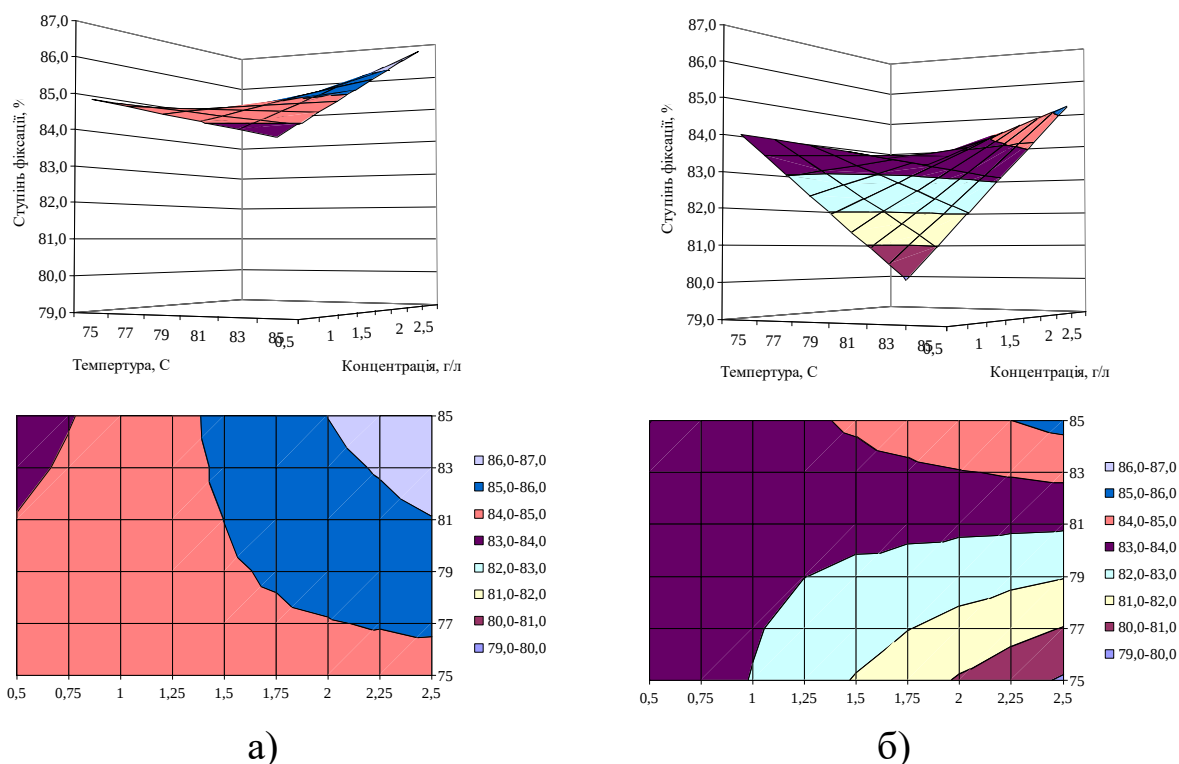


Рис. 3.7. Залежність ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні від концентрації композиції ПАР та температури обробки:
а) тривалість 15 хв.; б) тривалість 20 хв.

Розрахунок математичних моделей капілярності та ступеню фіксації активного барвника трикотажем при використанні композицій №2 та №3 проводився аналогічно. У результаті отримані наступні рівняння (3.10)-(3.13).

Для композиції №2 на основі АмПАР Бетапав А.30:

$$y_{\text{кап.}} = -48,07 + 174,93 \cdot C + 2,68 \cdot T + 17,20 \cdot \tau - 1,79 \cdot C \cdot T - 11,66 \cdot C \cdot \tau - 0,18 \cdot T \cdot \tau + 0,12 \cdot C \cdot T \cdot \tau. \quad (3.22)$$

$$y_{\text{с.ф.}} = +64,01 + 14,94 \cdot C + 0,28 \cdot T + 1,03 \cdot \tau - 0,18 \cdot C \cdot T - 0,74 \cdot C \cdot \tau - 0,01 \cdot T \cdot \tau + 0,01 \cdot C \cdot T \cdot \tau. \quad (3.23)$$

Для композиції №3 на основі КрПАР Карбоксипав АФ6.35:

$$y_{\text{кап.}} = +227,3 - 11,5 \cdot C - 0,17 \cdot T + 0,11 \cdot C \cdot T. \quad (3.24)$$

$$y_{\text{с.ф.}} = +133,42 - 22,0 \cdot C - 0,49 \cdot T - 0,08 \cdot \tau + 0,22 \cdot C \cdot T - 0,01 \cdot C \cdot \tau. \quad (3.25)$$

На рис. 3.8, 3.9 представлені поверхні відгуку та їх проєкції, що характеризують вплив факторів процесу відбілювання з використанням

композиції №2 на основі АмПАР Бетапав А.30 на капілярність та ступінь фіксації активного барвника.

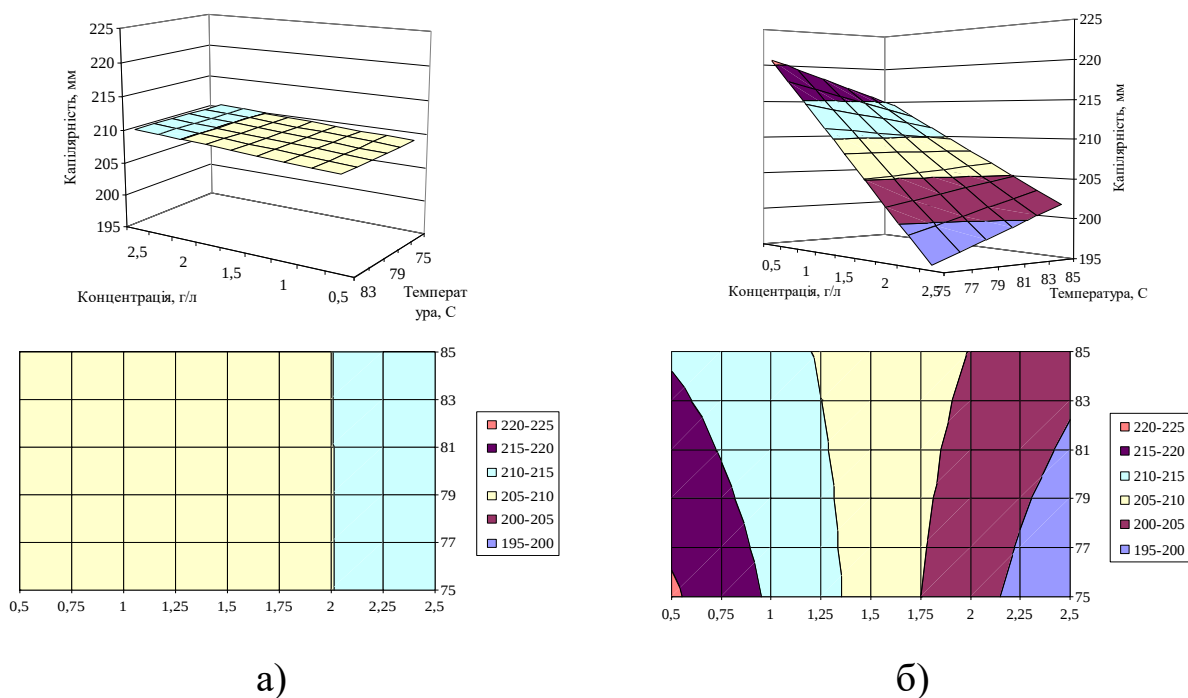
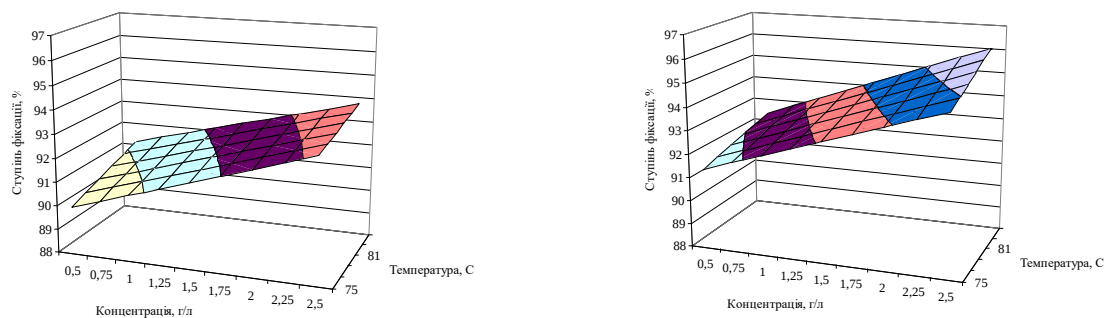


Рис. 3.8. Залежність капілярності трикотажного полотна від концентрації композиції ПАР та температури обробки:
а) тривалість 15 хв.; б) тривалість 20 хв.

Отримані результати (рис. 3.8) вказують на те, що застосування композиції ПАР №2 при концентрації 0,5-1 г/л та температурі 75-78°C за 20 хв. обробки дозволить досягнути капілярності трикотажного полотна 215-220 мм.

Поверхні відгуку та їх проекції, наведені на рис. 3.9, свідчать про те, що використання композиції ПАР №2 концентрацією 2-2,5 г/л при температурі 77-85°C уже за 15 хв. тривалості процесу відбілювання дозволить досягнути показників ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні у межах 95-96%.



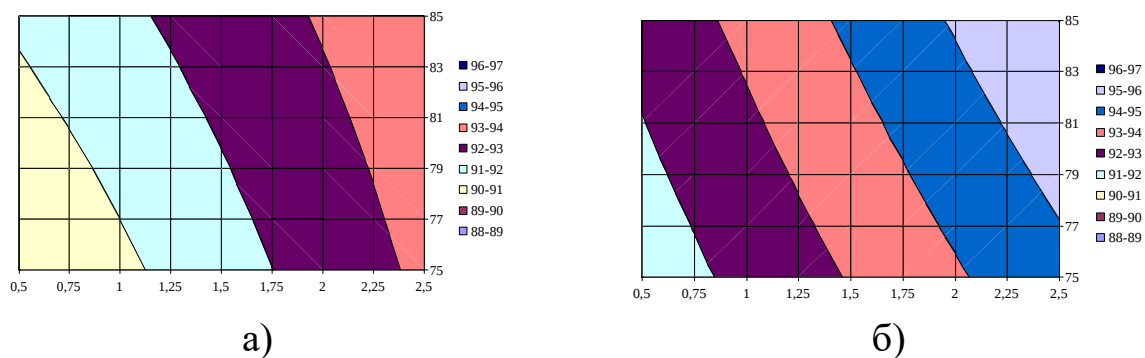


Рис. 3.9. Залежність ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні від концентрації композиції ПАР та температури обробки:
а) тривалість 15 хв.; б) тривалість 20 хв.

На рис. 2.10, 2.11 представлені поверхні відгуку та їх проекції, що характеризують вплив факторів процесу відбілювання з використанням композиції №3 на основі КрПАР Карбоксипав АФ6.35 на капілярність та ступінь фіксації активного барвника.

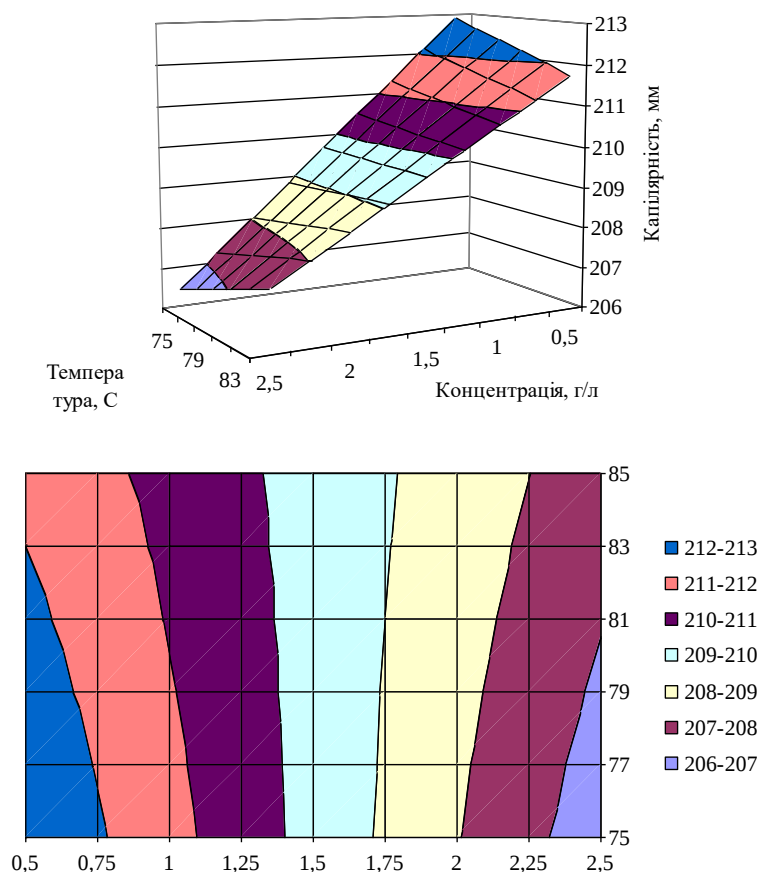


Рис. 3.10. Залежність капілярності трикотажного полотна від концентрації композиції ПАР та температури обробки.

Аналіз рівняння (17) та отриманих за ним поверхні відгуку та її проєкції (рис. 2.10) вказує на те, що на показник капілярності бавовняного трикотажу, який досягається у процесі відбілювання з використанням композиції ПАР №3, тривалість процесу у досліджуваних інтервалах часу впливу не має, а даний показник залежить тільки від концентрації композиції ПАР та температури процесу. Найвищий показник капілярності 212-213 мм можна досягти, використовуючи композицію ПАР №3 в концентрації 0,5-0,75 г/л при температурі 75-80°C.

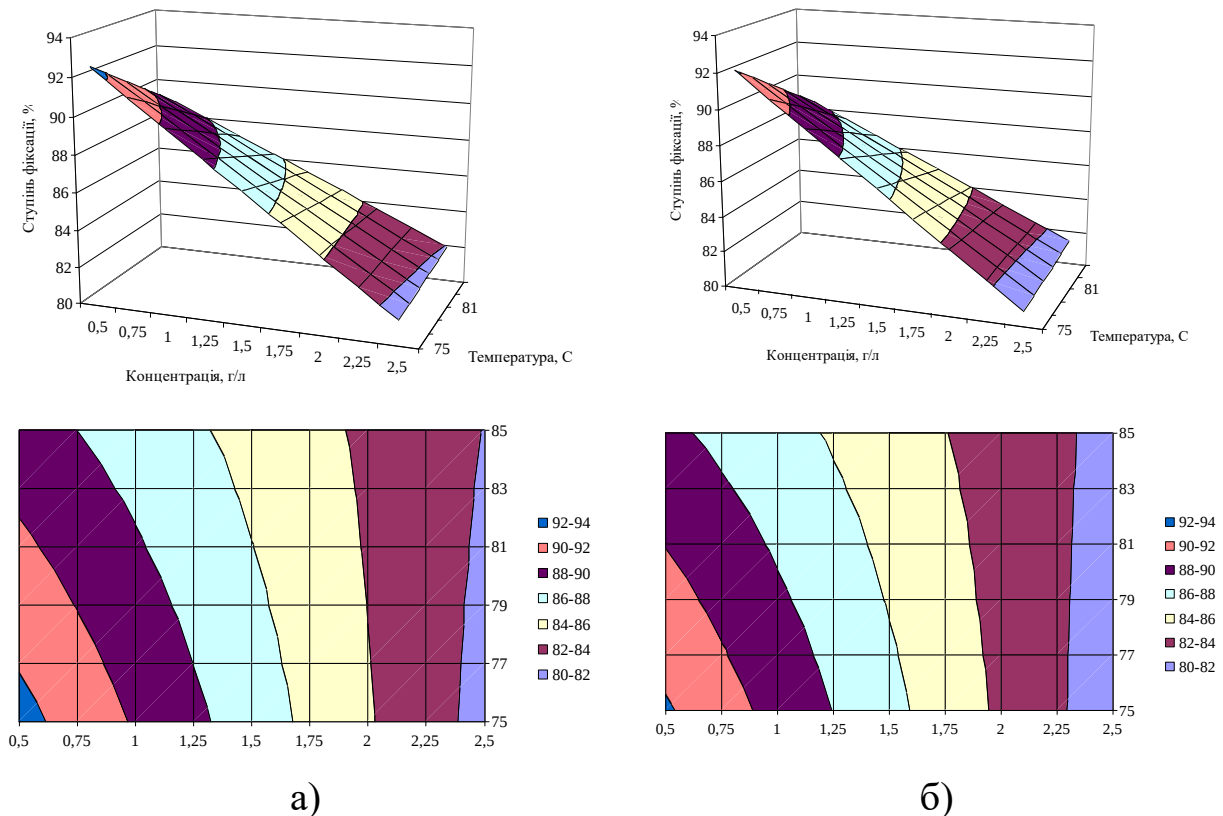


Рис. 3.11. Залежність ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні від концентрації композиції ПАР та температури обробки:

а) тривалість 15 хв.; б) тривалість 20 хв.

Отримана математична залежність ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні від умов проведення процесу відбілювання свідчить про те, що застосування композиції ПАР №3 при концентрації 0,5 г/л, температурі 75°C та тривалості процесу 15 хв. може забезпечити досягнення ступеня фіксації активного барвника на трикотажному полотні у межах 92-94%.

Комплексний аналіз отриманих математичних залежностей капілярності та ступеня фіксації активного барвника (3.20)-(3.25), поверхонь відгуку та проекцій, що їх описують (рис. 3.6-3.11) дозволяють стверджувати, що застосування розроблених композицій у вибраному факторному просторі дозволить досягнути високих показників капілярності та ступеня фіксації активних барвників. Визначено, що оптимальними умовами відбілювання є температура $T=85^{\circ}\text{C}$, тривалість процесу підготовки $\tau=20$ хв. при концентрації композицій ПАР $C=1,5$ г/л.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3

1. Аналіз літературних даних дозволяє стверджувати, що управляти процесом розкладання пероксиду водню можливо шляхом утворення комплексів пероксидів і ПАР. Неіоногенні ПАР здатні включати пероксид і продукти його розпаду в гідратні оболонки при витісненні молекул води, аніонактивні ПАР, імовірно, включають пероксид водню в гідратні оболонки іонів. Однак результати дослідження дії сумішей ПАР на процес розкладання пероксиду водню або інших пероксидних сполук відсутні. У зв'язку з цим необхідно дослідити вплив композицій ПАР на процес розкладання пероксиду водню в умовах відбілювання бавовняних текстильних матеріалів.

2. Дослідження кінетики розкладання пероксиду водню в умовах, максимально наближених до процесу відбілювання бавовняного трикотажного полотна, показали, що розроблені композиції ПАР сповільнюють процес розкладання пероксиду водню, що може забезпечити більш ефективне проходження процесу відбілювання бавовняного трикотажу. За здатністю до стабілізації пероксиду водню розроблені композиції ПАР розміщуються у наступному порядку: композиція №3 (КрПАР Карбоксилав АФ6.35)>композиція ПАР №1 (НПАР Оксипав А1214С.50)>композиція №2 (АмПАР Бетапав А.30).

Встановлено, що включення до складу відбілюючого розчину розроблених композицій ПАР сприяє зниженню констант швидкості процесу розкладання, що дозволить проводити процес при меншій температурі та заощадити енергоресурси. За середньою швидкістю реакції розкладання пероксиду водню та рівномірністю стабілізації протягом

всього періоду відбілювання найефективнішою є композиція ПАР №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50.

