

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**Факультет інженерії  
Кафедра дизайну та індустрії моди**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

**до кваліфікаційної роботи  
II освітнього рівня магістр**

спеціальності 182 Технології легкої промисловості

освітньої програми Технології легкої промисловості

**Комплексний диплом**

на тему

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ РУЙНУЮЧИХ ФАКТОРІВ**

**НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Ч. 1. ВПЛИВ ПРАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ**

**МАТЕРІАЛІВ**

Виконав: здобувач  
вищої освіти групи ТЛП-23дм

Тетяна САПЕЛЬНИКОВА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)



(підпис)

Керівник к.т.н., Галина РІПКА

(науковий ступінь, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Завідувачка кафедри к.т.н., Галина РІПКА

(науковий ступінь, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Рецензент к.т.н., Сергій КУДРЯВЦЕВ

(науковий ступінь, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Київ – 2024

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра дизайну та індустрії моди

Освітній рівень магістр

Галузь знань 18 Виробництво і технології  
(шифр і назва)

Спеціальність 182 Технології легкої промисловості  
(шифр і назва)

освітня програма Технології легкої промисловості

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувачка кафедри ТЛП**

**Галина РІПКА**

«22» грудня 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Сапельникова Тетяна Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема:

**Дослідження основних руйнуючих факторів  
на характеристики текстильних матеріалів**

**Ч. 1. Вплив прання на характеристики текстильних матеріалів**

спеціальне завдання:

Дослідити вплив прання на характеристики текстильних матеріалів

керівник роботи Ріпка Галина Анатоліївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 10.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1) наукова література

2) спеціальні матеріали

3) міжнародні та державні стандарти України

4) Інтернет-джерела, матеріали наукових конференцій, семінарів, періодичні

видання

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. аналіз проблем передчасного руйнування текстильних матеріалів одягу повсякденного призначення

2. вплив основних руйнуючих факторів на характеристики текстильних матеріалів

3. удосконалення методики визначення негативного впливу прання на характеристики текстильних матеріалів

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів презентації):

Назва роботи. Мета дослідження.. Методи дослідження

Фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів

Зміна розривальних показників та стійкості до стирання текстильних матеріалів від кількості циклів прання

Зміна товщини та значень коефіцієнта повітропроникності проб текстильних матеріалів від кількості циклів прання


Загальні висновки

6. Дата видачі завдання 25.09.2024

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Термін виконання етапів	Примітка
1	Вибір та затвердження теми магістерської роботи	25.09.24	
2	Аналіз наукової літератури відповідно до обраної теми	02.10.24	
3	Написання та затвердження плану магістерської роботи	25.10.24	
4	Вступ	30.10.24	
5	Розділ 1	01.11.24	
6	Розділ 2	15.11.24	
7	Розділ 3	01.12.24	
8	Формулювання та оформлення загальних висновків	08.12.24	
9	Анотація до роботи	09.12.24	
10	Подача оформленої роботи на перевірку	10.12.24	

Здобувач вищої освіти

  
(підпис)

Тетяна  
Сапельникова  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

  
(підпис)

Галина Ріпка  
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

**Актуальність роботи.** Актуальність дослідження основних руйнівних факторів, що впливають на характеристики текстильних матеріалів, обумовлена значним зростанням вимог до якості, довговічності та екологічності текстильних виробів у сучасному суспільстві. Зношення тканин, їхня стійкість до механічних, хімічних і температурних впливів, а також здатність зберігати початковий вигляд після багаторазового використання є важливими критеріями як для споживачів, так і для виробників. Потреба в одязі, який залишатиметься естетично привабливим та функціональним після численних прань і носіння, стимулює інтерес до вивчення механізмів руйнування текстилю.

Сучасні дослідження свідчать, що основними факторами, які призводять до зниження якості текстильних матеріалів, є механічний знос, вплив води і миючих засобів під час прання, ультрафіолетове випромінювання, температура та хімічні речовини. Ці фактори впливають на фізико-механічні, хімічні та геометричні показники текстилю, зокрема на міцність, еластичність, колір та структуру волокон. Аналіз даних впливів дозволяє не лише покращити розуміння механізмів руйнування тканин, а й розробити рекомендації для підвищення їхньої довговічності та стійкості до різних умов експлуатації.