3. Отримані результати щодо властивостей розроблених композицій ПАР, їх стабілізуючої дії по відношенню до пероксиду водню та високі показники якості підготовленого трикотажного полотна дають підставу для поєднання процесів його промивання та відбілювання. Оптимальні умови його проведення мають бути визначені шляхом математичного планування експерименту.

4. За допомогою методу математичного планування – повного факторного експерименту – отримані математичні моделі процесу підготовки бавовняного трикотажного полотна і визначені оптимальні технологічні параметри, при яких досягається високі показники капілярності та ступеня фіксації активних барвників: концентрація композицій ПАР $C=1,5$ г/л, температура $T=85^{\circ}\text{C}$, тривалість процесу підготовки $\tau=20$ хв.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА НА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

4.1. Дослідження впливу технології підготовки на якість бавовняного трикотажного полотна.

Підготовка є важливою технологічною стадією опорядження бавовняного трикотажного полотна. Саме на цьому етапі формуються основні властивості текстильного матеріалу, що забезпечують не тільки якість подальшого фарбування та заключної обробки, а й гігієнічність готових виробів. Це насамперед сорбційні властивості, які набуває бавовняний трикотажний після звільнення від природних та технологічних воскоподібних домішок в умовах процесу підготовки. Стійка білизна є ще однією з основних властивостей, що отримує трикотажне полотно після проведення підготовки. Показник білизни є важливою характеристикою якості трикотажу для білизняного та одягового асортименту, який випускається як в білому кольорі, так і гладкофарбованим.

З метою оцінки впливу способу підготовки на якість бавовняного трикотажного полотна було здійснено підготовку зразків текстильного матеріалу способом лужного відварювання, за двохстадійною класичною технологією підготовки, що включає послідовні процеси відварювання та відбілювання, та за розробленою одностадійною суміщеною технологією.

Ступінь підготовки оцінювалася за величиною капілярності (рис. 4.1), білизни (рис. 4.2) і ступеня видалення восків (рис. 4.3, 4.4) і міцності (рис. 4.5) підготовленого текстильного матеріалу.

З метою виключення явища хибної капілярності, коли підвищення капілярності відбувається під впливом гідрофільних ПАР, які залишились на текстильному матеріалі через недостатнє промивання [76-79], проводили послідовне п'ятикратне промивання зразків у гарячій та п'ятикратне у холодній воді.

Необхідно зазначити, що капілярність суворого трикотажу становить 0 мм. При чому вважається, що капілярність підготовленої бавовняної

високоякісної тканини складає біля 125 мм за 30 хв. [80, 87]. Результати визначення впливу способу підготовки на капілярність наведені на рис. 4.1.

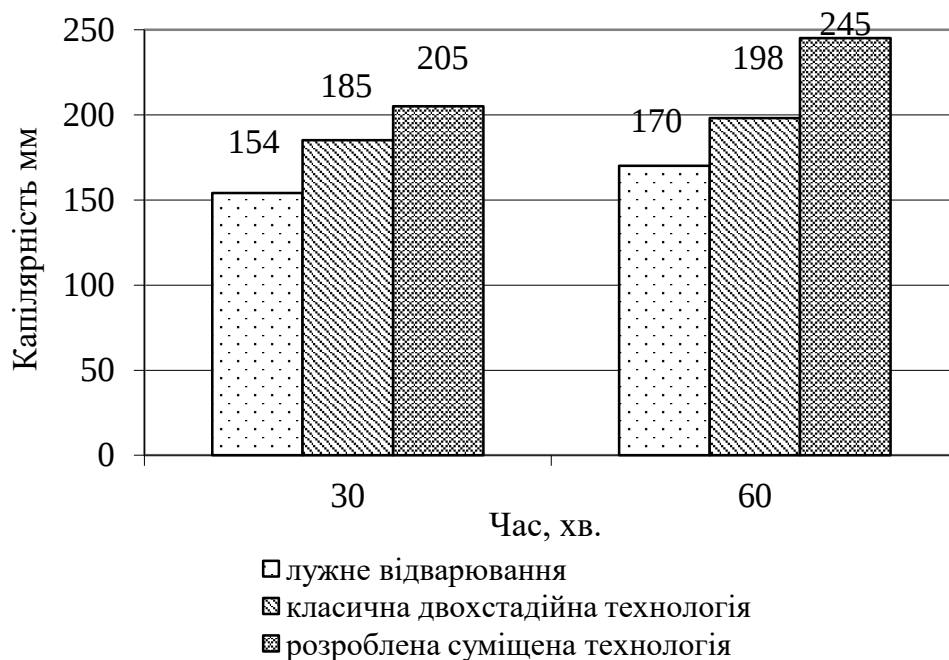


Рис. 4.1. Вплив способу підготовки на капілярність бавовняного трикотажу.

Отримані результати показують, що підготовка за досліджуваними способами забезпечує показники капілярність бавовняного трикотажу через 30 хв. на рівні 135-205 мм, а через 60 хв. – 149-245 мм. Слід зазначити, що найнижча капілярність у зразка після лужного відварювання, а найвищий показник у зразка, підготовленого за розробленим режимом [97].



Рис. 4.2. Вплив способу підготовки на білизни бавовняного трикотажу.

Визначення ступеня білизни трикотажного полотна після підготовки за досліджуваними способами здійснювали за ДСТУ ISO 105-J02-2001/ГОСТ ИСО 105-J02-2002 [95].

Представлені дані (рис. 4.2). показують, що індивідуально лужне відварювання забезпечує найнижчий показник білизни бавовняного трикотажу. Білизна текстильного матеріалу після двохстадійної підготовки становить 65,5% і є недостатньою для випуску трикотажу у білому вигляді. Відомо, що для випуску бавовняної тканини у білому вигляді білизна повинна становити 72% [87]. Такий ступінь білизни на досліджуваному текстильному матеріалі досягається після підготовки за розробленим суміщеним режимом з використанням створеної високоефективної композиції ПАР [97, 98].

Діаграми на рис. 4.3. і 4.4 ілюструють отримані дані за змістом восків в зразках трикотажу в залежності від способу підготовки і ступеня їх видалення.

Визначення вмісту воскоподібних речовин в бавовняному трикотажі проводили шляхом багаторазового екстрагування у апараті Сокслета ізопропіловим спиртом. Наважку текстильного матеріалу, зваженого з точністю до 0,0002 г, поміщають в гільзу з фільтрувального паперу. Висота гільзи не повинна перевищувати рівень сифона на 1-1,5 см. Гільзу поміщають в екстрактор. Підключають охолодження водою і нагрівач. Після встановлення рівноваги розчинник знаходиться і в екстракторі і в резервуарі із зразками. Кількість циклів зміни розчинника в резервуарі повинен бути не менше 30. Час екстракції становить близько 6 год. Після екстрагування бюкс з зразком висушують до постійної маси при температурі 105°C.

Розрахунок вмісту воскоподібних речовин проводиться таким чином:

$$A = 100\% - \frac{m_1}{m_2} \cdot 100\% \quad (4.1)$$

де m_1 – маса наважки до екстрагування, г;

m_2 – маса наважки після екстрагування, г [87].

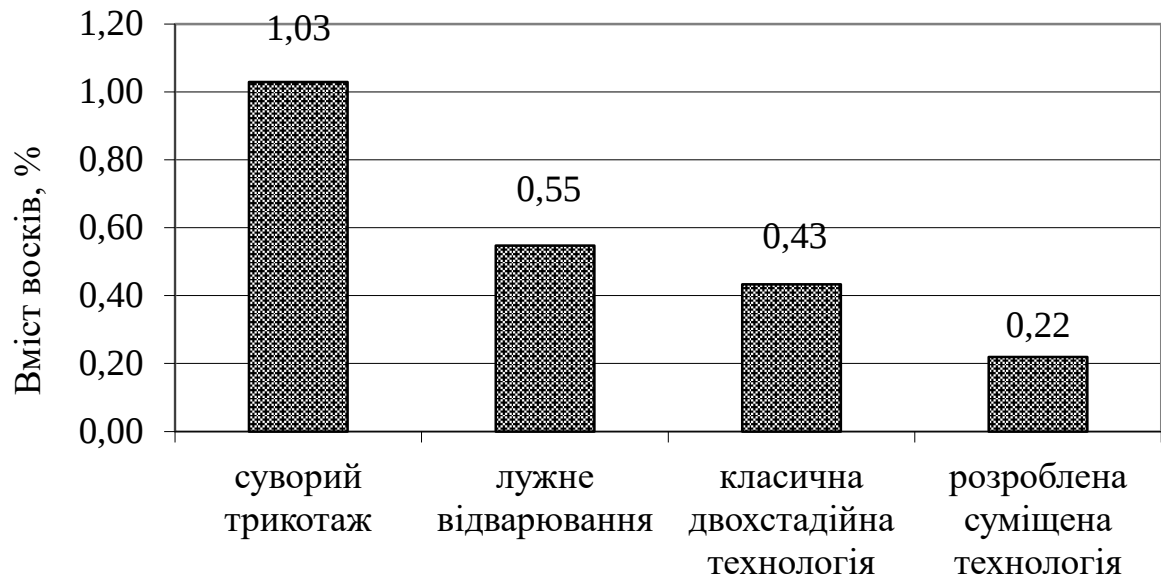


Рис. 4.3. Вплив способу підготовки на вміст восків у бавовняному трикотажі.

Дані, наведені на рис. 4.3, свідчать про те, що найбільше восків містить суворий зразок. Після підготовки за досліджуваними режимами вміст воскоподібних речовин знижується. Причому при підготовці за класичною двохстадійною технологією на трикотажному полотні залишається менше воску, ніж при лужному відварюванні. Найменше восків містить зразок, підготовлений за розробленою суміщеною технологією.

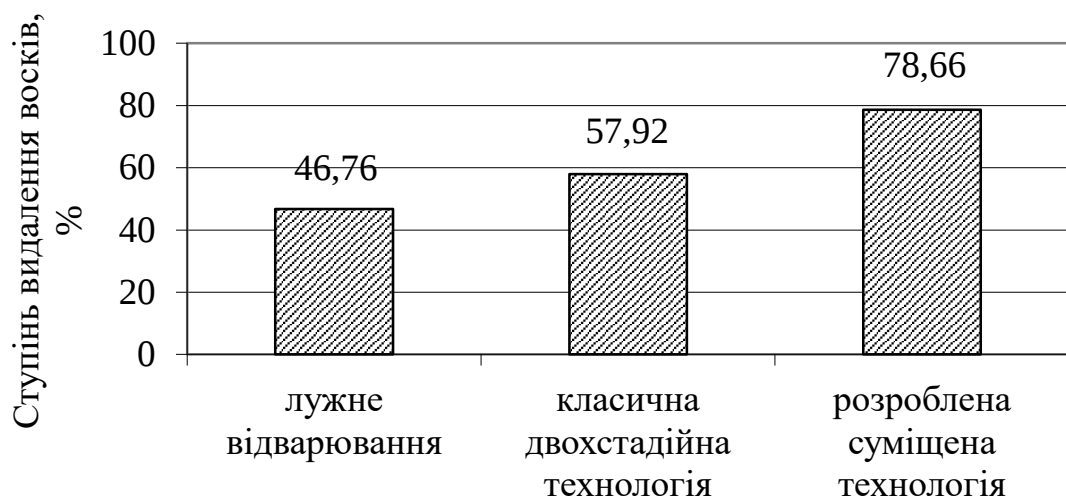


Рис. 4.4. Вплив способу підготовки бавовняного трикотажу на ступінь видалення восків.

Дані, представлені на рис. 4.4 корелюють з результатами визначення капілярності і показують, що при обробці трикотажного полотна за індивідуальним режимом лужного відварювання і за класичною двохстадійною технологією видаляється не більше ніж $\approx 58\%$ восків від початкового їх вмісту. Цей факт пояснює невисокі показники капілярності трикотажу за даними способами підготовки.

На рис. 4.5. наведені результати визначення впливу технології підготовки на міцність бавовняного трикотажного полотна шляхом вимірювання розривного навантаження на динамометрі ДШ-3М згідно ГОСТ 20269-93 [81].

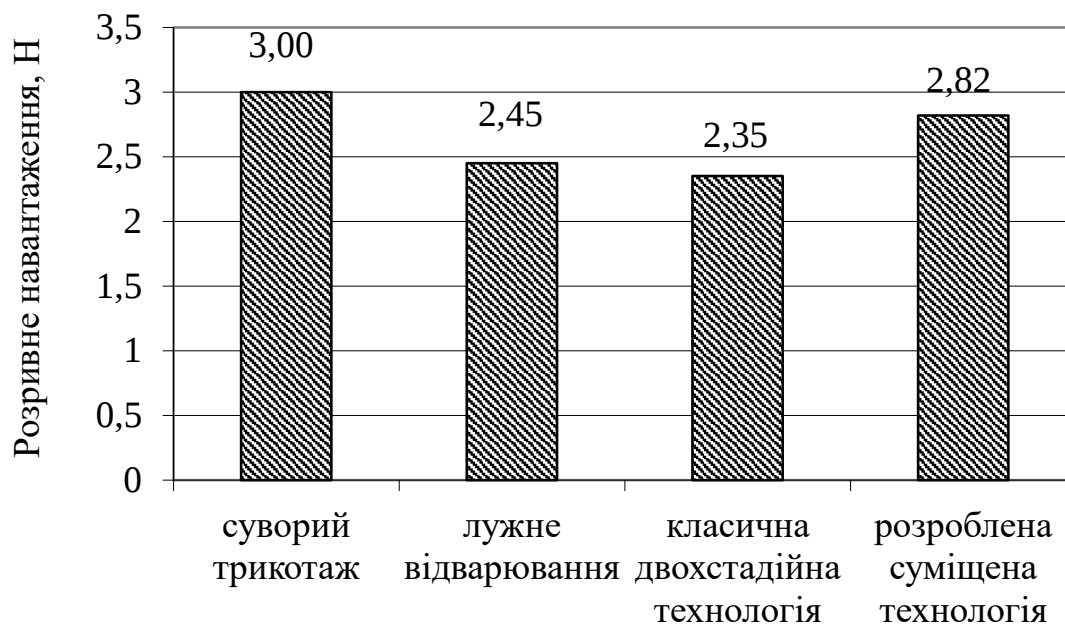


Рис. 4.5. Вплив способу підготовки бавовняного трикотажу на показник розривного навантаження.

Встановлено (рис. 5), що найменшу міцність має зразок, підготовлений за базовим режимом. Найменше пошкодженим є трикотаж, підготовлений за розробленим одностадійним режимом.

Суворий бавовняний трикотаж через наявність природних жировоскових речовин і замаслювачів не має капілярності. Наявні воскоподібні речовини розташовуються на волокні таким чином, що їх гідрофобні групи спрямовані в бік від поверхні волокна, в результаті чого текстильні матеріали не змочуються водою, набуваючи гідрофобності.

Видалення воску бавовни і замаслювачів, що наносяться на нитки перед процесом в'язання, і деякої кількості водорозчинних домішок

целюлози під час лужного відварювання підвищує капілярність трикотажного матеріалу. Однак під час відварювання не видаляються фарбувальні речовини бавовни, що призводить до незначного збільшення білизни трикотажного матеріалу і, як наслідок, отримання менш яскравих забарвлень.

Класичний спосіб підготовки за двохстадійною технологією включає в себе послідовні операції відварювання і відбілювання, в результаті яких трикотажне полотно набуває високих показників капілярності і білизни. Однак підготовка за двохстадійною технологією відбувається при підвищеній температурі, що призводить до зниження міцності текстильного матеріалу.

Розроблена одностадійна технологія підготовки бавовняного трикотажного полотна за рахунок використання високоефективної композиції ПАР дозволяє поєднати операції відварювання і відбілювання та проводити процес при зниженій температурі 85°C [99, 100].

В результаті отримують текстильний матеріал з високими показниками ступеня видалення воскоподібних речовин, капілярності, білизни і незначним зниженням міцності. Крім того, дана технологія підготовки за рахунок застосування низьких температур та суміщення двох процесів є енерго- та ресурсозберігаючою, більш економічною і екологічною.

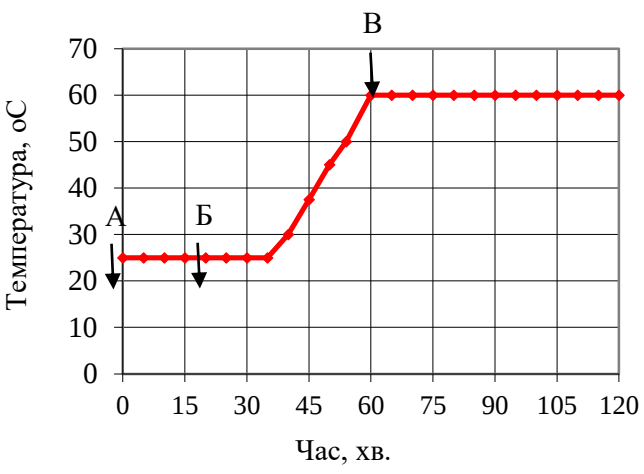
4.2. Дослідження впливу технології підготовки бавовняного трикотажного полотна на сорбцію та ступінь фіксації активних барвників.

Характеристиками якості проведення процесу підготовки можуть також служити показники сорбційної здатності текстильного матеріалу, які є важливими у процесі подальшого фарбування і апретування, а також при експлуатації готових виробів. Для дослідження сорбційних властивостей трикотажного полотна, підготовленого за розробленим режимом з використанням композицій ПАР, була вивчена кінетика сорбції біфункціональних активних барвників Bezaktiv Cosmos Rot S-C, Bezaktiv Cosmos Blue S-C та Bezaktiv Cosmos Gold S-C.

У табл. 4.1 наведений режим фарбування трикотажного полотна досліджуваними активними барвниками.

Таблиця 4.1

Умови фарбування бавовняного трикотажу активними барвниками марки Bezactive

Склад ванни	Режим
Модуль ванни М=50. А: Ultravon ТС – 1 г/л; натрій хлорид – 20 г/л; натрій карбонат – 10 г/л (20%); Б: барвник – 1-3% від маси текстильного матеріалу; В: натрій карбонат – 10 г/л (80%).	 Графік температури фарбування в часі. Показує підйом температури з 25°C до 60°C за 60 хвилин, після чого температура тримається постійною до 120 хвилин. Точки А, Б та В позначають ключові моменти процесу.

Після фарбування зразки трикотажу незалежно від технології фарбування підлягали промиванню, режим якого наведений у табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Режим промивання бавовняного трикотажу після фарбування активними барвниками

Ванна	Склад	Режим
1-ша	Оцтова кислота 30%-ова – 0,5 мл/л	$T = 50^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ хв.
2-га	Гаряча вода	$T = 70^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ хв.
3-тя	Егіорон R – 1 г/л	$T = 100^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ хв.
4-та	Гаряча вода	$T = 70^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ хв.
5-та	Холодна вода	$T = 25^{\circ}\text{C}$, $\tau = 10$ хв.

Після промивання за наведеним режимом зразки трикотажу сушать.

Дослідження сорбції активних барвників бавовняним трикотажем ґрунтується на фотометричному визначенні кількості барвника в залишкової ванні шляхом колориметрування на фотоелектричні колориметрі ФЕК-2. Вимірювання здійснювали при світлофільтрі, що відповідає певній довжині хвилі. Вибір світлофільтра полягає у визначення оптичної щільності розчину кожного барвника з усіма світлофільтрами. Для подальшого дослідження вибирали той світлофільтр, при якому аналізований розчин має найбільше значення оптичної щільності.

Після фарбування об'єм фарбувальної ванни доводять до початкового і визначають оптичну щільність розчину. Потім за калібрувальним графіком визначають концентрацію барвника в залишковій ванні.

Для побудови калібрувальної кривої готують фарбувальний розчин, що містить 0,2 г/л досліджуваного барвника, з цього розчину готується серія розчинів, що містять 0,15, 0,1 і 0,05 г/л досліджуваного барвника. Отримані розчини колориметрують і за отриманими даними будують залежність оптичної щільності від концентрації барвника.

Концентрацію барвника на волокні визначають за формулою:

$$C_s = \frac{(C_p^n - C_p^k) \cdot V}{m}, \quad (4.2)$$

де C_s – концентрація барвника на волокні, г/кг волокна;

C_p^n и C_p^k – початкова і кінцева концентрації барвника у розчині відповідно, г/л;

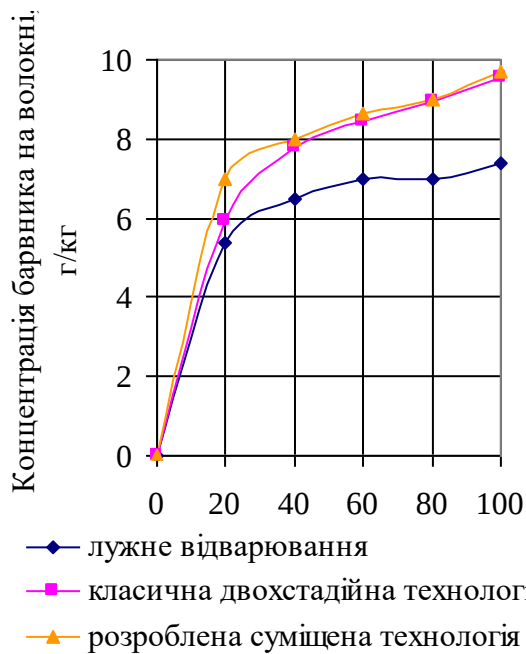
V – об'єм фарбувальної ванни, мл;

m – маса волокна, г [87, 101].

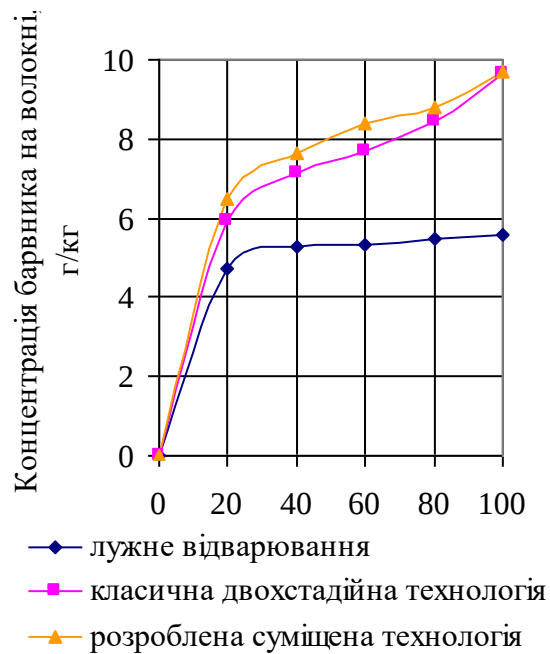
На рис. 4.6 наведені результати визначення сорбції активних барвників марки Bezaktiv в залежності від технології підготовки бавовняного трикотажного полотна.

Кінетичні криві сорбції досліджуваних активних барвників показують, що спосіб підготовки впливає на кількість сорбованого трикотажним полотном активного барвника. Найменші показники сорбції досліджуваних барвників спостерігаються для зразків трикотажу, що був підготований способом відварки та біління і максимально складає для Bezaktiv Cosmos Rot S-C 6,8-7,4 г/кг, для Bezaktiv Cosmos Blue S-C – 5,6-5,7 г/кг, Bezaktiv Cosmos Gold S-C – 5,8 7 г/кг.

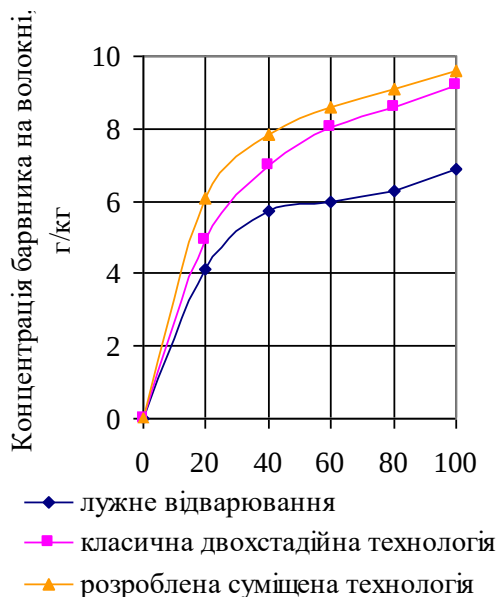
Зразки, що були підготовані за двохстадійною базовою технологією та за суміщеним розробленим режимом демонструють високі показники сорбції активних барвників. Для зразків, підготовлених за базовою технологією, сорбція складає 9,55-9,66 г/кг, а за суміщеним розробленим режимом досягаються дещо вищі показники: 9,69-9,68 г/кг.



а)



б)



в)

Рис. 4.6. Вплив способу підготовки на кінетику сорбції активних барвників трикотажним полотном: а) Bezaktiv Cosmos Rot S-C; б) Bezaktiv Cosmos Blue S-C; в) Bezaktiv Cosmos Gold S-C.

Зважаючи на те, що активні барвники хімічно зв'язуються з целюлозою бавовняного трикотажу, в багатьох випадках сорбція барвника ще не означає його хімічну реакцію з волокном. Ступінь фіксації активних барвників на текстильних матеріалах залежить від умов проведення процесу фарбування, властивостей барвника, вмісту в технічному барвнику

гідролізованої форми, що не здатна вступати у хімічну взаємодію з целюлозою, та від властивостей текстильного матеріалу [18, 20, 21].

Далі у роботі було визначено ступінь фіксації активних барвників для трикотажу, підготовленого за різними технологіями і пофарбованого за періодичним способом [20]. Розрахунок здійснювали на підставі спектрофотометричного аналізу вихідного та залишкового фарбувальних розчинів і промивних ванн. Ступінь фіксації СФ, %, обчислювали за формулою:

$$СФ = 100 - \frac{D_{\text{зал}} + \sum D_{\text{пр}}}{D_{\text{вих}}} \cdot 100 \quad (4.3)$$

де $D_{\text{зал}}$ – оптична щільність залишкового фарбувального розчину;

$D_{\text{пр}}$ – оптична щільність промивного розчину;

$D_{\text{вих}}$ – оптична щільність вихідного фарбувального розчину.

Результати дослідження ступеня фіксації активних барвників наведені на рис. 4.7.

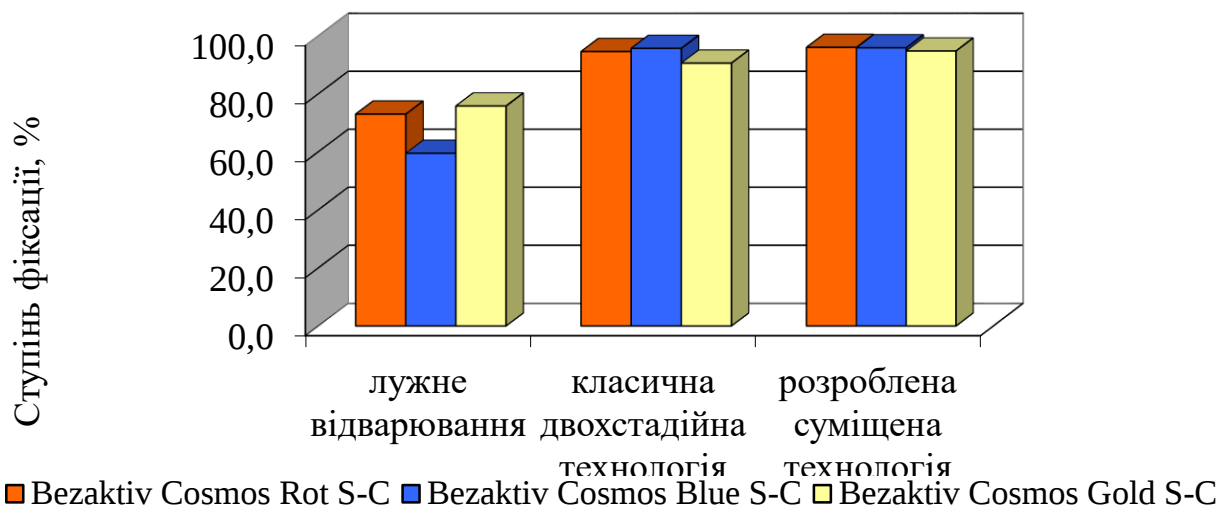


Рис. 4.7. Залежність ступеня фіксації активних барвників від способу підготовки бавовняного трикотажу.

Результати, представлені на діаграмі рис. 4.7, показують, що спосіб підготовки впливає на ступінь фіксації досліджуваних активних барвників. Найнижчий ступінь фіксації досягається при фарбуванні зразків трикотажу після відварки та біління і складає 58,3-73,0%. Після підготовки за базовою та розробленою технологіями спостерігається високий показник ступеня фіксації активних барвників бавовняним трикотажем – 94,6-96,0%. Це можна пояснити тим, що після підготовки текстильного матеріалу за вказаними технологіями найбільш повно видаляються природні супутні

речовини бавовни та технологічні забруднення, що призводить до високої сорбційної здатності бавовняного трикотажу (рис. 4.7) та, як наслідок, до підвищення ступеня фіксації активних барвників.

Слід зазначити, що сорбція активних барвників та показники ступеня фіксації для зразків бавовняного трикотажу, що були підготовані за базовим та розробленим режимами знаходять приблизно на одному рівні. Однак вказані показники для трикотажу, обробленому за розробленою технологією підготовки, досягаються при суміщенні відварки і біління та зниженні температури зі 100 до 80°C, що позитивно позначиться на собівартості продукції. Ефективність розробленої технології підготовки бавовняного трикотажу пояснюються застосуванням високоефективної композиції ПАР.

У результаті проведених досліджень встановлено, що технологія підготовки впливає на кінетику сорбції та ступінь фіксації активних барвників бавовняним трикотажним полотном. Визначено, що відварка або біління бавовняного трикотажу індивідуально забезпечує низьку сорбцію активних барвників і, як наслідок, знижені показники їх ступеня фіксації 58,3-73,0%. Високі показники сорбції та фіксації досліджуваних активних барвників спостерігаються для бавовняного трикотажного полотна, обробленого за базовим та розробленим режимами. Розроблений спосіб підготовки має переваги в порівнянні з базовим, що полягають у суміщенні відварки та біління і зниженні температури обробки зі 100 до 85°C та скороченні тривалості процесу за рахунок суміщенні технологій відварювання та відбілювання, що забезпечує економічність розробленої суміщеної технології підготовки.

Однією з причин підвищення сорбції барвників бавовняним волокнам може бути його пошкодження при надмірному окисленні целюлози текстильного матеріалу пероксидом водню під час біління або небажаний окисній деструкції субстрату киснем повітря під час відварювання [102]. У результаті цього відбувається розрив ланцюгів целюлози, зниження ступеня її полімеризації. На надмолекулярному рівні відбувається зниження ступеня кристалічності та збільшення обсягу аморфних областей. Це в свою чергу призводить зростання сорбційної здатності волокна, в тому числі по відношенню до барвників. Слід зазначити, що отримані забарвлення на бавовняному субстраті, пошкодженому у процесі підготовки, характеризуються зниженими показниками стійкості до фізико-хімічних дій,

хоча відбувається інтенсивна сорбція барвника. Крім того, текстильний матеріал втрачає міцність, що посилюється під час експлуатації готових виробів.

Таким чином, необхідно дослідити хімічну будову, стан поверхні та надмолекулярної структуру целюлози бавовняного волокна під впливом досліджуваних технології підготовки трикотажного полотна.

4.3. Дослідження впливу технології підготовки бавовняного трикотажного полотна на хімічну будову та кристалічність целюлози методом ІЧ-спектроскопії.

Як відомо [18, 20, 21, 103], бавовняний текстильний матеріал на 92-96% складається з целюлози, одного з найбільш поширених біополімерів. Елементарне ланка макромолекули целюлози знаходиться в конформації крісла з екваторіально розташованими групами OH і $-\text{CH}_2\text{OH}$ (рис. 4.85).

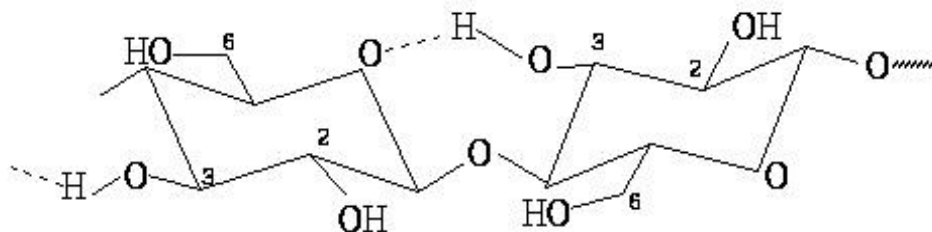


Рис. 4.8. Схема будови елементарної ланки целюлози.

В межах $3700\text{--}3100\text{ см}^{-1}$ ІЧ-спектра целюлози проявляються валентні коливання гідроксильних груп, які приймають участь в між- і внутрішньомолекулярних водневих зв'язках. Крім того, в спектрі спостерігається розширена смуга валентних (третинних) C--H коливань в метиленових і метинових групах целюлози при 2900 см^{-1} , а також деформаційні C--H коливання в області 1340 см^{-1} [104, 105]. Вміст адсорбованої води в целюлозі можна визначити по смузі поглинання 1635 см^{-1} . Межі $1500\text{--}900\text{ см}^{-1}$ спектрів целюлози характеризує різні коливання C--H , C--O і OH -зв'язків, коливання глюкозидного зв'язку і глюкопіранозного кільця целюлози. Спектри целюлози в межах $869\text{--}400\text{ см}^{-1}$ характеризуються коливаннями піранозного кільця і деформаційними коливаннями гідроксильних груп [104-106]. Цукри відносяться до області $3700\text{--}3300\text{ см}^{-1}$ (3563 см^{-1}), пектин — 1740 і

1575 cm^{-1} , азотовмісні сполуки – 1595, 1517 cm^{-1} . Повне віднесення смуг в спектрі целюлози відображений в роботі [107].

При модифікації целюлози і зміні її хімічної структури спостерігаються зміни в отриманих ІЧ-спектрах. При модифікації целюлози складами на основі боразотних сполук відбувається реакція з гідроксильними групами целюлози, що ілюструється на ІЧ-спектрах зміщенням смуги поглинання міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, а саме збільшення поглинання з боку високих частот. Також відбувається прищеплення до поверхні зразків целюлози похідних, які містять додаткові групи CH_2 . Це супроводжується зростанням інтенсивності смуг поглинання при частоті 2900 cm^{-1} , що відповідає за валентні коливання C-H зв'язків метиленових і метинових груп целюлози (область 3000-2800 cm^{-1}) [108].

Під час підготовки може відбутись небажане окислення целюлози бавовняного трикотажу, що супроводжується перетворенням вторинних спиртових груп до альдегідних та навіть розривом піранового кільця з утворенням диальдегідцелюлози [109]. Вказані перетворення безсумнівно будуть відображені на ІЧ-спектрах шляхом зміни інтенсивності відповідних смуг поглинання.

Дослідження змін у хімічній будові целюлози бавовняного трикотажу у результаті підготовки за різними технологіями проводили методом ІЧ-спектроскопії за допомогою спектрометру з Фур'є-перетворенням Tensor-37 («Bruker»). Суворий бавовняний трикотаж крім супутніх речовин бавовни містить замаслювачі, в якості яких використовують суміш мінеральних олій. Тому зразки бавовняного трикотажу були заздалегідь проекстраговані ізпропиловим спиртом. На рис. 4.9 наведені отримані ІЧ-спектри бавовняного волокна після підготовки за досліджуваними способами.

При співставленні отримані ІЧ-спектри (рис. 2) суворого зразка (крива 1) з іншими зразками (криві 2-4) після підготовки за досліджуваними способами можна стверджувати, що після їх обробки нових смуг поглинання не спостерігається, тобто зміна хімічного складу целюлози не відбувається. Однак в області валентних коливань 3000-3700 cm^{-1} ($\text{OH}+\text{NH}$)-груп спостерігається перерозподіл інтенсивності смуг 3335, 3295, 3271 cm^{-1} , що ймовірно пов'язано з обробкою та екстракцією. Такий же перерозподіл інтенсивностей смуг спостерігається в

області 3000-2700 cm^{-1} валентних СН-груп с максимумами 2915, 2857, 2869 cm^{-1} .

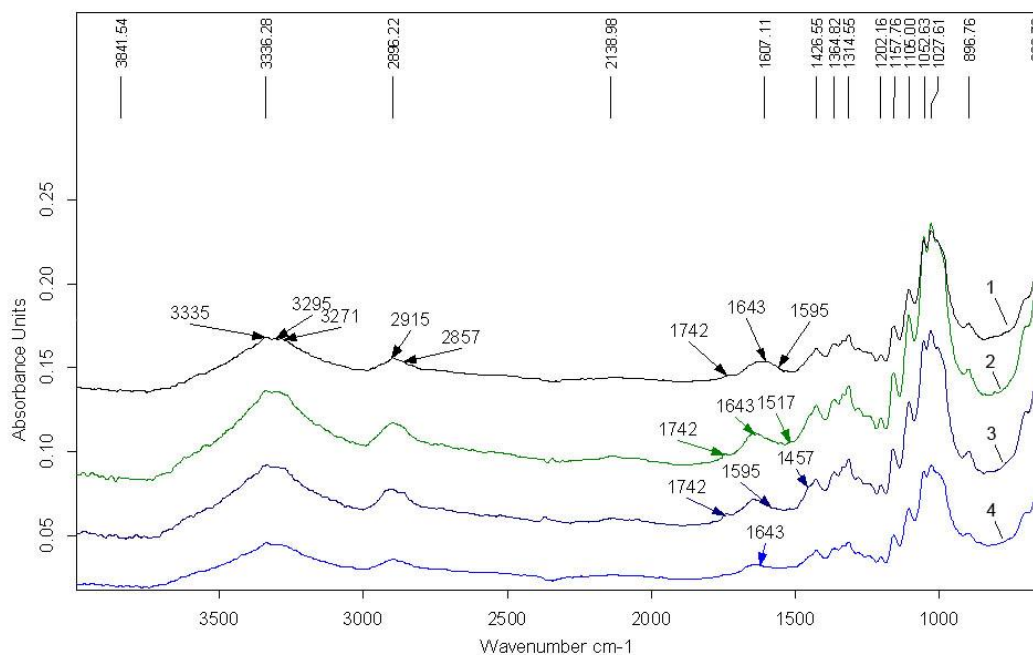


Рис. 4.9. ІЧ-спектри зразків бавовняного трикотажу:
1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія;
3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.

На рис. 4.10-4.12 представлені отримані ІЧ-спектри у вигляді фрагментів областей, де спостерігаються найпомітніші зміни.