Окрім забезпечення якості, такі дослідження важливі для розробки екологічних рішень. У зв'язку з тим, що короткий термін служби одягу призводить до зростання кількості текстильних відходів, важливо підвищити зносостійкість матеріалів. Це дозволить знизити кількість текстильного сміття та сприятиме сталому розвитку. Таким чином, дослідження основних руйнівних факторів текстильних матеріалів є актуальним завданням, що об'єднує економічні, соціальні та екологічні аспекти виробництва та використання текстилю.

**Мета роботи.** Визначити ступінь впливу дії багаторазового прання на фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів одягу повсякденного призначення

**Об'єкт дослідження.** Дія прання на зміну показників якості текстильних матеріалів

**Предмет дослідження.** Текстильні матеріали одягу повсякденного призначення

**Задачі дослідження:**

- зробити аналіз актуальності теми дослідження;
- зробити аналіз основних факторів передчасного руйнування текстильних матеріалів;
- зробити аналіз наслідків передчасного руйнування текстильних матеріалів;
- зробити аналіз впливу багаторазового прання на характеристики текстильних матеріалів;
- визначити характеристики фізико-механічних показників текстильних матеріалів, взятих для дослідження;
- розробити метод удосконалення визначення негативного впливу прання на характеристики текстильних матеріалів.
- **Методи дослідження.** Метод експертних оцінок (експертної групи) для ідентифікації забарвлень та оцінки зміни забарвлень пофарбованих тканин після обробок, комплексної оцінки якості забарвлень; результати експериментів оброблені на персональному комп'ютері з використанням прикладних програм Excel 10, Curve Expert 1.3, Digital Photo Professional. Обробка отриманих експериментальних даних проведена за допомогою методів математичної статистики. Точність показників, визначених інструментальними методами приймалася відповідно до паспортів вимірювальних приладів і результатів їх метрологічної повірки.

**Наукова новизна.** Розробка комплексного методу оцінки визначення негативного впливу прання на характеристики текстильних матеріалів одягу повсякденного призначення.

**Практичне значення роботи.** Результати роботи впроваджені у навчально-методичне забезпечення кафедри дизайну та індустрії моди Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

**Ключові слова:** прання, текстильні матеріали, фізико-механічні характеристики.

## ЗМІСТ

	стор.
ЗАВДАННЯ .....	2
АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ.....	8
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДЧАСНОГО РУЙНУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ОДЯГУ ПОВСЯКДЕННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	10
1.1. Основні фактори передчасного руйнування текстильних матеріалів...	10
1.2. Наслідки передчасного руйнування текстильних матеріалів .....	11
1.3. Дослідження факторів руйнування текстильних матеріалів.....	12
1.4. Дослідження екологічності текстильних матеріалів.....	14
РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ ОСНОВНИХ РУЙНУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	19
2.1. Вплив багаторазового прання на характеристики текстильних матеріалів .....	21
2.2. Характеристика фізико-механічних показників текстильних матеріалів, взятих для дослідження .....	25
2.3. Теоретичний аналіз основних причин зміни геометричних показників текстильних матеріалів після прання.....	29
2.4. Характеристика стандартних методів вологої обробки текстильних матеріалів та критерії оцінки її впливу.....	31
2.5. Технологічний режим багаторазового прання зразків матеріалів.....	33
2.6. Проведення установчих експериментів при багаторазовому пранні.....	35
3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПРАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	40

3.1. Зміна розривальних показників текстильних матеріалів від кількості циклів прання.....	40
3.2. Зміна стійкості до стирання по площині проб текстильних матеріалів від кількості циклів прання.....	45
3.3. Зміна товщини текстильних матеріалів від кількості циклів прання.....	53
3.4. Зміна значень коефіцієнта повітропроникності проб текстильних матеріалів від кількості циклів прання .....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65
ДОДАТКИ.....	68

## ВСТУП

Вивчення властивостей матеріалів для одягу повсякденного призначення є актуальною темою в галузі текстильної промисловості та дизайну одягу, оскільки комфорт, довговічність і практичність одягу залежать саме від властивостей обраних матеріалів. Одяг для щоденного використання виконує не лише естетичну функцію, а й має забезпечувати комфорт під час носіння, відповідати погодним умовам, стилю життя користувача та його потребам. Через різноманіття доступних матеріалів – від натуральних до синтетичних і комбінованих тканин – важливим стає вивчення їхніх фізичних, хімічних, теплових і експлуатаційних характеристик для вибору оптимального варіанту під різні умови використання.