На представленому на рис. 4.10 фрагменті ІЧ-спектрів у діапазоні 3700-2700 cm^{-1} виділяють наступні, характерні для целюлози, смуги частот:

- 3700-3100 cm^{-1} – валентні коливання ОН-груп, які обумовлюють виникнення водневих зв'язків, що формують рівень внутрішньо- та міжмолекулярної впорядкованості;

- 3000-2800 cm^{-1} – валентні коливання зв'язків у метиленових СН та метинових CH_2 групах целюлози.

Представлені ІЧ-спектри зразків бавовняного трикотажу після підготовки за досліджуваними способами характеризуються наступними змінами.

Згідно з літературними даними [110, 111], в структурі целюлози І можлива реалізація трьох типів водневих зв'язків: два типи внутрішньомолекулярних ($-\text{O}^2-\text{H}\cdots\text{O}^6$, $-\text{O}^3-\text{H}\cdots\text{O}^5$) і один міжмолекулярний $-\text{O}^6-\text{H}\cdots\text{O}^3$. На отриманих ІЧ-спектрах їм відповідають смуги поглинання при 3335, 3295, 3271 cm^{-1} .

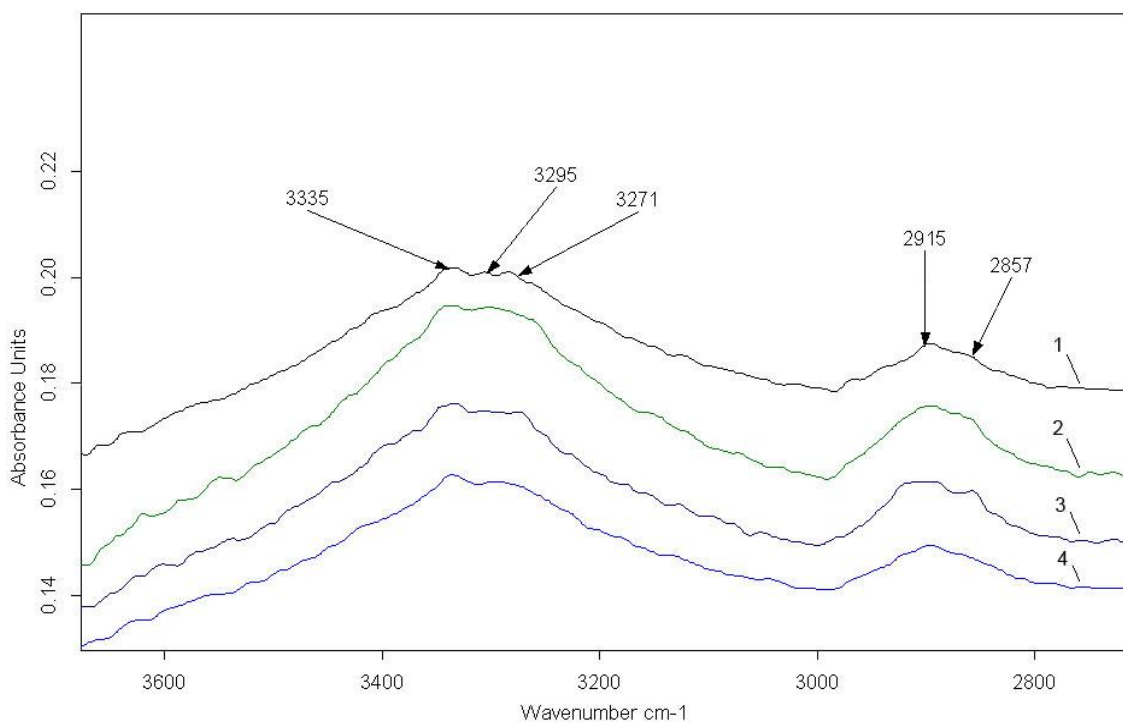


Рис. 4.10. Фрагмент ІЧ-спектрів в області 3700-2700 см⁻¹ для зразків бавовняного трикотажу:

**1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія;
3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.**

Аналіз спектрів (рис. 4.9, 4.10) дозволяє стверджувати, що для зразку 1 суворого трикотажу характерним є прояв усіх трьох типів водневих зв'язків. Після обробки (зразки 2-4) міжмолекулярні водневі зв'язки типу –O^{6'}–H...O^{3''} та внутрішньомолекулярні типу –O^{3'}–H...O⁵ послаблюються, про що свідчить зменшення інтенсивності піків на кривих при 3271 та 3295 см⁻¹ відповідно. Для зразків бавовняного трикотажу 2 та 4, підготовлених за класичною двохстадійною технологією та способом лужного відварювання відповідно, спостерігається зміщення максимуму поглинання, який відповідає внутрішньомолекулярним водневим зв'язкам типу –O²–H...O^{6'} у бік більш низьких частот, що свідчить про послаблення даного виду зв'язку у вказаних зразках трикотажу.

В області валентних коливань зв'язків у метиленових та метинових групах целюлози 3000-2800 см⁻¹ Liang C.Y. і Marchessault R.H. [112] відносять чотири з п'яти C–H валентних коливань при частотах близько 2914, 2897 і 2870 см⁻¹ до асиметричних і близько 2970 см⁻¹ до симетричних. Для досліджуваних зразків характерним є наявність максимуму при 2915 см⁻¹. Максимум при 2857 см⁻¹ з'являється у зразка 3, підготовленого за

розробленою суміщеною технологією, що вказує на зростання кількості цього типу зв'язку (в бік асиметричних коливань).

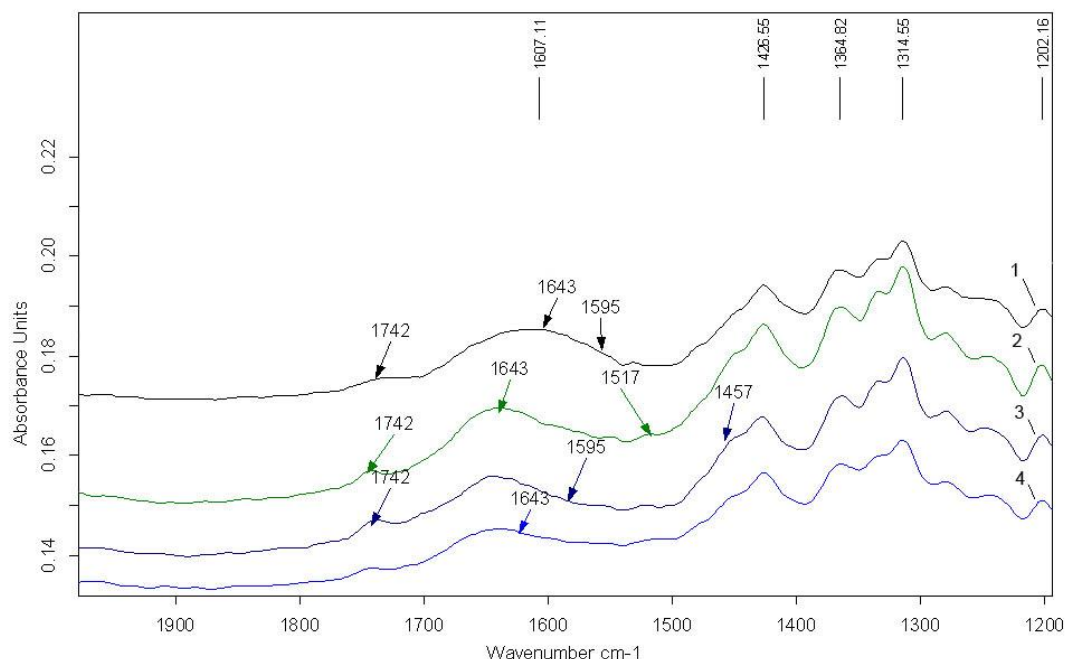


Рис. 4.11. Фрагмент ІЧ-спектрів в області 2000-1200 cm^{-1} для зразків бавовняного трикотажу:

**1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія;
3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.**

В досліджуваній області 2000-1200 cm^{-1} (рис. 4.11) у зразків 2 і 3, що були підготовані за класичною двохстадійною технологією та за розробленою суміщеною технологією відповідно, спостерігається смуга з максимумом 1742 cm^{-1} . У суворого зразка 1 та після лужного відварювання (зразок 4) вказана смуга є слабо вираженою. Смуга 1742 cm^{-1} відповідає за валентні коливання складноєфірної групи $\text{C}=\text{O}$, яка є характерною для геміцелюлоз – гомо- і гетерополісахаридів з молекулярною масою 10000-40000. Вони можуть з'являтися у результаті окислення супутніх речовин бавовни при підготовці бавовняного трикотажу з використанням гідроген пероксиду (зразки 2 і 3).

Для суворого зразка 1 спостерігається інтенсивна смуга з максимумом близько 1600 cm^{-1} , яка належить до деформаційних коливань ОН груп води. Підготовка зразків бавовняного трикотажу (криві 2-3) сприяє зміщенню цього максимум в бік високих частот до 1643 cm^{-1} . Причиною цього є збільшення вмісту кристалізаційної води у зразках після підготовки внаслідок видалення гідрофобних домішок та підвищення гідрофільності

волокон бавовни [113]. Отримані дані корелюють з результатами визначення вмісту восків у підготованих зразках трикотажного полотна, їх капілярності та сорбційної сприйнятливості по відношенню до барвників.

Було встановлено, що область частот $1400\text{--}1500\text{ см}^{-1}$ в ІЧ-спектрах вуглеводів чутлива до зміни конформацій оксиметильної групи [110, 111]. Оскільки для всіх зразків целюлози спостерігається зміна максимумів смуг поглинання в даній області, то можна припустити, що в структурі досліджуваних зразків реалізуються різні конформаційні стани групи $\text{--CH}_2\text{OH}$. А відмінність у внесках смуг при 1457 см^{-1} в загальну спектральну інтенсивність пояснюється їх різним співвідношенням в структурі розглянутих вуглеводів [111, 114].

Крім того, спостерігається зміни деформаційних коливань --NH груп з максимумами $1595, 1517\text{ см}^{-1}$.

Смуга 1375 см^{-1} характеризує деформаційні коливання C--H зв'язку і вона як правило має однакову інтенсивність для зразків целюлози I і II [107].

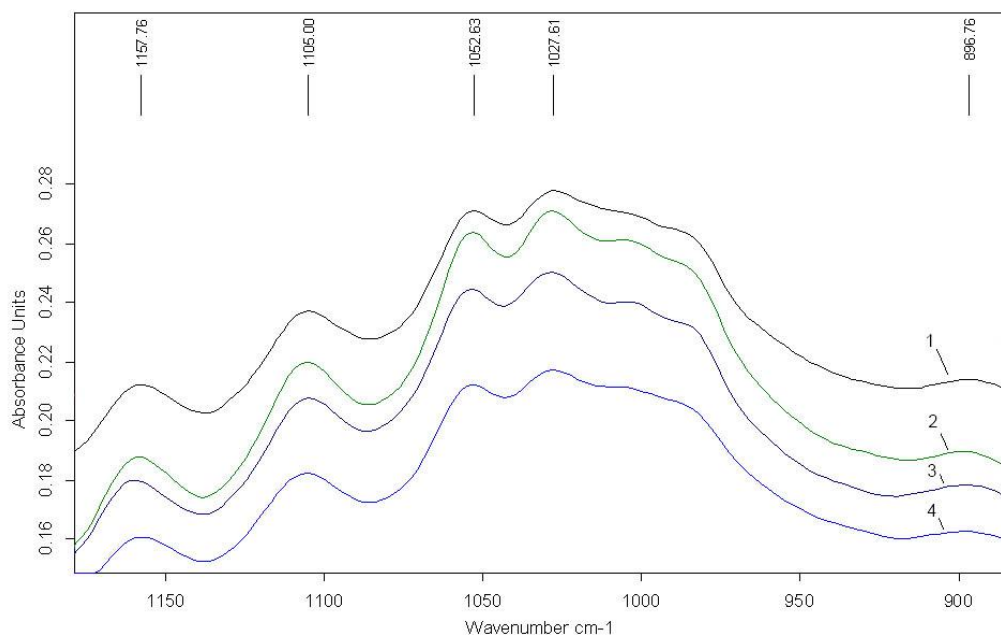


Рис. 4.12. Фрагмент ІЧ-спектрів в області $1200\text{--}900\text{ см}^{-1}$ для зразків бавовняного трикотажу:

1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія;

3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.

В області частот $1200\text{--}900\text{ см}^{-1}$ (рисю 4.12) виявляються валентні коливання C--O , C--C , кільцевих структур, зовнішні деформаційні коливання груп CH_2 , CON , CCO , CCN . Область $1200\text{--}900\text{ см}^{-1}$ (рис. 4) ІЧ-

спектрів досліджуваних зразків бавовняного волокна залишається без змін, отже можна стверджувати, що після обробки хімічна будова целюлози не змінюється.

ІЧ-спектри бавовни крім реєстрації наявності тих або інших функціональних груп дають змогу оцінити однорідність досліджуваних зразків за хімічною будовою та кристалічність целюлози.

Область валентних коливань ОН-груп $3700-3100\text{ см}^{-1}$ не використовують для кількісного визначення змін у зразках через накладення потужного поглинання адсорбованої зразками води. Однак форма вказаної смуги дає змогу оцінити хімічну однорідність досліджуваних зразків [107].

На рис. 4.13 представлена діаграма, що характеризує показники індексу симетричності $S1/S2$ досліджуваних зразків бавовняного трикотажу, розрахований на основі смуг поглинання ОН-груп. Визначання даного показника для досліджуваних зразків бавовняного трикотажу дає змогу охарактеризувати їх хімічну однорідність після підготовки. Індекс симетричності $S1/S2$ оцінюють по відношенню лівої і правої частин ширини смуги поглинання ОН-груп, виміряних від середини перпендикуляра, проведеного через максимум смуги поглинання ОН-груп до базисної лінії. Базисну лінію для ІЧ-спектрів досліджуваних зразків проводять за поглинанням «фону». Для області $3800-2800\text{ см}^{-1}$ базисну лінію проводять через мінімуми 3800 і 2700 см^{-1} [107].



Рис. 4.13. Вплив технології підготовки на індекс симетрії $S1_{3800}/S2_{2800}$ смуги ОН-груп досліджуваних зразків трикотажного полотна.

За результатами, наведеними на рис. 4.13, можна зробити висновок, що зразки бавовняного трикотажу відрізняються за показником індекс симетрії $S1_{3800}/S2_{2800}$ в залежності від способу підготовки. Чим вищий

показник індекс симетрії S_{13800}/S_{2800} , тим однорідніші водневі зв'язки. Таким чином, можна стверджувати, що суворий та підготовлений за розробленою суміщеною технологією зразки бавовняного трикотажу мають більш однорідний розподіл внутрішньо- і міжмолекулярних водневих зв'язків. Зразки, підготовлені за класичною двохстадійною технологією та способом лужного відварювання характеризуються послабленням внутрішньомолекулярних водневих зв'язків як було визначено при аналізі ІЧ-спектрів.

Смуга біля 1430 см^{-1} в спектрі целюлози І відповідає симетричним коливанням метиленової групи. Цю смугу називають смугою кристалічності (критерій О'Коннор), так як посиленні аморфності субстрату відбувається її ослаблення. Смуга 900 см^{-1} в спектрі вихідної целюлози характеризує асиметричне коливання кільця в протифазі [115] і коливання атома C^1 і чотирьох навколишніх його атомів в спектрах β -глікозидних структур. При механічній і хімічній модифікації целюлози відбувається посилення цієї лінії, тому її називають смугою аморфності, а відношення оптичної щільності D_{1430}/D_{900} – індексом кристалічності за О'Коннор [116].

Для визначення кристалічності целюлози в роботі [117] запропоновано використовувати відношення оптичної щільності смуг 1375 см^{-1} і 1430 см^{-1} до 2900 см^{-1} . Смуга 1375 см^{-1} характеризує деформаційні коливання $\text{C}-\text{H}$ -зв'язків і її використовують для здійснення контролю кількості целюлози І, перейшла в целюлозу ІІ [107]. Крім цього, цікаво було б оцінити кристалічність целюлози при довжині хвилі 1650 см^{-1} , яка відповідає за кількість зв'язаної води у зразках бавовни. Смуга поглинання 2900 см^{-1} характеризує валентні коливання $\text{C}-\text{H}$ зв'язків в метиленових і метинових групах целюлози. Оскільки інтенсивність цієї смуги практично постійна і використовується для калібрування [117].

Рабек Я. [118] пропонує визначати кристалічність за відношенням поглинання при певних частотах аморфного і кристалічного піку. Даний метод є прямим і не вимагає додаткових розрахунків по визначення оптичної щільності, тому для визначення кількісних характеристик целюлози (табл. 4.3) у роботі використані значення поглинання при відповідній довжині хвилі.

Таблиця 4.3

Кількісна характеристика целюлози бавовняного трикотажу за ІЧ-спектрами

Технологія підготовки	A_{1430}/A_{900} кристалічність целюлози	A_{1375}/A_{2900} вміст нативної целюлози	A_{1650}/A_{2900} вміст кристалічної води
Суворий трикотаж	0,27	0,64	0,13
Лужне відварювання	0,32	0,65	0,14
Класична двохстадійна технологія	0,30	0,67	0,18
Розроблена суміщена технологія	0,32	0,67	0,22

Таким чином, у табл. 4.3 наведені результати розрахунку характеристик целюлози бавовняного волокна в залежності від способу підготовки. Отримані відносні показники характеризують відповідно: A_{1430}/A_{900} – кристалічність целюлози зразків бавовняного волокна, A_{1375}/A_{2900} – вміст нативної целюлози, A_{1650}/A_{2900} – вміст кристалічної води.

Дані табл. 1 свідчать про те, що кристалічність целюлози після підготовки трикотажу зменшується, про свідчить зростання показника A_{1430}/A_{900} , у порівнянні з суворим трикотажем. Отримані результати корелюють з результатами визначення ступеня видалення восків та капілярності обробленого трикотажного полотна. Зменшення кристалічності та, відповідно, підвищення аморфної долі целюлози в позитивно впливатиме на сорбційну здатність трикотажу по відношенню до барвників та забезпечить формування на текстильному матеріалі забарвлень високої якості. Найменша доля кристалітів спостерігається для зразків, що був підготовлений за розробленою суміщеною технологією та способом лужного відварювання.

Показник A_{1375}/A_{2900} показує, що вміст нативної целюлози після підготовки зростає, найбільше для зразків, що були підготовані за класичною двохстадійною та розробленою суміщеною технологіями. Вказаний показник зростає за рахунок видалення природних супутніх речовин та технологічних забруднень з бавовняного трикотажу. Класична двохстадійна та розроблена суміщена технології включають в себе обробку

гідроген пероксидом, що забезпечує видалення барвних речовин, тому вміст нативної целюлози для цих зразків вищий, ніж для зразка підготованого способом лужного відварювання.

Співвідношення A_{1650}/A_{2900} характеризує вміст кристалічної води. Представлені дані повністю співпадають з результатами, отриманими при дослідження ступеня видалення восків та капілярності обробленого трикотажного полотна. Найбільшим зростанням вміст кристалічної води, а значить найвищою гідрофільністю характеризується доля кристалітів спостерігається для зразка, що був підготовлений за розробленою суміщеною технологією. Найменше значення вказаного показника спостерігається для суворого зразка бавовняного трикотажу, що містить у собі природні та технологічні домішки, що заважають сорбції води та водних розчинів.

Аналізуючи отримані результати можна стверджувати, що оскільки досліджуваних ІЧ-спектрах зразків текстильних матеріалів після підготовки нових смуг поглинання не виявлено, можна стверджувати про збереження хімічної структури целюлози після підготовки за розробленим способом.