Основні властивості, що досліджуються під час оцінки матеріалів для повсякденного одягу, включають міцність, повітропроникність, гігроскопічність, теплопровідність, еластичність, зносостійкість, гігроскопічність та зручність у догляді. Міцність матеріалу є одним з найважливіших показників, оскільки вона визначає, як довго виріб зможе зберігати свої властивості і форму під дією зовнішніх навантажень та багаторазового прання. Повітропроникність та гігроскопічність важливі для забезпечення вентиляції та комфорту під час носіння, адже матеріал має поглинати вологу та забезпечувати терморегуляцію, що особливо важливо для одягу, який використовується в активному повсякденному житті. Теплопровідність визначає здатність матеріалу утримувати тепло або, навпаки, забезпечувати охолодження тіла в умовах підвищеної температури.

Для того, щоб матеріали відповідали критеріям повсякденного одягу, вони також мають мати приємну текстуру, не викликати подразнення на шкірі, бути легкими у догляді та витримувати регулярне прання без втрати естетичних якостей. Наприклад, натуральні тканини, такі як бавовна або льон, добре пропускають повітря і мають високу гігроскопічність, однак можуть втрачати форму після прання або сильно м'ятися, що є їхнім недоліком. Синтетичні матеріали, такі як поліестер або еластан, зазвичай більш стійкі до механічних впливів і зберігають форму краще, але



не завжди забезпечують достатню вентиляцію, що може спричинити дискомфорт під час носіння.

Також важливим аспектом дослідження матеріалів є екологічність. На сьогодні багато споживачів віддають перевагу матеріалам, виготовленим з урахуванням принципів екологічної безпеки, таким як органічна бавовна або бамбук, які менше шкодять навколишньому середовищу. Водночас використання відновлюваних і перероблених матеріалів стає важливим критерієм у виборі повсякденного одягу, що стимулює розробку інноваційних матеріалів, які поєднують екологічність з практичними властивостями.

Вивчення та аналіз властивостей матеріалів, з яких виготовляється повсякденний одяг, є важливим етапом не лише для виробників, а й для кінцевих споживачів, оскільки це дозволяє їм робити інформований вибір, враховуючи власні потреби та вподобання. Науково обґрунтовані дослідження сприяють створенню одягу, який буде зручним у використанні, довговічним і відповідатиме сучасним екологічним вимогам.

В дипломній роботі використано системний підхід до удосконалення процесу підвищення експлуатаційних властивостей одягу повсякденного призначення. Теоретичною та методичною основою досліджень є розділи класичної математики (математична статистика, теорія графів, математичне і фізичне моделювання); результати досліджень попередників щодо вивчення впливу різних шкідливих факторів на ступінь руйнування текстильних матеріалів, а також на їх зносостійкість; методи оцінки зношування одягу повсякденного призначення; методи вибору типів переплетення матеріалів для проектування одягу повсякденного призначення; способи підвищення зносостійкості за рахунок використання підсилюючих пакетів.

## **РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДЧАСНОГО РУЙНУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ОДЯГУ ПОВСЯКДЕННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

Удосконалення процесу підвищення експлуатаційних властивостей одягу повсякденного призначення неможливо без інформаційного моделювання дослідження, що дозволить методично обґрунтувати його основні шляхи. Попередній аналіз проблеми показав, що її необхідно поділити на декілька більш дрібних частин, які на першому етапі слід вирішувати окремо, а, другим етапом є їх синтез і перевірка правильності прийнятого (узагальненого) рішення. Тому, відповідно до поставленої мети, в розділі вирішено питання теоретичного та методичного обґрунтування вивчення конструкторсько-технологічних можливостей удосконалення процесу підвищення експлуатаційних властивостей одягу повсякденного призначення за рахунок використання підсилюючих пакетів.

### **1.1. Основні фактори передчасного руйнування текстильних матеріалів**

Проблема передчасного руйнування текстильних матеріалів у повсякденному одязі є поширеною і значущою для споживачів та виробників. Передчасне зношування одягу не лише призводить до додаткових фінансових витрат для покупців, але й негативно впливає на екологію, оскільки швидке накопичення відходів текстилю підвищує потребу у виробництві нових речей. Для розуміння основних причин передчасного руйнування текстильних матеріалів варто проаналізувати ключові фактори, що сприяють цьому процесу.