Розраховані за отриманими ІЧ-спектрами характеристики целюлози бавовняного волокна, а саме її кристалічність, вміст нативної целюлози та вміст кристалічної води показують, що використання суміщеної технології підготовки сприяє зменшенню кристалічності целюлози, збільшенню вмісту нативної целюлози за рахунок видалення восків та замаслювачів, та найбільшим зростанням вмісту кристалічної води, а отже найвищою гідрофільністю.

4.4 Дослідження впливу технології підготовки на поверхневу та кристалічну структуру зразків бавовняного трикотажу.

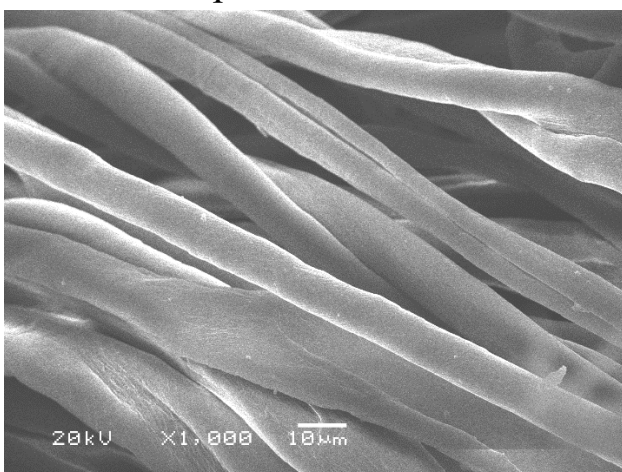
Раніше проведеними дослідженнями [119] встановлено, що бавовняний трикотаж, підготовлений за розробленою суміщеною технологією [99, 100] підготовки бавовняного трикотажного полотна характеризується максимальним видаленням воскоподібних і фарбувальних речовин з текстильного матеріалу, і як наслідок, підвищенню капілярності і білизни. Цьому сприяє застосування розробленої вискоефективної композиції ПАР, яка дозволяє поєднати операції відварювання і

вибілювання і проводити процес підготовки при зниженій температурі 80°C. В результаті підготовки за розробленою технологією трикотажне полотно набуває високих сорбційних властивостей по відношенню до активних барвників, а отримані забарвлення характеризуються високою стійкістю до дії світла.

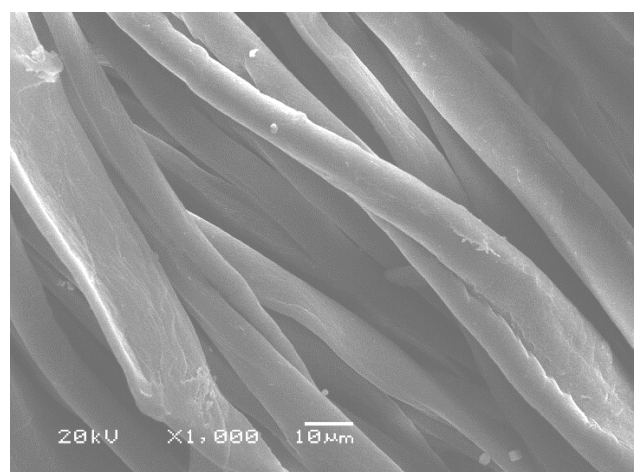
Причиною підвищення сорбційної здатності бавовняного волокна по відношенню до барвників може бути зміна молекулярної та надмолекулярної структури. У результаті впливу на молекулярну структуру бавовняного волокна відбувається пошкодження целюлози, зниження ступеня її полімеризації, що відображається на міцності текстильного матеріалу. Зміна надмолекулярної будови целюлози бавовняного волокна не впливає на його міцність [119]. Так, наприклад, зміна надмолекулярної структури целюлози під час мерсеризації не призводить до зниження ступеня полімеризації целюлози, однак збільшує її сорбційну сприйнятливність [120, 122].

Бавовняний трикотаж після підготовки за розробленою технологією не втрачає міцність, а сорбція активних барвників при цьому збільшується [1233].

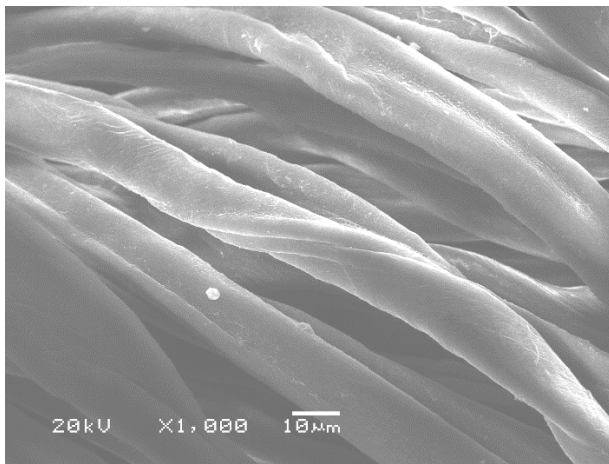
Про збереження структури трикотажного полотна свідчать представлені мікрознімки поверхні бавовняного волокна, отримані за допомогою електронного растрового мікроскопу JSM 6060 LA («Jeol», Japan) після попереднього напилення тонкого шару золота катодним методом на приладі JFC-1600.



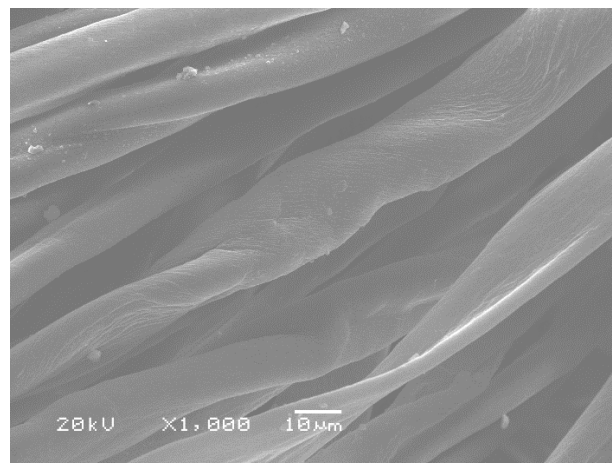
а



б



В



Г

**Рис. 4.14. Мікроснімки зразків бавовняних волокон:
1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія;
3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.**

Результати дослідження поверхні волокон показали, що поверхня бавовняних волокон після підготовки досліджуваними способами (рис. 4.14б, в, г) не зазнає змін в порівнянні з поверхнею вихідного суворого волокна (рис. 4.14а).

Таким чином, необхідно дослідити надмолекулярну структуру бавовняного трикотажу, підготовленого за розробленою технологією. Рентгенографічне дослідження є одним із способів дослідження надмолекулярної структури текстильних матеріалів [120].

Аморфно-кристалічну структуру зразків бавовняного трикотажного полотна досліджували методом ширококутової дифракції рентгенівських променів із використанням дифрактометра ДРОН-4-07. Рентгенооптична схема вказаного дифрактометра виконана на проходження первинного пучка рентгенівських променів крізь товщину досліджуваного зразка за методом Дебая-Шерера. Дослідження проводили в $\text{CuK}\alpha$ -рентгенівському випромінюванні (довжина хвилі $\lambda=0,154$ нм), монохроматизованому Ni -фільтром.

Отримані дифрактограми зразків бавовняного трикотажу, підготовленого за досліджуваними технологіями, наведені на рис. 4.15.

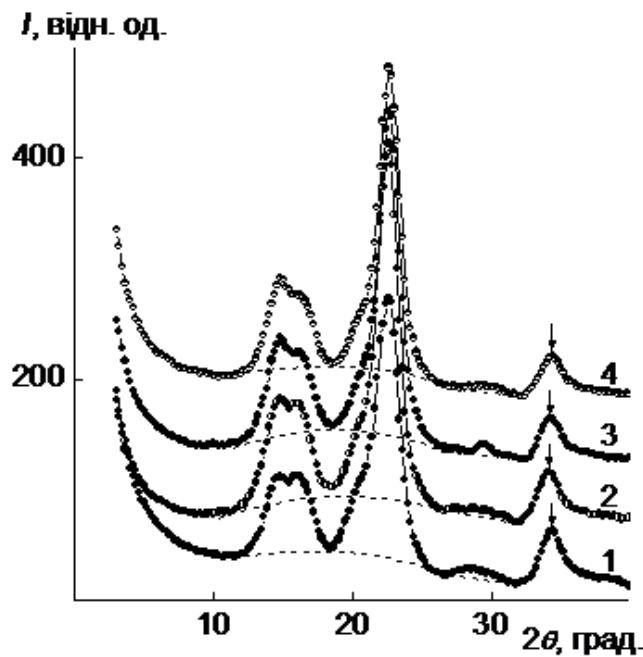


Рис. 4.15. Ширококутові рентгенівські дифрактограми зразків бавовняного трикотажного полотна:

**1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія;
3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.**

При проведенні аналізу рентгенівських дифрактограм трикотажного полотна (рис. 4.15), виявлено, що всі зразки мають аморфно-кристалічну структуру із високим рівнем кристалічності більше 75%. Про це свідчать наявність основних трьох груп дифракційних максимумів на фоні уявного дифракційного максимуму дифузного типу – аморфного гало, із кутовим положенням їх вершин від $2\theta_m=18,5^\circ$ до $2\theta_m=20^\circ$, що показані пунктиром. Це дублетний максимум із вершинами при $2\theta_m=14,8^\circ$ і $16,0^\circ$, асиметричний мультиплетний максимум з вершиною при $2\theta_m=22,6^\circ$ і малоінтенсивний синглетний максимум, кутове положення вершини якого залежить від способу підготовки зразків і знаходиться в інтервалі кутів розсіяння рентгенівських променів $2\theta_m=34,2\dots34,4^\circ$ (на рис. показано стрілкою).

Слід зазначити, що незначна зміна кутового положення малоінтенсивного синглетного максимуму, показаного стрілкою, при $2\theta_m=34,2\dots34,4^\circ$ спостерігається незалежно від способу підготовки для досліджуваних зразків у порівнянні з суворим.

Найбільш помітні зміни у дифрактограмах зразків бавовняного трикотажу відбувається для зразків трикотажу, підготовленими за розробленою суміщеною технологією (крива 3) та способом лужного

відварювання (крива 4). При цьому спостерігається зміна співвідношення інтенсивності складових дуплетного максимуму $2\theta_m=14,8^\circ$ і $16,0^\circ$, зміна форми і інтенсивності дифузного максимуму, який знаходиться на дифрактограмах в інтервалі 2θ від $26,6^\circ$ до $31,8^\circ$. Крім того, на дифракційній кривій 3 зразка трикотажу, підготовленого за розробленою суміщеною технологією, з'являється дифракційний максимум дискретного типу при $2\theta_m=29,4^\circ$. Це призводить до збільшення площі аморфного гало та свідчить про зростання аморфної долі целюлози у вказаному зразку. Вказаний факт пояснює підвищення сорбційної сприйнятливості зразка бавовняного трикотажу, який був підготовлений за розробленою технологією.

Оцінку величини розміру кристалітів проводили за методом Шеррера [124, 125] шляхом визначення величини L в напрямку кутового положення синглетних максимумів з наступним отриманням середнього значення $\langle L \rangle$. Спочатку визначали кутову напівширину $(1/2\beta) \times 2$ лівої і правої частин дифракційних максимумів при $2\theta_m=14,8^\circ$ і $2\theta_m=22,6^\circ$ відповідно з наступним отриманням середнього значення.

$$L = K\lambda(\beta \cos \theta_m)^{-1}, \quad (4.4)$$

де K – постійна, яка пов'язана із формою кристалітів (при невідомій формі кристалітів $K=0,89$);

β – кутова напівширина (ширина на половині висоти) найбільш чітких синглетних дифракційних максимумів.

Оцінку відносного рівня кристалічності структури $X_{кр}$ зразків бавовняного трикотажного полотна проводили за методом, наведеним у роботі [126]:

$$X_{кр} = Q_{кр}(Q_{кр}+Q_{ам})^{-1} \times 100, \quad (4.5)$$

де $Q_{кр}$ – площа дифракційних максимумів, які характеризують кристалічну структуру;

$(Q_{кр}+Q_{ам})$ – площа всієї рентгенівської дифрактограми в інтервалі 2θ , в якому має прояв аморфно-кристалічна структура зразків.

Далі було розраховано розміри кристалітів $\langle L \rangle$ в досліджуваних зразках. Для цього спочатку визначали кутову напівширину $(1/2\beta) \times 2$ лівої і правої частин дифракційних максимумів при $2\theta_m=14,8^\circ$ і $2\theta_m=22,6^\circ$ з наступним отриманням середнього значення. Результати розрахунків наведені у табл. 4.4.

Таблиця 4.4

Параметри аморфно-кристалічної структури зразків трикотажу

Зразки	Розмір кристалітів при $2\theta_m=14,8^\circ$, $L_{14,8^\circ}$, нм	Розмір кристалітів при $2\theta_m=22,6^\circ$, $L_{26,6^\circ}$, нм	Середній розмір кристалітів, $\langle L \rangle$, нм
Суворий трикотаж	4,8	6,1	5,4
Класична двохстадійна технологія	4,8	5,8	5,3
Розроблена суміщена технологія	4,6	5,7	5,1
Лужне відварювання	4,5	5,6	5,1

Результати визначення розміру кристалітів $\langle L \rangle$ в об'ємі досліджуваних зразків бавовняного трикотажного полотна, та значень $L_{14,8^\circ}$, $L_{26,6^\circ}$ свідчать про те, що більші і можливо дефектні кристаліти мають суворий трикотаж і підготовлений за класичною двохстадійною технологією. Для зразків бавовняного трикотажу, підготовлені за розробленою технологією та способом лужного відварювання характерним є наявність упорядкованих кристалітів меншого розміру.

На рис. 4.16 наведені результати розрахунку відносного рівня кристалічності структури $X_{кр}$ досліджуваних зразках бавовняного трикотажу.

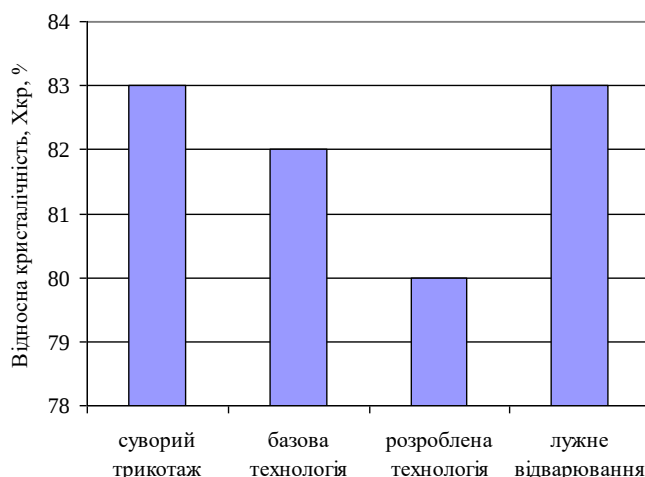


Рис. 4.16. Відносний рівень кристалічності зразків бавовняного трикотажного полотна: 1 – суворий трикотаж; 2 – класична двохстадійна технологія; 3 – розроблена суміщена технологія; 4 – лужне відварювання.

Оцінку відносного рівня кристалічності структури зразків бавовняного трикотажного полотна проводили в інтервалі 2θ від $11,6^\circ$ до $40,0^\circ$, в якому проявляється аморфно-кристалічна структура досліджуваних зразків. Як показала оцінка величина відносного рівня кристалічності $X_{кр}$ досліджуваних зразків незалежно від способу їх підготовки становить близько 80% (табл. 4.4). Найменший рівень кристалічності $X_{кр}$ 80% має зразок підготовлений за розробленою одностадійною технологією, а найбільший 83% – суворий трикотаж.

Таким чином, проведені рентгенографічні дослідження аморфно-кристалічної структури зразків бавовняного трикотажного полотна показали, що вони мають висококристалічну структуру, яка змінюється залежно від способу підготовки зразків.

При цьому для кривих 3 і 4 (розроблена одностадійна технологія та лужне відварювання, відповідно) спостерігається співвідношення інтенсивностей складових дуплетного максимуму та кутове положення малоінтенсивного синглетного максимуму, що показано стрілкою. Крім цього відбувається зміна форми і інтенсивності дифузного максимуму, який на дифрактограмах знаходиться в інтервалі 2θ від $26,6^\circ$ до $31,8^\circ$, а також поява на його фоні дифракційного максимуму дискретного типу при $2\theta_m=29,4^\circ$ для зразка 3, підготовленого за розробленою технологією.

Таким чином, методом мікроскопії встановлено, що підготовка за досліджуваними способами не пошкоджує поверхню бавовняного волокна. На дифрактограмах зразків трикотажного полотна після підготовки спостерігається незначне зростання інтенсивності і інтегральної величини розсіювання волокнами. Підготовка трикотажу за розробленим режимом викликає зміну характеру дифракційної кривої та збільшення площі аморфного гало, що свідчить про зростання аморфної долі целюлози у вказаному зразку.

Кількісний аналіз показав, що параметри дифракції волокнами трикотажу, підготовленого за розробленою технологією та способом лужного відварювання характеризуються наявністю упорядкованих кристалітів меншого розміру. Відносний рівень кристалічності при цьому є найменшим серед досліджуваних способів підготовки в порівнянні з суворим зразком трикотажного полотна.

4.5. Дослідження впливу технології підготовки на якість забарвлень бавовняного трикотажного полотна активними барвниками.

Колірні характеристики забарвлень, такі як колірний тоном Н, світлота L і насиченість С є важливим показниками якості фарбування і мають важливе естетичне значення та технологічне значення.

Колірні характеристики забарвлень отриманих забарвлень бавовняного трикотажу були отримані за допомогою спектрофотометра TCR-200. У табл. 4.5 наведені результати визначення колірних характеристик забарвлень трикотажного полотна, підготовленого за досліджуваними технологіями. Порівняння велось зі зразком, підготовленим за класичною двохстадійною технологією.

Таблиця 4.5

Вплив технології підготовки на колірні характеристики забарвлень трикотажного полотна

Спосіб обробки	Світлота, L*	Координати кольору		Насиченість, С	Колірний тон, Н
		a*	b*		
1	2	3	4	5	6
Bezaktiv Cosmos Rot S-C					
Класична двохстадійна технологія	27,79	63,76	4,25	63,90	3,81
Лужне відварювання	27,90 темніше	62,83 менш червоне, більш зелене	4,11 менш жовте, більш синє	62,97 менш насичене, тупіше	3,74
Розроблена суміщена технологія	27,61 світліше	63,84 більш червоне, менш зелене	4,44 більш жовте, менш синє	64,29 більш насичене, чистіше	4,02
Bezaktiv Cosmos Blue S-C					
Класична двохстадійна технологія	42,44	-7,60	-19,57	20,99	248,79
Лужне відварювання	42,67 темніше	-7,48 більш червоне, менш зелене	-19,40 більш жовте, менш синє	20,24 менш насичене, тупіше	248,33
Розроблена суміщена технологія	41,19 світліше	-7,28 більш червоне, менш зелене	-19,81 менш жовте, більш синє	21,72 більш насичене, чистіше	249,43

Продовження табл. 4.5

1	2	3	4	5	6
Bezaktiv Cosmos Gold S-C					
Класична двохстадійна технологія	68,91	6,63	67,12	67,44	84,36
Лужне відварювання	69,50 темніше	7,47 більш червоне, менш зелене	64,91 менш жовте, більш синє	65,34 менш насичене, тупіше	83,44
Розроблена суміщена технологія	68,52 світліше	7,30 більш червоне, менш зелене	70,16 більш жовте, менш синє	70,54 більш насичене, чистіше	84,07

Встановлено, що одностадійна суміщена технологія підготовки трикотажу забезпечує отримання яскравих чистих забарвлень на відміну від лужного відварювання. Отримана різниця колірних характеристик пояснюються тим, що під час лужного відварювання не видаляються барвні речовини бавовни і текстильний матеріал у результаті підготовки не отримує високого ступеня білизни.

У табл. 4.6 наведені результати визначення якості забарвлень отриманих зразків трикотажу, що були підготовлені за технологіями лужного відварювання, класичною двохстадійною та розробленою суміщено технологіями підготовки.

Для пофарбованих зразків було визначено коефіцієнти відбиття за допомогою спектрофотометра Spekol-11, величина яких свідчить про інтенсивність забарвлення.

Стійкість отриманих забарвлень була перевірена до наступних фізико-хімічних дій: прання, сухого та мокрого тертя за методиками, що регламентуються у відповідних ДСТУ [127, 128].

Результати, представлені у табл. 4.6. показують, що інтенсивність отриманих забарвлень та їх стійкість на зразках, підготовлених за запропонованою технологією, висока та відповідає, а іноді навіть перевищує інтенсивності та стійкість забарвлень, отриманих при фарбуванні зразка, підготовленого за базовим режимом та способом лужного відварювання.

Таблиця 4.6

**Вплив технології підготовки на показники якості забарвлень
трикотажного полотна**

Технологія підготовки	Коефіцієнт відбиття, %	Стійкість забарвлення, бали		
		прання №3	сухе тертя	мокре тертя
Bezaktiv Cosmos Rot S-C				
Розроблена суміщена технологія	2	5/4/4	5	4
Класична двохстадійна технологія	2	5/4/4	5	4
Лужне відварювання	1,6	5/5/4	5	5
Bezaktiv Cosmos Blue S-C				
Розроблена суміщена технологія	2	4/4/4	4	4
Класична двохстадійна технологія	2	4/4/4	5	4
Лужне відварювання	1,8	5/4/4	5	4
Bezaktiv Cosmos Gold S-C				
Розроблена суміщена технологія	2	4/4/4	4	4
Класична двохстадійна технологія	2	4/4/4	5	4
Лужне відварювання	1,6	5/4/4	5	4

Далі було досліджено вплив технології підготовки на кінетику фтодеградації отриманих забарвлень та визначена їх світлостійкість.

Світлостійкість зразків оцінювали за стандартом BS 1006 UK/TN після інсоляції на приладі з ртутно-вольфрамовою лампою RF 1201 BS («REFOND») та визначення колірних відмінностей на колориметрі PCE-TCR 200.

Отримані кінетичні криві процесу фотодеградації забарвлень на бавовняному трикотажі в залежності від способу підготовки представлені на рис. 4.17.

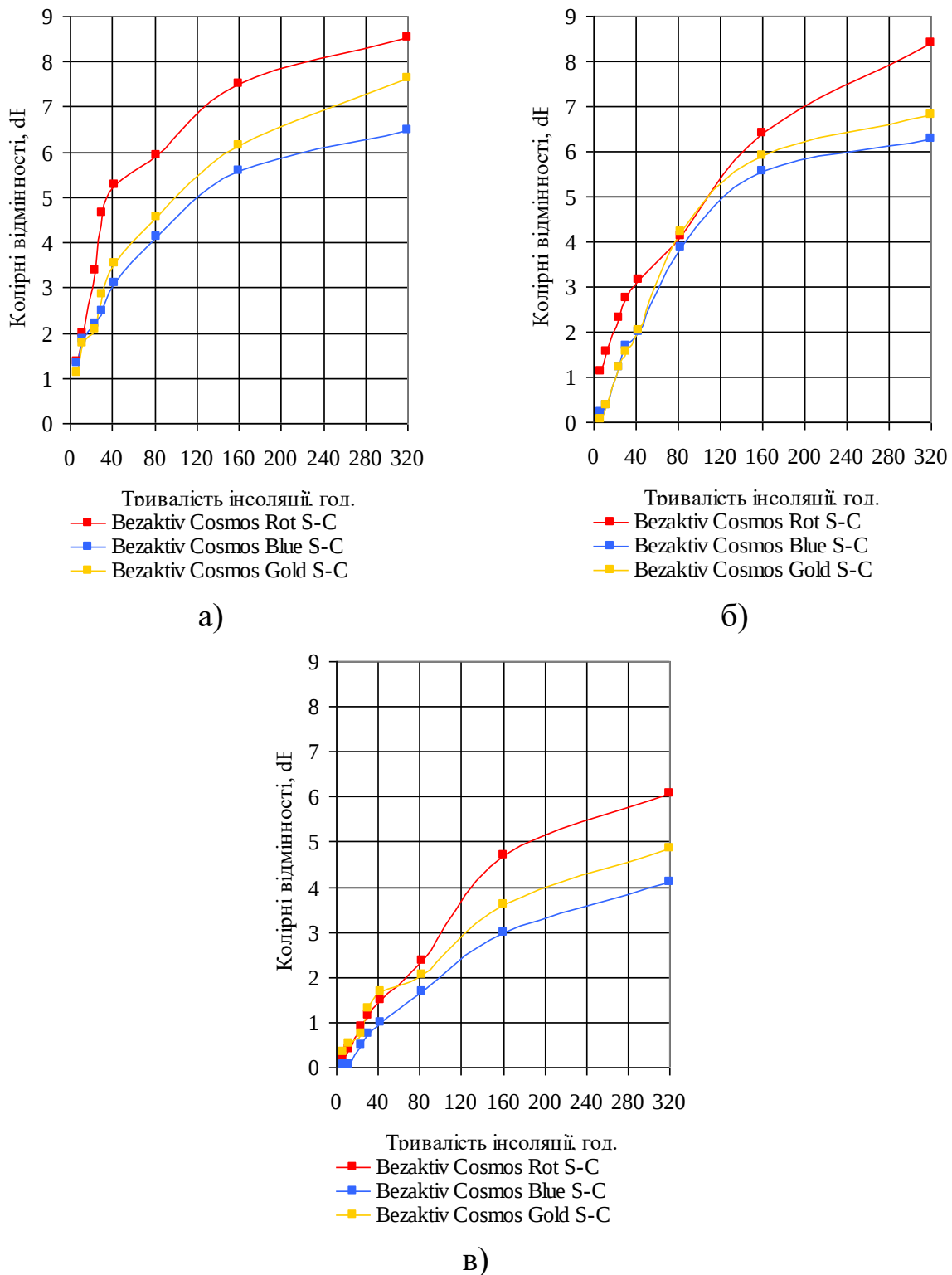


Рис. 4.17. Вплив технології підготовки на кінетику фотодеградації забарвлень:

- а) лужне відварювання; б) класична двохстадійна технологія;
в) розроблена суміщена технологія.**

Отримані дані свідчать про підвищення світлостійкості забарвлень, отриманих при фарбуванні трикотажу, підготовленого за розробленим режимом. Слід зазначити, що світлостійкість при цьому підвищилась на 1 бал. Для забарвлення Bezaktiv Cosmos Gold S-C світлостійкість найнижча, що пов'язано зі спектральною характеристикою жовтого кольору.

Таким чином, встановлено, що розроблена високоефективна технологія підготовки бавовняного трикотажного полотна із застосуванням композиції ПАР сприяє підвищенню світлостійкості отриманих в подальшому забарвлень активними барвниками.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4

1. Визначення капілярності, вмісту воскоподібних речовин та білизни бавовняного трикотажу, підготовленого за різними технологіями показує, що розроблена одностадійна технологія підготовки бавовняного трикотажного полотна за рахунок використання високоефективної композиції ПАР дозволяє поєднати операції відварювання і відбілювання та проводити процес при зниженій температурі 85°C. В результаті отримують текстильний матеріал з високими показниками ступеня видалення воскоподібних речовин, капілярності, білизни і незначним зниженням міцності. Крім того, дана технологія підготовки за рахунок застосування низьких температур та суміщення двох процесів є енерго- та ресурсозберігаючою, більш економічною і екологічною.

2. У результаті проведених досліджень встановлено, що технологія підготовки впливає на кінетику сорбції та ступінь фіксації активних барвників бавовняним трикотажним полотном. Визначено, що відварка або біління бавовняного трикотажу індивідуально забезпечує низьку сорбцію активних барвників і, як наслідок, знижені показники їх ступеня фіксації 58,3-73,0%. Високі показники сорбції та фіксації досліджуваних активних барвників спостерігаються для бавовняного трикотажного полотна, обробленого за базовим та розробленим режимами.

3. Аналіз отриманих ІЧ-спектрів досліджуваних зразків бавовняного трикотажу дозволяє стверджувати про збереження хімічної структури целюлози після підготовки за розробленою суміщеною технологією, оскільки в спектрах не виявлено нових смуг поглинання.

Розраховані за отриманими ІЧ-спектрами характеристики целюлози бавовняного волокна, а саме її кристалічність, вміст нативної целюлози та вміст кристалічної води показують, що використання суміщеної технології підготовки сприяє зменшенню кристалічності целюлози, збільшенню вмісту нативної целюлози за рахунок видалення восків та замаслювачів, та найбільшим зростанням вмісту кристалічної води, а отже найвищою гідрофільністю.

4. Методом мікроскопії встановлено, що підготовка за досліджуваними способами не пошкоджує поверхню бавовняного волокна.

Дифрактограми зразків трикотажного полотна після підготовки показують незначне зростання інтенсивності і інтегральної величини розсіювання волокнами. Підготовка трикотажу за розробленим режимом викликає зміну характеру дифракційної кривої та збільшення площі аморфного гало, що свідчить про зростання аморфної долі целюлози у вказаному зразку.

Кількісний аналіз показав отриманих дифрактограм, що параметри дифракції волокнами трикотажу, підготовленого за розробленою технологією та способом лужного відварювання характеризуються наявністю упорядкованих кристалітів меншого розміру. Відносний рівень кристалічності при цьому є найменшим серед досліджуваних способів підготовки в порівнянні з суворим зразком трикотажного полотна.

5. Встановлено, що отримані за розробленою суміщеною технологією підготовки зразки бавовняного трикотажного полотна характеризуються високими показниками стійкості до фізико-хімічних та механічних впливів, зокрема до дії світла.

РОЗДІЛ 5

ВИРОБНИЧА АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА І РОЗРАХУНОК ЇЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

5.1. Виробнича апробація запропонованої технології підготовки бавовняного трикотажного полотна.

Виробничі випробування розробленої у ході виконання дисертаційної роботи технології відбілювання бавовняного трикотажного полотна були проведені на підприємстві ТОВ «Т-Стиль» (м. Рівне). Підготовка здійснювалась у розчині, склад якого наведено в табл. 5.1 відповідно до режиму, представленого в табл. 5.2 і на схемі рис. 5.1. Для порівняння наведені дані для базового режиму підготовки.

Таблиця 5.1

Склад розчинів для підготовки бавовняного трикотажного полотна

Базовий режим	Запропонований режим
Промивання	Композиція ПАР №1 – 1,5 г/л;
TF-129B (миючий агент) – 2 г/л; Albafluid CD (протизаломлювач) – 0,8 г/л; Сода кальцинована – 1,5 г/л.	Пероксид водню 60%-ий – 1,5 г/л;
Відбілювання	Гідроксид натрію – 1,5 г/л.
Ultravon TC (змочуючий агент) – 1,1 г/л; Albafluid CD (протизаломлювач) – 0,8 г/л; Albaflow FFC-01 (піногасник) – 0,5 г/л; Clarite (стабілізатор пероксиду водню) – 0,4 г/л; Пероксид водню 60%-ий – 1,5 г/л; Гідроксид натрію – 1,5 г/л.	
Нейтралізація	
Invatex AC (нейтралізатор гідроксиду натрію) – 1 г/л; Invazym CAT (нейтралізатор пероксиду водню) – 0,4 г/л.	

В табл. 5.2 наведені режими підготовки бавовняного трикотажного полотна за розробленою та базовою технологіями.

Таблиця 5.2

Режими відбілювання бавовняного трикотажного полотна

№	Операція	Розроблена технологія		Базова технологія	
		Температура обробки, Т, °С	Час обробки, τ, хв.	Температура обробки, Т, °С	Час обробки, τ, хв.
1.	Завантаження полотна	25	10	25	10
2.	Наповнення водою			25	15
3.	Нагрів ванни	—	—	25-80	30
4.	Введення ТДР для промивання	—	—	80	5
5.	Промивання	—	—	80	20
6.	Злив промивного розчину	—	—	80-25	15
7.	Наповнення водою	—	—	25	15
8.	Нагрів ванни	—	—	25-60	20
9.	Промивання у воді	—	—	60	15
10.	Злив води	—	—	60-25	15
11.	Наповнення водою	25	15	25	15
12.	Нагрів ванни	25-85	30	25-98	40
13.	Введення пероксиду водню, гідроксиду натрію і композиції ПАР або ТДР для відбілювання	85	5	98	5
14.	Відбілювання	85	20	98	20
15.	Злив відбільного розчину	25-85	15	25-98	15
16.	Наповнення водою	25	15	25	15
17.	Нагрів ванни	25-60	15	25-60	15
18.	Введення ТДР для нейтралізації	60	5	60	5
19.	Нейтралізація	60	10	60	10
20.	Злив розчину для нейтралізації	60-25	15	60-25	15
21.	Наповнення водою	25	15	25	15
22.	Нагрів ванни	25-60	15	25-60	15
23.	Промивання у воді	60	15	60	15
24.	Злив води	60-25	15	60-25	15
25.	Вивантаження полотна	25	10	25	10
Разом:		-	225	-	385

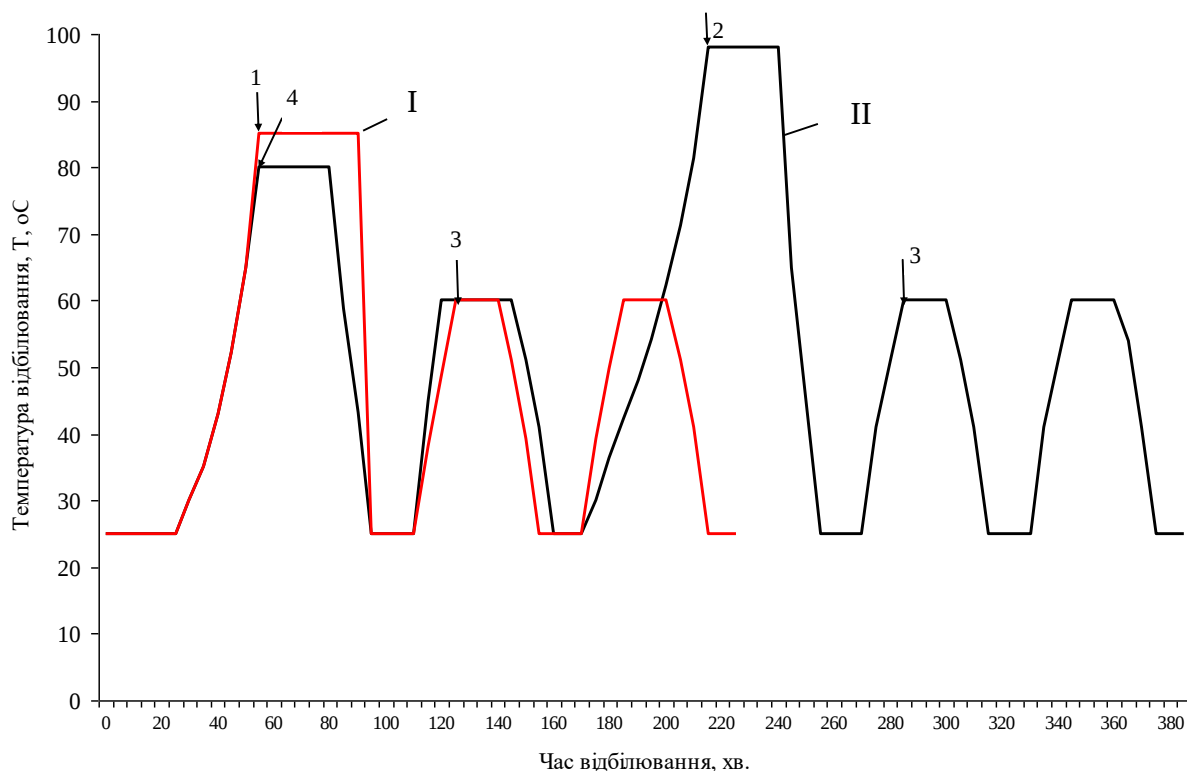


Рис. 5.1. Схеми технологій підготовки бавовняного трикотажного полотна:

- | | |
|---|---|
| I – розроблена; | II – базова; |
| 1 – введення ТДР для промивання; | 3 – введення ТДР для нейтралізації; |
| 2 – введення ТДР для відбілювання; | 4 – введення розчину композиції ПАР. |

Таким чином, згідно з даними, представленим в табл. 5.2 і на рис. 5.1 встановлено, що застосування розробленої високоефективної композиції ПАР дозволяє за рахунок поєднання процесів промивання і відбілювання скоротити тривалість процесу підготовки трикотажного бавовняного полотна у 1,7 рази та знизити температуру його проведення з 98 до 85°C.

Результати визначення показників якості трикотажного полотна, підготовленого під час випробування за розробленою технологією, представлені в табл. 5.3.

Таблиця 5.3

Результати визначення якості бавовняного трикотажного полотна

Вид трикотажу	Капілярність, мм	Білизна, %	Відносне розривне навантаження, P_0 , сН/текс	Ступінь фіксації активного барвника, %
відбілений	180	82	2,7	92
суворий	0	46	3,0	-

Згідно з результатами визначення якості відбіленого трикотажного полотна можна зробити висновок, що запропонована технологія дозволяє отримати трикотаж з високими показниками капілярності, білизни, міцності та ступеня фіксації вовняного волокна та забезпечує економію енерго- та матеріалоресурсів.

5.2. Розрахунок вартості розроблених композицій ПАР.

Наведемо розрахунок вартості композицій ПАР, склади яких були розроблені шляхом математичного планування. У табл. 5.4 показані ціни на складові композицій, станом на 2019 р.

Таблиця 5.4

Вартість індивідуальних ПАР

№	Складові	Ціна за кг, грн.
1.	Ultravon TC	65,35
2.	Albafluid CD	36,72
3.	Albaflow FFC-01	108,00
4.	Оксилав А1214С.50	86,40
5.	Бетапав А.30	72,80
6.	Карбоксилав АФ6.35	84,20

У табл. 5.5. представлений розрахунок розроблених композицій ПАР.

Таблиця 5.5

Розрахунок вартості композицій ПАР

№	Складові	Склад, частки одиниці			Ціна, грн.		
		Композиція			Композиція		
		№1	№2	№3	№1	№2	№3
1.	Ultravon TC	0,26	0,33	0,33	16,99	21,57	21,57
2.	Albafluid CD	0,14	0,09	0,09	5,14	3,30	3,30
3.	Albaflow FFC-01	0,10	0,31	0,31	10,80	33,48	33,48
4.	Оксилав А1214С.50	0,50	—	—	43,20	—	—
5.	Бетапав А.30	—	0,27	—	—	19,66	—
6.	Карбоксилав АФ6.35	—	—	0,27	—	—	22,73
Разом, грн.:		1	1	1	76,13	78,01	81,08

Таким чином, вартість розроблених композицій, що характеризуються високими змочувальними та мийними властивостями, а також є стабілізаторами розкладу пероксиду водню складає від 76,13 до 81,08 грн. за 1 кг готового продукту.

Слід відмітити, що у табл. 5.5 наведений розрахунок собівартості композиції, при цьому не були враховані витрати на її приготування, транспортування тощо.