1. Фізичне навантаження. Одяг повсякденного призначення піддається регулярному фізичному впливу: розтягуванню, стиранню, згинанню тощо. Такі навантаження поступово знижують міцність тканини, особливо якщо вона виготовлена з матеріалів, чутливих до механічних деформацій. Висока частота носіння призводить до втрати структури волокон, а постійний рух тіла і натирання тканини збільшують її зносостійкість, що зрештою сприяє руйнуванню.

2. Вплив вологи і температури. Вологість повітря, потрапляння вологи на тканину, перепади температури при пранні і сушінні можуть пошкоджувати матеріал. Наприклад, натуральні волокна, такі як бавовна чи вовна, схильні до втрати міцності під дією води, а постійні температурні коливання спричиняють деформацію волокон.

3. Вплив ультрафіолету (УФ-випромінювання). Тривале перебування на сонці може негативно вплинути на структуру волокон. Деякі синтетичні матеріали, як-от поліестер, більш стійкі до УФ-випромінювання, але з часом також втрачають свої початкові властивості, стаючи менш еластичними та менш міцними.

4. Хімічні фактори. Засоби для прання, відбілювачі та пом'якшувачі тканини можуть змінювати структуру матеріалу, знижуючи його довговічність. Агресивні речовини, що входять до складу пральних порошків, пошкоджують як натуральні, так і синтетичні волокна, спричиняючи їхнє руйнування або втрату еластичності.

5. Низька якість вихідних матеріалів. Використання дешевих чи неякісних матеріалів у виробництві одягу також сприяє його швидкому руйнуванню. Синтетичні волокна низької якості не витримують інтенсивного носіння та регулярного прання, що робить їх непридатними для тривалого використання.

## **1.2. Наслідки передчасного руйнування текстильних матеріалів**

Швидке зношування одягу знижує його споживчу цінність та збільшує екологічне навантаження через необхідність частого оновлення гардеробу. Виробники одягу стикаються із завданням створення більш зносостійких і довговічних матеріалів, що допоможе знизити рівень відходів та підвищити екологічність текстильної індустрії.

Дослідження факторів руйнування текстильних матеріалів дозволяє виробникам застосовувати нові технології обробки тканин, вибирати більш стійкі волокна та оптимізувати процеси виробництва для підвищення якості виробів. Це, своєю чергою, дає споживачам можливість використовувати одяг довше, роблячи внесок у сталий розвиток індустрії моди.

Ось п'ять основних наслідків передчасного руйнування текстильних матеріалів:

1. Фінансові витрати для споживачів. Через швидке зношування одягу користувачі змушені частіше купувати нові речі, що збільшує їхні витрати на повсякденний гардероб.

2. Негативний вплив на навколишнє середовище. Велика кількість зношеного одягу швидко стає відходами, збільшуючи обсяги текстильного сміття на звалищах. Це посилює проблему забруднення довкілля, оскільки синтетичні матеріали розкладаються дуже повільно.

3. Ресурсовитратність у виробництві. Підвищений попит на новий одяг стимулює додаткове виробництво, що потребує значних обсягів води, енергії та сировини, а також збільшує викиди вуглецю.

4. Зниження якості життя споживачів. Одяг, який швидко зношується, втрачає свій естетичний вигляд і функціональність, що впливає на комфорт і зовнішній вигляд споживачів, змушуючи їх витратити час і кошти на його заміну.

5. Падіння репутації брендів. Передчасне зношування матеріалів впливає на сприйняття якості продукції, що може призвести до втрати довіри клієнтів і негативного іміджу брендів, які використовують неякісні матеріали.

### **1.3. Дослідження факторів руйнування текстильних матеріалів**

Дослідження факторів руйнування текстильних матеріалів є важливим для розробки довговічного, функціонального та екологічного одягу. Такий аналіз допомагає виробникам обирати матеріали, що краще відповідають умовам експлуатації, а споживачам – отримувати якісніші продукти, які служитимуть довше. Основні фактори, що спричиняють руйнування текстильних матеріалів, включають механічні, фізико-хімічні, температурні та екологічні чинники. Ось детальніший розгляд кожного з них:

#### **1. Механічні навантаження**

Одяг постійно зазнає механічних впливів – розтягування, згинання, тертя, тиску, що поступово пошкоджує волокна матеріалу. Серед типових механічних факторів руйнування:

- Стирання: відбувається під час регулярного носіння та контакту одягу з іншими поверхнями або під час прання.
- Деформація: розтягування і стискання призводять до втрати форми тканини, особливо у випадку одягу, виготовленого з недостатньо еластичних матеріалів.
- Розривні навантаження: виникають при надмірному розтягуванні або перевищенні міцності матеріалу.

## 2. Фізико-хімічні фактори

Різні хімічні сполуки та елементи можуть значно знизити довговічність тканини. До таких факторів відносять:

- Хімічні засоби: відбілювачі, пральні порошки та інші засоби для догляду можуть пошкоджувати волокна. Натуральні тканини, як-от бавовна або шерсть, особливо чутливі до агресивних хімікатів.
- Вплив кислот і лугів: робить матеріал більш крихким, викликає потемніння чи вицвітання, що особливо характерно для тканин, які використовуються в інтенсивних умовах.

## 3. Температурні коливання

Температурні зміни, зокрема під час прання, сушіння чи прасування, можуть суттєво впливати на структуру текстильних волокон:

- Висока температура: деформує синтетичні тканини (поліестер, нейлон) і пошкоджує натуральні, як-от шерсть, яка під впливом тепла може втратити форму або зменшитись у розмірах.
- Температурний контраст: постійні коливання температури сприяють втраті еластичності та стійкості тканини, особливо для комбінованих матеріалів.

## 4. Вплив ультрафіолетового (УФ) випромінювання

Тривале перебування під прямим сонячним світлом може викликати фотохімічне руйнування тканин, зокрема їх вигоряння та ослаблення структури. УФ-випромінювання особливо впливає на натуральні волокна, такі як бавовна і льон, які можуть втрачати естетичний вигляд і міцність.

## 5. Екологічні фактори

Вологість, пліснява, грибок, пил і інші забруднювачі також впливають на руйнування матеріалів. Волога сприяє розкладанню деяких видів тканин, особливо натуральних, які здатні поглинати воду, що в свою чергу створює сприятливі умови для розвитку грибка. Пліснява і забруднення руйнують структуру матеріалів, особливо якщо вони не проходять належного догляду.

Отже, дослідження та аналіз факторів руйнування текстильних матеріалів дозволяє вдосконалювати процеси виробництва та обробки тканин, підбирати матеріали, більш стійкі до зазначених впливів, і розробляти рекомендації щодо догляду за одягом, щоб забезпечити його тривалий термін експлуатації.

#### **1.4. Дослідження екологічності текстильних матеріалів**

Екотекстиль – це текстильні матеріали, виготовлені з урахуванням принципів екологічної безпеки, з мінімальним впливом на навколишнє середовище та з урахуванням етичних аспектів виробництва. Основні ідеї екотекстилю базуються на використанні натуральних та органічних матеріалів, впровадженні відновлюваних ресурсів, безпечних методів фарбування, а також на повторному використанні текстилю та вторинній переробці. Екотекстиль спрямований на зменшення негативного впливу текстильної індустрії на екологію та покращення якості життя для споживачів і працівників виробництва.

Основні принципи екологічності текстильних матеріалів:

1. **Натуральні матеріали:** Екотекстиль часто використовує натуральні волокна, такі як органічна бавовна, льон, конопля, бамбук і шерсть, вирощені без хімікатів, пестицидів та гербіцидів. Важливим є також їх вирощування за умов збереження біорізноманіття та дотримання екологічних стандартів.

2. **Вторинна переробка:** Багато виробників екотекстилю впроваджують переробку використаних матеріалів, створюючи тканини з вторинної сировини, наприклад, перероблених пластикових пляшок, старих тканин або інших текстильних відходів. Це знижує потребу у видобутку нових ресурсів і зменшує обсяги текстильного сміття.

3. Безпечне фарбування: Екотекстиль використовує фарбування натуральними барвниками або екологічно безпечними хімікатами, які не містять токсичних речовин, важких металів і не забруднюють водні ресурси. Такі барвники менш шкідливі як для навколишнього середовища, так і для шкіри споживача.

4. Енергоефективність виробництва: Виробництво екотекстилю також передбачає зниження витрат енергії та води на різних етапах. Це досягається шляхом застосування енергоефективних технологій, очищення води та мінімізації викидів у процесах виробництва.