5.3. Розрахунок економічної ефективності розробленої технології підготовки бавовняного трикотажу.

Розроблена технологія підготовки бавовняного трикотажного полотна відрізняється від типової наступним:

- застосування високоефективної композиції ПАР;
- поєднанням процесів промивання та відбілювання;
- зниженням температури проведення процесу з 98 до 85°C;
- скороченням тривалості підготовки в 1,7 рази (з 385 хв. до 225 хв.).

При розрахунку економічного ефекту враховували такі статті витрат:

1. хімічні матеріали (табл. 5.6);
2. заробітна платня (табл. 5.7);
3. вода та енергоносії для технологічних цілей (табл. 5.8).

Розрахунок проводився в порівнянні з базовою технологією підготовки бавовняного трикотажного полотна.

Наведемо розрахунок витрат при підготовці трикотажу у апараті «Thies» для одного виробничого циклу підготовки з використанням композиції №3 (в цінах на 2017 р). Маса трикотажного полотна $m=200$ кг, модуль ванни $M=4$. Об'єм фарбувального розчину – 800 л.

Таблиця 5.6

Розрахунок витрат на хімічні матеріали

Хімічні матеріали	Витрата на цикл підготовки, кг	Вартість, грн./кг	Вартість на цикл підготовки, грн.
1	2	3	4
Базова технологія			
TF-129B	1,6	44,18	70,69
Albafluid CD	0,64	36,72	23,50
Сода кальцинована	1,2	11,00	13,20
Ultravon TC	0,88	65,35	57,51
Albafluid CD	0,64	36,72	23,50
Albaflow FFC-01	0,4	108,00	43,20
Clarite	0,32	44,55	14,26
Пероксид водню 60%-ий	1,2	12,20	14,64
Гідроксид натрію	1,2	23,00	27,60
Invatex AC	0,8	43,20	34,56
Invazym CAT	0,32	47,79	15,29
Разом, грн.: 337,97			
1	2	3	4
Розроблена технологія			
Композиція ПАР №3	1,2	57	68,4
Пероксид водню 60%-ий	1,2	12,20	14,64
Гідроксид натрію	1,2	23,00	27,60
Invatex AC	0,8	43,20	34,56
Invazym CAT	0,32	47,79	15,29
Разом, грн.: 160,49			

Економічний ефект за статтею «Хімічні матеріали» на цикл підготовки становить: $E_1 = 337,97 - 160,49 = 177,46$ (грн./200 кг).

Таблиця 5.7

Розрахунок витрат на заробітну платню

Показник	Базова технологія	Розроблена технологія
Тарифна ставка робочого, грн.	33,50	
Тривалість одного виробничого циклу, год.	6,42	3,75
Заробітна платня робочого за цикл підготовки, грн.	215,07	125,63
Нарахування на заробітну платню (22%), грн.	47,32	27,64
Разом, грн.	262,39	153,27

Економічний ефект за статтею «Заробітна платня» на цикл підготовки становить: $E_2 = 262,39 - 153,27 = 109,12$ (грн./200 кг).

Таблиця 5.8

Розрахунок витрат на воду та енергоносії

Показник	Базова технологія	Розроблена технологія
Вода		
Вартість, грн./м ³	14,208	
Витрата на цикл підготовки, м ³	4,8	3,2
Вартість на цикл підготовки, грн.	68,20	45,47
Електроенергія		
Вартість, грн./кВт·год.	1,75865	
Витрата на цикл підготовки, кВт·год.	548,80	320,60
Вартість на цикл підготовки, грн.	965,27	563,82
Разом, грн.:	1027,47	609,29

Економічний ефект за статтею «Енергоносії» на цикл підготовки становить: $E_3 = 1027,47 - 609,29 = 418,18$ (грн./200 кг).

У сумі очікуваний економічний ефект від впровадження запропонованої технології підготовки трикотажу може скласти на цикл: $E = E_1 + E_2 + E_3 = 177,46 + 109,12 + 418,18 = 704,76$ (грн./200 кг). Тобто 352,38 грн. на 100 кг трикотажного полотна.

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 5

1. Результати виробничої апробації показали, що застосування розробленої композиції ПАР дозволяє скоротити тривалість процесу

підготовки в 1,7 рази, знизити температуру з 98 до 85°C і при цьому отримати відбілене трикотажне полотно з високими показниками капілярності, білизни, здатності до нафарбовування і збереженням міцності.

2. Знайдено, що вартість розроблених композицій ПАР для підготовки бавовняного трикотажу без урахування витрати на її приготування, транспортування тощо становитиме від 76,13 до 81,08 грн. за 1 кг готового продукту.

3. Аналіз результатів розрахунку економічного ефекту від впровадження запропонованої технології підготовки трикотажного полотна, свідчить про значне зниження собівартості продукції при досягненні високих показників якості відбіленого трикотажу, що буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних текстильних виробів.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології підготовки складатиме 352,38 грн. на 100 кг трикотажного полотна.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено технологію підготовки бавовняного трикотажного полотна, що дозволяє за рахунок використання створених композицій ПАР, які характеризуються високими змочувальними і мийними властивостями та здатністю стабілізувати пероксид водню, поєднати процеси промивання та відбілювання трикотажу. За розробленою технологією при скороченні тривалості процесу підготовки в 1,7 рази та зниженні температури з 98 до 85°C отримано бавовняне трикотажне полотно з високими показниками капілярності, білизни та ступеня фіксації активних барвників.

2. На основі аналізу механізму дії ПАР в умовах промивання суворого бавовняного трикотажного полотна встановлено, що для ефективного проведення даного процесу необхідно розробити композицію ПАР, основні компоненти якої мають характеризуватись високими змочувальними та мийними властивостями. З урахуванням особливостей опорядження трикотажних матеріалів у якості допоміжних компонентів необхідне використання піногасника та протизаломлювача.

3. З метою вибору найефективніших ПАР були вивчені наступні їх колоїдно-хімічні властивості: поверхневий натяг, змочувальна, мийна, піноутворююча здатності та стійкість піни. На основі комплексного аналізу отриманих результатів вибрані наступні високоефективні ПАР: у якості змочувача – Ultravon TC, у якості піногасника – Albaflow FFC-01, у якості протизаломлювача – Albafluid CD. Для забезпечення високих показників мийної здатності композиції для промивання бавовняного трикотажу були вибрані Оксипав А1214С.50 (НПАР), Бетапав А.30 (АмПАР) та Карбоксипав АФ6.35 (КрПАР).

4. За допомогою математичного планування, а саме, з використанням симплекс-гратчастих планів Шеффе, були знайдені склади композицій ПАР для промивання суворого бавовняного трикотажного полотна, що характеризуються максимальними змочувальними і мийними здатностями, а також забезпечують отримання високих показників капілярності та ступеня фіксації активних барвників при подальшому фарбуванні трикотажного матеріалу.

5. Аналіз результатів визначення колоїдно-хімічних властивостей розроблених композиційних складів ПАР, їх впливу на капілярність

підготовленого бавовняного трикотажного полотна, а також на ступінь фіксації активними барвниками дозволи за ефективністю розмістити композиції ПАР в ряд: композиція №3 (КрПАР Карбоксилав АФ6.35)>композиція ПАР №1 (НПАР Оксипав А1214С.50)>композиція №2 (АмПАР Бетапав А.30).

6. Встановлено, що управляти процесом розкладання пероксиду водню можливо шляхом утворення його комплексів з ПАР. Шляхом дослідження кінетики розкладання пероксиду водню в умовах процесу відбілювання бавовняного трикотажного полотна визначено, що розроблені композиції ПАР сповільнюють процес його розкладання. За здатністю до стабілізації пероксиду водню вони розміщуються у наступному порядку: композиція №3 (КрПАР Карбоксилав АФ6.35)>композиція ПАР №1 (НПАР Оксипав А1214С.50)>композиція №2 (АмПАР Бетапав А.30).

7. Доведено, що додавання до складу відбілюючого розчину розроблених композицій ПАР сприяє зниженню констант швидкості процесу розкладання пероксиду водню у 1,3 рази в порівнянні з системою без стабілізатору. Це дозволить проводити процес при меншій температурі та заощадити енергоресурси. За середньою швидкістю реакції розкладання пероксиду водню та рівномірністю стабілізації протягом всього періоду відбілювання найефективнішою є композиція ПАР №1 на основі НПАР Оксипав А1214С.50.

8. За допомогою методу математичного планування, повного факторного експерименту, отримані математичні моделі поєднаного процесу підготовки бавовняного трикотажного полотна і визначені його оптимальні технологічні параметри, при яких досягаються високі показники капілярності та ступеня фіксації активних барвників: концентрація композицій ПАР $C=1,5$ г/л, температура $T=85^{\circ}\text{C}$, тривалість процесу підготовки $\tau=20$ хв.

9. На основі комплексних досліджень виявлено, що підготовка трикотажного полотна за розробленою технологією з використанням композицій ПАР забезпечує отримання бавовняного трикотажного полотна з високими показниками капілярності, білизни, міцності та сорбційної здатності по відношенню до активних барвників. Показано, що при цьому отримані забарвлення характеризуються високою стійкістю до фізико-механічних впливів.

10. Проведено виробничі випробування та підтверджено ефективність запропонованої технології підготовки бавовняного трикотажного полотна з використанням створених композицій ПАР на ТОВ «Т-Стиль» (м. Рівне). Вартість створених композицій ПАР для підготовки бавовняного трикотажу без урахування витрати на її приготування та транспортування становитиме від 76,13 до 81,08 грн. за 1 кг готового продукту. Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої технології складатиме 352,38 грн. на 100 кг трикотажу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковтун Л.Г. Технология отделки трикотажа / Л.Г. Ковтун. – М.: Легпромбытиздат, 1990. – 400 с.
2. Кожурин И.А. Оборудование трикотажно-отделочного производства / И.А. Кожурин. – М. Легпромбытиздат, 1989. – 336 с.
3. Абрамов С.А. Технология отделки трикотажных изделий / С.А. Абрамов, В.П. Гусев. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 472 с.
4. Дианич М.М. Ассортимент трикотажных изделий из смеси волокон / М.М. Дианич, Б.Д. Семак. – К.: Техника, 1983. – 144 с.
5. Моисеенко Н.С. Товароведение непродовольственных товаров. Часть 1. Серия «Учебники XXI века» / Н.С. Моисеенко. – Ростов: Феникс, 2001. – 320 с.
6. Кобляков А.И. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / А.И. Кобляков, Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев. – М.: Легпромбытиздат, 1986. – 344 с.
7. Зіміна Н.К. Товарознавство трикотажних товарів / Н.К. Зіміна, Н.О. Дзюбак, Л.В. Черняк. – К.: КНТЕУ, 2002. – 159 с.
8. Агбаш В.Л. Товароведение непродовольственных товаров / В.Л. Агбаш, В.Ф. Елизарова, З.И. Коваленко. – М.: Экономика, 1983. – 440 с.
9. Давыдов А.Ф. Текстильное материаловедение / А.Ф. Давыдов. – М.: Российск. заочный ин-т. текстил. и легк. пр-сти, 1997. – 168 с.
10. Лобачева Е.М. Рынок трикотажа в России. Черно-белая гамма / Е.М. Лобачева // Рынок легкой промышленности. – 2004. – №40. – С. 21-28.
11. Чешкова А.В. Химические технологии и оборудование трикотажного отделочного производства / А.В. Чешкова. – Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2008. – 113 с.
12. Статистические данные мирового производства в легкой промышленности 2016 [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://world.stat/lawa/show/z0403-02>.
13. Омелянчук О. Модный приговор: покупаем «made in Ukraine»? / О. Омелянчук, Н. Коновалова [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ukrlegprom.org.ua/ua/statti/modnij_prigovor.html.
14. Карван С.А. Сучасний стан і перспективи розвитку текстильної промисловості України / С.А. Карван: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю іноземних вчених [«Сучасні технології в легкій промисловості та сервісі»], (Хмельницький, травень 2011). – Хмельницький національний університет, 2011. – С. 6-7.
15. Ковтун Л.Г. Химическая технология отделки трикотажных изделий / Л.Г. Ковтун. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 232 с.

16. Балашова Т.Д. Краткий курс химической технологии волокнистых материалов / Т.Д. Балашова, Н.Е. Булушева, Т.С. Новорадовская, С.Ф. Садова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1984. – 200 с.
17. Хвала А. Текстильные вспомогательные вещества. Ч. 1 / А. Хвала, В. Ангер. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 432 с.
18. Кричевский Г.Е. Химическая технология текстильных материалов: учеб. для вузов в 3-х т. Т. 1. Теоретические основы технологии. Волокна. Загрязнения. Подготовка текстильных материалов / Г.Е. Кричевский. – М.: Росс. заоч. ин-т. текстильной и легкой промышленности, 2000. – 436 с.
19. Баженов В.И. Материаловедение трикотажно-швейного производства / В.И. Баженов, С.В. Бабинец. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 304 с.
20. Отделка хлопчатобумажных тканей. В 2-ух частях. Ч. 1. Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей: [под ред. Б.Н. Мельникова]. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 432 с.
21. Садов Ф.И. Химическая технология волокнистых материалов / Ф.И. Садов, М.В. Корчагин, А.И. Матецкий. – М.: Легкая индустрия, 1986. – 784 с.
22. Галанина О.Д. Технология трикотажного производства / О.Д. Галанина, Е.Г. Прохоренко. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 302 с.
23. Гусева А.А. Общая технология трикотажного производства / А.А. Гусева. – Л.: Легпромбытиздат, 1987. – 295 с.
24. Симон Я. Отделка трикотажных изделий / Я. Симон, М. Квапиль. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 352 с.
25. Петрова О.В. Особенности крашения махровых хлопчатобумажных полотен активными красителями / О.В. Петрова, Г.В. Шебан // Текстильная промышленность. – 2001. – №3. – С. 75-76.
26. Владимирцева Е.Л. Использование комплексонов в технологии совмещенного беления и крашения хлопчатобумажных тканей / Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Лещева О.А. // Технология текстильной промышленности. – 2004. – №1. – С. 48-51.
27. Сафонов В.В. Современные направления в химической технологии текстильных материалов / Сафонов В.В. // Текстильная промышленность. – 2002. – №6. – С. 29-32.
28. Киселев А.М. Основы пенной технологии отделки текстильных материалов: Монография. – СПб: СПбГУТД, 2003. – 551 с.
29. Плетнев М.Ю. Косметико-гигиенические моющие средства / М.Ю. Плетнев. – М.: Химия, 1990. – 272 с.
30. Поверхностно-активные вещества: [под ред. Абрамзона А.А., Гаевого Г.М.]. – Л.: Химия, 1979. – 379 с.
31. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение: [под ред. Зайченко Л.П.]. – СПб.: Профессия, 2004. – 240 с.

32. Абрамов Г. Шампуни. Часть I. История и общие сведения / Г. Абрамов [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trichology.ru/prof-shampoo2.html>.
33. Артамонова В. Шампуни: химия и биология в одном флаконе / В. Артамонова [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wsyakayawsyachina.narod.ru/technology/shampoo_2.html.
34. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы / Ю.Г. Фролов. – М.: Химия, 1988. – 464 с.
35. Красовский И.В. Физическая и коллоидная химия / И.В. Красовский, Е.И. Вайль, В.Д. Безуглый. – К.: Вища школа, 1983. – 352 с.
36. Одинцова О.И. Снижение миграции красящих веществ в крашении хлопколавсановых тканей / О.И. Одинцова, О.В. Козлова, Б.Н. Мельников // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995. – №2. – С. 48-51.
37. Волков В.А. Роль поверхностно-активных веществ в удалении пятен машинного масла с суровых тканей / В.А. Волков, М.Е. Кузнецова, В.Н. Ордин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994. – № 2. – С. 54-58.
38. Сафонов В.В. Облагораживание текстильных материалов / В.В. Сафонов. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 288 с.
39. Волков В.А. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки / В.А. Волков. – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 200 с.
40. Агеев А.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон / А.А. Агеев, В.А. Волков. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, Совьяж Бево, 2004. – 464 с.
41. Шихер М.Г. Беление хлопчатобумажных тканей / М.Г. Шихер. – М.: Легкая индустрия, 1975. – 144 с.
42. Вольнов И.И. Перекисные соединения щелочных металлов / И.И. Вольнов. – М.: Наука, 1980. – 160 с.
43. Антоновский В.Л. Органические перекисные инициаторы / В.Л. Антоновский. – М.: Химия, 1972. – 442 с.
44. Смирнова О.К. Вспомогательные вещества в химико-текстильных процессах. Современный ассортимент отечественных текстильных вспомогательных веществ / О.К. Смирнова, Н.П. Пророкова // Российский химический журнал. – 2002. – №1. – Т. XLVI. – С. 88-95.
45. Zika H.T. The use of biodegradable linear alcohol surfactants in textile wet processing / H.T. Zika // Journal of the American Oil Chemists Society. – 1971. – Vol. 48. – P. 273-278.
46. Reyhaneh A. Type and application of some common surfactants / A. Reyhaneh, A. Ashjaraan // Journal of Chemical and Pharmaceutical Research. – 2015. – Vol. 7(2). – P. 632-640.

47. Карван С.А. Визначення показників ефективності сучасних поверхнево-активних речовин / С.А. Карван, О.А. Параска, О.І. Кулаков // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005 – №5 – С. 98-101.
48. Кулаков О.І. Розробка препаратів комплексної дії для текстильної промисловості на основі вітчизняних ПАВ / О.І. Кулаков, С.А. Карван, А.Я. Ганзюк // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – №2. – С. 69-72.
49. Параска О.А. Аналіз методів визначення миючої здатності поверхнево-активних речовин / О.А. Параска, С.А. Карван, О.І. Кулаков // Вісник КНУТД. – 2006. – №2. – С. 83-87.
50. Zhiguo H. Physicochemical Properties and Phase Behavior of Didecyldimethylammonium Chloride/Alkyl Polyglycoside Surfactant Mixtures / H. Zhiguo, Y. Xiuquan, L. Yong, W. Jiajia, G. Yuyang // Journal of Surfactants and Detergents. – 2015. – Vol. 18, Issue 4, P. 641-649.
51. Kovalchuk N. Surfactant-enhanced spreading: Experimental achievements and possible mechanisms / N. Kovalchuk, A. Trybała, O. Arjmandi-Tash, V. Starov // Advances in Colloid and Interface Science. 2015. – Vol. 233, Issue 8, P. 155-160.
52. Кулаков О.І. Розробка мийних засобів для первинної обробки вовни на основі поверхнево-активних речовин вітчизняного виробництва / О.І. Кулаков, А.В. Єрмолаєва, Ю.Г. Сарібекова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – №6. – С. 80-84.
53. Ageev A.A. Correlation between wetting and deterging abilities in mixed surfactant solutions // A.A. Ageev, B.A. Volkov, M.S Kibalov, K.K. Kukleva // Fibre Chemistry. – 2012. – Vol. 44(1) – P. 54–57.
54. Wang Q. Optimizing bioscouring condition of cotton knitted fabrics with an alkaline pectinase from *Bacillus subtilis* WSHB04-02 by using response surface methodology // Q. Wang, X. Fan, Z. Hua, J. Chen // Biochemical Engineering Journal. – 2007. – Vol. 34(2) – P. 107-113.
55. Kovalchuk N. Kinetics of spreading of synergetic surfactant mixtures in the case of partial wetting / N. Kovalchuk, A. Trybała, F. Mahdi, V. Starov // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2016. – Vol. 505. – Issue 2. – P. 23-28.
56. Trawińska A. The effect of alkyl chain length on synergistic effects in micellization and surface tension reduction in nonionic gemini (S-10) and anionic surfactants mixtures / A. Trawińska, E. Hallmann, K. Mędrzycka // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2016. – Vol. 50. – Issue 5. – P. 114-126.
57. Баланова Т.Е. Влияние строения ПАВ на удаление загрязнений с текстильных материалов в неводной среде / Т.Е. Баланова, В.В. Сафонов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – №1. – С. 75-78.