5. Соціальна відповідальність: Принципи екотекстилю включають також етичний аспект виробництва – умови праці, забезпечення прав працівників, відсутність дитячої праці. Виробники дотримуються стандартів етичного виробництва, що сприяє соціальній відповідальності бренду.

Переваги виробництва екологічних текстильних матеріалів.

1. Безпека для здоров'я: Матеріали екотекстилю не містять агресивних хімікатів, що забезпечує комфортне та безпечне носіння навіть для людей з чутливою шкірою або алергіями.

2. Сталий розвиток: Використання відновлюваних ресурсів і перероблених матеріалів сприяє сталому розвитку, зменшенню обсягів сміття та збереженню природних ресурсів для майбутніх поколінь.

3. Зменшення впливу на довкілля: Завдяки меншому використанню води, відсутності шкідливих хімікатів і скороченню викидів виробництво екотекстилю знижує забруднення навколишнього середовища.

Приклади екотекстильних матеріалів

- Органічна бавовна: Вирощується без пестицидів та генетично модифікованих організмів.

- Бамбукове волокно: Виробляється з бамбука, швидкорослої та відновлюваної рослини, яка потребує менше води та пестицидів.

- Конопля: Стійка культура, що не потребує хімічних добрив та пестицидів, з низьким впливом на довкілля.

- Льон: Натуральний матеріал, який розкладається швидше за синтетичні тканини і є екологічно безпечним.

Екотекстиль стає дедалі популярнішим у світі моди та серед свідомих споживачів, оскільки він поєднує якість, екологічність та соціальну відповідальність, підтримуючи тенденції до сталого споживання.

Екологічні текстильні матеріали мають свої унікальні характеристики, що впливають на ступінь зношення одягу, виготовленого з них. Ступінь зношення залежить від природи волокон, методів обробки та особливостей догляду за матеріалом. Екотекстиль може включати натуральні матеріали (органічна бавовна, льон, коноплі, бамбук, шерсть), а також перероблені синтетичні тканини. Розглянемо, як саме екологічні матеріали впливають на зносостійкість одягу.

### 1. Органічна бавовна

Органічна бавовна відома своєю м'якістю та приємністю до тіла, однак, як і звичайна бавовна, має відносно низьку стійкість до механічного зношення. Вона швидко поглинає вологу, що є перевагою для комфорту, але негативно впливає на міцність матеріалу з часом, особливо при частих праннях. Такі тканини можуть вицвітати і втрачати форму, особливо під впливом високих температур і хімічних засобів для прання. Однак органічна бавовна виграє за рахунок меншої кількості обробок під час виробництва, що знижує ризик руйнування волокон на ранньому етапі.

### 2. Льон

Льон є одним з найбільш стійких натуральних матеріалів. Його волокна мають високу міцність і відносну стійкість до розтягування, тому одяг з льону здатний служити довго. Проте льон легко мнеться, а це означає, що під час носіння і прання його зносостійкість може частково знижуватися. Лляні тканини добре переносять прання в холодній воді і підходять для регулярного використання, що робить їх практичним вибором для екологічного одягу повсякденного призначення.

### 3. Бамбук

Бамбукове волокно, отримане з бамбука – відновлюваного ресурсу, часто використовується в екологічному текстилі завдяки своїм природним



антибактеріальним властивостям. Бамбукова тканина м'яка і приємна до тіла, проте вона може бути менш міцною в порівнянні з іншими натуральними волокнами, особливо якщо волокно не піддавалося додатковим методам зміцнення. Слабка сторона бамбукових тканин – схильність до розтягування та втрати форми з часом, особливо при високих температурах прання, що може знизити їх довговічність при інтенсивному використанні.

#### 4. Коноплі

Конопляні тканини мають високу міцність і чудово витримують інтенсивне носіння. Волокна коноплі стійкі до розтягування та механічного впливу, вони можуть довго зберігати свою структуру. Одяг з конопель має низький ступінь зношення і з часом стає м'якшим, але не втрачає форми. Крім того, коноплі мають антибактеріальні властивості, що запобігає розвитку неприємного запаху і збільшує термін служби одягу.