58. Кулаков О.І. Розробка ефективних змочувачів для текстильної промисловості / О.І. Кулаков, А.Я. Ганзюк // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2005. – №1(10). – С.181-183.
59. Khatri A. Sustainable dyeing technologies / A. Khatri, M. White // Sustainable Apparel. – 2015. – P.135-160.
60. Fakin D. The effect of pretreatment on the environment and dyeing properties of a selected cotton knitted fabric / D. Fakin, D. Golob, Z. Stjepanović // Fibres and Textiles in Eastern Europe. – 2008. – Vol. 16. – Issue 2. – P. 101-104.
61. Кричевский Г.Е. Теория и практика подготовки текстильных материалов / Г.Е. Кричевский, В.А. Никитков. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 208 с.
62. Денискина Л.Е. Изучение процесса промывки шерсти смесью анионоактивных и неионогенных моющих веществ: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.03 «Технология текстильных материалов» / Л.Е. Денискина. – М., 1974. – 25 с.
63. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии / Д.А. Фридрихсберг. – Л.: Химия, 1974. – 352 с.
64. Rakowska J. Surface tension, wettability and absorptivity of basic components of wetting agents / J. Rakowska, B. Porycka, B Twardochleb // Badania i rozwój. – 2007. – Vol. 3 – P. 34–46.
65. Крикунова К.Ф. Технический анализ при отделке тканей и трикотажных изделий / К.Ф. Крикунова, И.В. Крикунова. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 256 с.
66. Кибалов М.С. Возможность оценки моющей способности бинарных растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ) с применением методики оценки капиллярного поднятия / М.С. Кибалов, А.А. Агеев, В.А. Волков // Сервис в России и за рубежом. – 2011. – № 1. – С. 84-89.
67. Корецкая Т.А. Влияние пенообразования на моющую способность растворов НПАВ / Т.А. Корецкая // Журнал прикладной химии. – 1984. – Т. LVII, №11. – С. 2637-2638.
68. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения / В.К. Тихомиров. – М.: Химия, 1983. – 263 с.
69. Карван С.А. Видалення забруднень різної природи з текстильних матеріалів в процесі хімічного чищення / С.А. Карван, Г.Т. Бубенщикова, О.А. Параска // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2003. – №1(7). – С. 37-39.
70. Мищенко А.В. Методическое пособие к выполнению лабораторных работ по курсу «Коллоидная химия» / А.В. Мищенко, Ю.Г. Шипилов – Херсон: ХДТУ. – 2003 г. – 64 с.
71. Баранова В.И., Библик Е.Е., Кожевникова Н.М. Практикум по коллоидной химии: [под ред. Лаврова И.С]. – М.: Высшая школа. – 1983. – 213 с.
72. Шенфельд Н. Поверхностно-активные вещества на основе оксида этилена / Н. Шенфельд. – М.: Химия, 1982. – 749 с.

73. Кулаков О.І. Дослідження властивостей неіонних оксиетильованих поверхнево-активних речовин у складах текстильно-допоміжних речовин / О.І. Кулаков // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2008. – №1(14). – С. 51-45.
74. Ахназарова С.Л. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – М.: Высшая школа, 1978. – 320 с.
75. Кулаков О.І. Розробка складів текстильно-допоміжних речовин методом математичного моделювання їх властивостей / О.І. Кулаков, А.Я. Ганзюк // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2007. – №1(13). – С. 31-35.
76. Кулігін М.Л. Отримання термостійкої капілярності на бавовняних тканинах після холодного пероксидного відбілювання (Частина 1) / М.Л. Кулігін // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2011. – №2(18). – С. 12-17.
77. Кулігін М.Л. Отримання термостійкої капілярності на бавовняних тканинах після холодного пероксидного відбілювання (Частина 2) / М.Л. Кулігін // Проблеми легкой и текстильной промышленности Украины. – 2012. – №1(19). – С. 59-64.
78. Кулігін М.Л. Дослідження впливу параметрів процесу підготовки холодним способом на гідрофільні властивості тканини / М.Л. Кулігін // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2012. – №2(45). – С. 140-144.
79. Кулигин М.Л. Изучение влияния ПАВ на гидрофильные свойства хлопчатобумажных тканей при низкотемпературном способе беления // М.Л. Кулигин, Д.Г. Сарибекова, О.Я. Семешко, Ю.Г. Сарибекова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологи и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки. – 2014. – №3. – С. 3-7.
80. ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811-81). Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств. – М., 2009. – 11 с.
81. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. – М., 2014. – 20 с.
82. Блиничева И.Б. Роль растворимых и нерастворимых силикатов в процессах пероксидного беления текстильных материалов/ И.Б. Блиничева, Л.В. Шарнина, С.В. Тихонов // Технология текстильной промышленности. – 2004. – №2. – С.43-47.
83. Торопцева Н.Т. О механизме гомогенного разложения перекиси водорода / Н.Т. Торопцева, А.Ю. Васева, В.А. Волков // Химия и химическая технология в бытовом обслуживании населения. – М.: ЦНИИБыт, 1985. – С. 3-13.
84. Шамб У. Перекись водорода/ У. Шамб, Ч. Сеттерфилд, Р. Венгворс. – М.: Издательство иностранной литературы, 1958. – 578 с.

85. Физико-химические основы процессов отделочного производства: [под ред. Б.Н.Мельникова, Т.Д.Захарова, М.Н.Кириллова]. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, – 280 с.
86. Забродская Е.Н. Влияние поверхностно-активных веществ при облагораживании на капиллярные свойства хлопчатобумажной ткани: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.19.03 «Технология текстильных материалов» / Е.Н. Забродская. – М., 2000. – 16 с.
87. Лабораторный практикум по химической технологии текстильных материалов: [под ред. Г.Е. Кричевского]. – М. Росс. заоч. ин-т. текстильной и легкой промышленности, 1994. – 400 с.
88. Burdett B.C. Low-energy preparation of cotton and cotton blends / B.C. Burdett, J.G.Roberts // Journal Society of Dyers and Colorists. – 1985. – №2. – P. 53-63.
89. Петерс Р.Х. Текстильная химия. Очистка текстильных материалов от загрязнений/ Р.Х. Петерс. – М.: Легкая индустрия, 1973. – 212 с.
90. Мельников Б.Н. Использование биопроцессов в текстильной промышленности / Б.Н. Мельников, А.В. Чешкова, В.И. Лебедева // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1. Естественные и технические науки.. – 1997. – С. 194-209.
91. Алексов Н.В. Использование в технологиях текстильной промышленности водных растворов, подвергшихся электрохимической активации / Н.В. Алексов, В.Л. Петров: материалы докладов I Международного симпозиума [«Электрохимическая активация в медицине, сельском хозяйстве, промышленности»]. – М., 1997. – С. 122-123.
92. Раскина И.Х. К вопросу о механизме стабилизации пероксида водорода силикатом натрия в условиях беления / И.Х. Раскина, Ф.И. Садов, Г.А. Богданов // Журнал прикладной химии. – 1966. – №1. – С. 35-39.
93. Кантер М.Я. К вопросу о механизме стабилизации пероксида водорода силикатом натрия в условиях беления / М.Я. Кантер, И.Х. Раскина, Г.А. Богданов, Ю.Н. Козлов // Журнал прикладной химии. – 1977. – № 4. – С. 724-731.
94. Панченков Г.М. Химическая кинетика и катализ / Г.М. Панченков, В.П. Лебедев. – М.: Химия, 1985. – 590 с.
95. ДСТУ ISO 105-J02-2001/ГОСТ ИСО 105-J02-2002. Метод оцінювання білизни за допомогою приладу (ISO 105-J02:1997, IDT; ГОСТ ИСО 105-J02-2002, IDT). – К., 2003. – 5 с.
96. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 262 с.
97. Скалзубова Н.С. Определение капиллярных свойств смесового трикотажного полотна / Н.С. Скалзубова, А.Н. Куник, Г.С. Сарибеков // Тезисы докладов 47 Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, (Витебск, 15 апреля 2014 г.). – Витебский государственный технологический университет, 2014. – С. 150-151.
98. Скалзубова Н.С. Влияние ПАВ на качество подготовки трикотажных полотен / Н.С. Скалзубова, А.Н. Куник, Г.С. Сарибеков // Тезисы

докладов Всеукраинской научно-практической конференции молодых ученых и студентов-химиков [«Научно-практические разработки молодых ученых на современном этапе развития химических технологий»], (Херсон, 15 мая 2014 г.). – Херсонский национальный технический университет, 2014. – С. 27-28.

99. Skalozubova N. Designing a composition formulation of surface active substances for the pretreatment of knitted fabric / N. Skalozubova, A. Kunik, O. Semeshko, J. Saribyekova, S. Myasnikov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Technology organic and inorganic substances. – 2016. – №4/6(82). – P. 29-36.

100. Semeshko O. Optimization of preparation technology of a cotton knitted fabric by the method of mathematical planning / O. Semeshko, T. Asauliyuk, Yu. Saribyekova: Proceedigns of 2th International Conference [«EastWest Chemistry Conference»], (Lviv, October 10-12, 2018). – Lviv Polytechnic National University, 2018. – P. 186.

101. Андросов В.Ф. Синтетические красители в легкой промышленности. Справочник / В.Ф. Андросов, И.Н. Петрова. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 368 с.

102. Semeshko O.Ya. Study of the wetting ability of surfactants for washing cotton knitted fabric / O.Ya. Semeshko, T.S. Asauliyuk, Yu.G. Saribyekova: International Scientific and Practical Conference of Higher Education Applicants and Young Scientists [«Youth to Science and Production - 2018: Innovative Technologies of Light Industry»], (Kherson, May 17-18, 2018). – Kherson National Technical University, 2018. – P. 28-29.

103. Handbook of Fiber Chemistry: [ed. by M. Lewin]. – Boca Roton–London–New-York: CRC Press, 2006. – 442 p.

104. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Л.Беллами. – М.: Издательство зарубежной литературы, 1963. – 591 с.

105. Bellamy L.J. The infra-red spectra of complex molecules / L.J. Bellamy. – London: Chapman and Hall, 1975. – 433 p.

106. Миронов В.А. Спектроскопия в органической химии. Сборник задач / В.А. Миронов, С.А. Янковский. – М.: Химия, 1985. – 232 с.

107. Базарнова Н.Г. Методы исследования древесины и ее производных / Н.Г. Базарнова, Е.В. Карпова, И.Б. Катраков, В.И. Маркин, И.В. Микушина, Ю.А. Ольхов, С.В. Худенко: [под ред. Н.Г. Базарновой]. – Барнаул: Алт. гос. ун-т, 2002. – 160 с.

108. Котенёва И.В. Анализ модифицированной целлюлозы методом ИК-спектроскопии / И.В. Котенёва, В.И. Сидоров, И.А. Котлярова // Химия растительного сырья. – 2011. – №1. – С. 21-24.

109. Роговин З.А. Химия целлюлозы и ее спутников / З.А. Роговин., Н.Н. Шорыгина. – Москва, Ленинград: Госхимиздат, 1953. – 679 с.

110. Дехант И. Инфракрасная спектроскопия полимеров / И. Дехант, Р. Данц, В. Киммер, Р. Шмольке: [под ред. И. Деханта; пер. с нем. под ред. канд. хим. наук Э.Ф. Олейника]. – М.: Химия, 1976. – 472 с.

111. Косточко А.В. Получение и исследование свойств целлюлозы из травянистых растений / А.В. Косточко, О.Т. Шипина, З.Т. Валишина, М.Р. Гараева, А.А. Александров // Вестник казанского технологического университета. – 2010. – №9. – С. 267-275.
112. Liang C.Y. Infrared spectra of crystalline polysaccharides. I. Hydrogen Bonds in native cellulose / C.Y. Liang, R.H. Marchessault // Journal of polymer science. – 1959. – Vol. XXXVII. – P. 385–395.
113. Олейник Ф.Э. Инфракрасная спектроскопия полимеров / Ф.Э. Олейник. – М. : Химия, 1986. – 271 с.
114. Шипина О.Т. ИК-спектроскопические исследования целлюлозы из травянистых растений / О.Т. Шипина, М.Р. Гараева, А.А. Александров // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – №6. – С. 148-152.
115. O'Connor R.T. Application of infrared absorption spectroscopy to investigations of cotton and modified cottons. Part I. Physical and cristalline modification and oxidation / R.T. O'Connor, E. Du Prè, D. Mitcham // Textile Research Journal. – 1958. – Vol. 28, Issue 5. – P. 382–392.
116. Андреева О.А. ИК-спектроскопическое исследование льна, подвергнутого предварительной очистке / Андреева О.А., Буркова Л.А., Гребенкин А.Н., Гребенкин А.А. // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75. – Вып. 9. – С. 1545-1548.
117. Байклз Н. Целлюлоза и ее производные. Т.1 / Н. Байклз, Л. Сегал. – М.: Мир, 1974. – 249 с.
118. Семешко О.Я. Дослідження впливу підготовки на кінетику сорбції та ступінь фіксації активних барвників на бавовняному трикотажі / О.Я. Семешко, Н.С. Скалозубова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019. – №269. – С. 118-121. doi 10.31891/2307-5732-2019-269-1-118-121.
119. Алешина Л.А. Современные представления о строении целлюлоз (обзор) / Л.А. Алешина, С.В. Глазкова, Л.А. Луговская, М.В. Подойникова, А.Д. Фофанов, Е.В. Силина // Химия растительного сырья. – 2001. – №1. – С. 5–36.
120. Murphy A.L. DP Cotton Knits Made From Mercerized Yarn Retain Strength, Shape, Abrasion Resistance / A.L. Murphy, M.F. Margavio, C.M. Welch // Textile Chemist & Colorist. – 1972. – Vol. 4 (5). – P. 39-42.
121. Jordanov I. Mechanical and structural properties of mercerized cotton yarns, bio-scoured with pectinases / I. Jordanov, B. Mangovska, P. Forte-Taver // Tekstil. – 2010. – Vol. 59. – P. 439-446.
122. Semeshko O. Study of influence of the preparation method on the light fastness of cotton knitted fabric / O. Semeshko, T. Asauljuk, N. Skalozubova, Y. Saribyeikova // Fibres and Textiles. – 2019. – Vol. 28(2). – P. 48-53.
123. Гинье А. Рентгенография кристаллов. Теория и практика. – М.: Физматгиз, 1961. – 604 с.
124. Мартынов М.А. Рентгенография полимеров / М.А. Мартынов, К.А. Вилегжанина. – Л.: Химия, 1972. – 125 с.

125. Mathews J.L The X-ray measurement of the amorphous content of polythene samples / J.L. Mathews, H.S. Peiser, R.B. Richards //Acta crystal – 1949. – Vol.2 (1). – P. 85-90.

126. ДСТУ ISO 105-C06:2009 Матеріали текстильні. Визначення тривкості фарбовання. Частина C06. Метод визначення тривкості фарбовання до прання в домашніх умовах і пральнях (ISO 105-E04:C06:1994, IDT).

127. ДСТУ ISO 105-X12:2009 Матеріали текстильні. Визначення тривкості фарбовання. Частина X12. Метод визначення тривкості фарбування до тертя (ISO 105-X12:2001, IDT)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ТРИКОТАЖНОЇ ГАЛУЗІ ТЕКСТИЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ.....	4
1.1. Огляд виробництва трикотажних текстильних матеріалів.....	4
1.2. Особливості будови та властивості трикотажного полотна.....	6
1.3. Роль текстильно-допоміжних речовин в процесах підготовки трикотажного полотна.....	10
1.3.1. Основні властивості ПАР і їх роль в процесі підготовки бавовняних текстильних матеріалів.....	10
1.3.2. Механізм відбілювання пероксидом водню та його стабілізації в процесі підготовки бавовняних текстильних матеріалів.	15
1.4. Аналіз сучасних способів підготовки бавовняного трикотажу.....	18
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1.....	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ КОМПОЗИЦІЙ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА.....	22
2.1. Особливості проведення процесу промивання бавовняного трикотажного полотна в розчинах ПАР.....	22
2.2. Дослідження колоїдно-хімічних властивостей ПАР.....	25
2.2.1. Дослідження поверхневого натягу розчинів ПАР.....	27
2.2.2. Дослідження змочувальної здатності розчинів ПАР.....	31
2.2.3. Дослідження мийної здатності розчинів ПАР.....	32
2.2.4. Дослідження піноутворюючої здатності розчинів ПАР.....	33
2.2.5. Обґрунтування вибору ПАР та визначення їх критичної концентрації міцелоутворення.....	35
2.3. Оптимізація розрахунку складів мийних композицій для промивання трикотажного полотна.....	37
2.4. Дослідження колоїдно-хімічних властивостей розроблених композицій ПАР.....	48
2.5. Дослідження впливу розроблених композицій ПАР на капілярність трикотажного полотна та його нафарбовування.....	52
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2.....	57

**РОЗДІЛ 3. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ
БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА З
ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИЦІЙ ПАР.....60**

**3.1. Теоретичні основи застосування ПАР у якості стабілізаторів
перексиду водню.....60**

**3.2. Дослідження впливу композицій ПАР на кінетику розкладання
перексиду водню.....62**

**3.3. Дослідження впливу композицій ПАР на білизну та міцність
бавовняного трикотажного полотна.....67**

**3.4. Розроблення технології підготовки бавовняного трикотажного
полотна методом математичного планування.....70**

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3.....82

**РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ
БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА НА ПОКАЗНИКИ
ЯКОСТІ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ.....84**

**4.1. Дослідження впливу технології підготовки на якість
бавовняного трикотажного полотна.....84**

**4.2. Дослідження впливу технології підготовки бавовняного
трикотажного полотна на сорбцію та ступінь фіксації активних
барвників.....89**

**4.3. Дослідження впливу технології підготовки бавовняного
трикотажного полотна на хімічну будову та кристалічність целюлози
методом ІЧ-спектроскопії.....95**

**4.4 Дослідження впливу технології підготовки на поверхневу та
кристалічну структуру зразків бавовняного трикотажу.....104**

**4.5. Дослідження впливу технології підготовки на якість
забарвлень бавовняного трикотажного полотна активними
барвниками.....111**

ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4.....115

**РОЗДІЛ 5. ВИРОБНИЧА АПРОБАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ПІДГОТОВКИ БАВОВНЯНОГО ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА І
РОЗРАХУНОК ЇЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....117**

**5.1. Виробнича апробація запропонованої технології підготовки
бавовняного трикотажного полотна.....117**

5.2. Розрахунок вартості розроблених композицій ПАР.....	120
5.3. Розрахунок економічної ефективності розробленої технології підготовки бавовняного трикотажу.....	121
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 5.....	123
ВИСНОВКИ.....	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	128
ЗМІСТ.....	138

Наукове видання

Скалозубова Н.С., Семешко О.Я., Сарібєкова Ю.Г.

**ІННОВАЦІЇ
У ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ
БАВОВНЯНИХ ТРИКОТАЖНИХ ПОЛОТЕН**

Монографія

Підписано до друку 10.11.2019 р.
Формат 60×84/16. Папір офс.
Умов. друк. арк. 8,2. Тираж 300 екз.

Надруковано у видавництві «Типографія СТАР»
73010, м. Херсон, вул. Петренко, 45
Тел./факс (0552) 46-05-43
E-mail: star@stardruk.com.ua