#### 5. Перероблені матеріали

Екологічні текстильні матеріали часто включають тканини, виготовлені з переробленого поліестеру або інших вторинних матеріалів. Перероблений поліестер за характеристиками схожий на звичайний поліестер, але може мати дещо меншу міцність, що пов'язано з процесом переробки. Однак, такі тканини показують добру стійкість до зношення, особливо до стирання, і добре тримають форму, що робить їх придатними для тривалого використання.

#### 6. Натуральна вовна

Вовна – ще один природний екологічний матеріал, який характеризується високою міцністю і зносостійкістю. Шерстяні тканини, завдяки своїй пружності, стійкі до утворення складок, розривів і стирання. Проте шерсть потребує особливого догляду: висока температура і невідповідні засоби для прання можуть призвести до звалювання або усадки виробів, що впливає на їхній зовнішній вигляд та довговічність.

Чинники, що впливають на довговічність екотекстильних матеріалів.

Екотекстильні матеріали часто мають довший термін служби завдяки своїм природним властивостям, однак для збереження їхньої якості важливим є правильний

догляд. Наприклад, використання екологічних, м'яких засобів для прання та уникаючи високих температур, дозволяє уникнути деформації, вицвітання та пошкодження волокон.

Отже, екологічні текстильні матеріали можуть бути довговічними та зносостійкими, проте їхня міцність часто залежить від особливостей догляду і умов використання. Завдяки правильному підбору та використанню екотекстиль забезпечує комфорт, естетичну привабливість і тривалий термін служби, знижуючи при цьому вплив на довкілля.

## РОЗДІЛ 2. ВПЛИВ ОСНОВНИХ РУЙНУЮЧИХ ФАКТОРІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

### 2.1. Вплив багаторазового прання на характеристики текстильних матеріалів

Багаторазове прання істотно впливає на якість текстильних матеріалів, оскільки під час цього процесу тканина піддається фізико-хімічному впливу, що призводить до зносу волокон, зміни кольору, форми та текстури. Розглянемо основні аспекти впливу прання на текстильні матеріали і як це відображається на їхній довговічності та зовнішньому вигляді.

#### 1. Зношення волокон

При багаторазовому пранні текстильні волокна стираються і слабшають, особливо в умовах машинного прання з використанням віджиму на високих оборотах. Це призводить до поступового руйнування волокон, через що тканина стає менш міцною і з часом втрачає свої первинні властивості. Наприклад:

- Бавовна: волокна з часом стають жорсткішими і менш еластичними.
- Синтетичні тканини: зношуються повільніше, проте під впливом гарячої

води можуть втрачати форму та еластичність.

#### 2. Зміна кольору

При кожному пранні частина фарбувальних пігментів вимивається, через що колір текстильних виробів може вицвітати або втрачати насиченість. Це особливо помітно у випадку яскравих і темних кольорів. Зазвичай текстиль з натуральних волокон (бавовна, льон) швидше втрачає колір порівняно з синтетичними, оскільки натуральні пігменти більш вразливі до впливу води і миючих засобів.

#### 3. Зміна форми та усадка

Деякі тканини можуть змінювати розмір і форму після кількох циклів прання. Наприклад, натуральні волокна, такі як бавовна та шерсть, мають властивість усадки під впливом води і високих температур. Це часто призводить до зменшення розміру одягу, а також до втрати еластичності. Синтетичні матеріали менше схильні до усадки, але вони можуть втрачати форму при високих температурах.

#### 4. Поява пілінгу

Кошлатання виникає, коли короткі волокна відриваються від поверхні тканини і заплутуються у вузлики або кульки на поверхні. Цей ефект особливо помітний на матеріалах із синтетики та змішаних тканинах. Пілінг знижує естетичну привабливість виробів, роблячи їх вигляд менш доглянутим та зношеним.

#### 5. Вплив миючих засобів

Багато миючих засобів містять агресивні хімікати, які руйнують структуру тканини та її забарвлення. Наприклад, відбілювачі або засоби з високим вмістом лугів здатні роз'їдати волокна, що пришвидшує знос. М'які та екологічні миючі засоби менш агресивні, проте все одно можуть спричинити поступове зношення тканини при багаторазовому використанні.

#### 6. Втрата текстури та м'якості

Матеріали, що зазнають багаторазового прання, можуть втрачати свою первинну м'якість. Наприклад, бавовна та льон стають жорсткішими, особливо якщо вони не обробляються спеціальними пом'якшувачами для тканин. Синтетичні матеріали, як-от поліестер, зберігають свою м'якість довше, але також піддаються втраті текстури при частому пранні.

Рекомендації для збереження якості матеріалів при пранні

- Прати в холодній або теплій воді: це знижує ризик усадки та зменшує вимивання пігментів.
- Використовувати м'які засоби: уникайте агресивних відбілювачів та сильних хімікатів.
- Віджим на низьких оборотах: мінімізує фізичне зношення волокон.
- Сушити на повітрі: зменшує ризик усадки та деформації, особливо для натуральних волокон.

Таким чином, багаторазове прання поступово погіршує якість текстильних матеріалів. Проте при правильному догляді, виборі м'яких миючих засобів та помірних температур цей процес можна сповільнити, зберігаючи одяг у хорошому стані на тривалий час.

Аналіз різного роду руйнівних факторів показав, що на строк експлуатації одягу

повсякденного призначення одночасно впливають фізико-хімічні та механічні чинники, що належать до комбінованої групи. Окрім цього, фізико-хімічні чинники, такі, як вода, склад розчину пральної ванни, поверхнево-активні реагенти, температура прання, повторне замочування тощо присутні тільки при очищенні виробів. Але, якщо цей процес за 1-2 місяці експлуатації проводять, як необхідність через день і він дорівнює, в середньому, 28 циклам, то його сумарний вплив на зміну характеристик волокнистої системи очевидний.

## **2.2. Характеристика фізико-механічних показників текстильних матеріалів, взятих для дослідження**

Геометричні показники текстильних матеріалів, такі як розмір, товщина, щільність та форма, можуть змінюватися після прання під впливом різних факторів. Ці зміни відбуваються через фізичні та хімічні властивості волокон, структуру тканини, а також режими прання. Теоретичний аналіз основних причин змін геометричних показників текстильних матеріалів після прання дає можливість краще розуміти природу цих процесів та розробляти методи для мінімізації їх негативного впливу.

### **1. Вплив вологи**

Під час прання текстильні волокна поглинають воду, що призводить до їх набухання. Наприклад, бавовна та шерсть є гігроскопічними волокнами і мають високу здатність до поглинання вологи. При набуханні волокна розширюються, змінюючи розміри тканини, що часто призводить до збільшення об'єму, але може також спричинити усадку після висихання, оскільки волокна намагаються повернутись до початкового стану, що відбивається на довжині та ширині матеріалу.

### **2. Усадка волокон**

Усадка – одна з основних причин зміни розмірів текстилю. Натуральні волокна, такі як бавовна та шерсть, більш схильні до усадки під впливом вологи та тепла. Після прання тканина "сідає", оскільки волокна ущільнюються і займають менше місця в

структурі. Цей ефект посилюється при пранні в гарячій воді або при висушуванні в машині. Такі матеріали, як бавовна, можуть втратити до 5–10% своєї довжини, тоді як шерсть може зазнати ще більшої усадки.

### 3. Деформація під дією температури

Температура води та режим прання суттєво впливають на геометричні показники тканини. Гаряча вода сприяє розширенню та розм'якшенню волокон, що робить їх більш схильними до деформації. Наприклад, синтетичні тканини, такі як поліестер і нейлон, при високих температурах можуть розтягуватися або втрачати форму. Також зміни температури під час прання і полоскання можуть призвести до стресу волокон, що створює нерівномірність і візуальну деформацію тканини.

### 4. Вплив механічного впливу

Механічне навантаження під час прання, особливо при використанні машин із високими оборотами, сприяє стиранню волокон, їх розриванню або витягуванню. Під час тертя волокна тканини труться одна об одну, що призводить до зміни щільності і товщини матеріалу. Деякі тканини, особливо тонкі, схильні до розтягування, що змінює їхні геометричні параметри та призводить до втрати початкової форми.

### 5. Структура тканини та тип переплетення

Тип переплетення та структура тканини також відіграють значну роль у зміні її розмірів після прання. Трикотажні вироби, наприклад, є більш еластичними і мають велику здатність до розтягування та стиснення, тому після прання вони часто "сідають" більше, ніж тканини з щільним переплетенням. Трикотаж також схильний до витягування, якщо тканина не оброблена додатковими стабілізуючими засобами.

### 6. Хімічний вплив миючих засобів

Миючі засоби, особливо з високим вмістом лугів або хімікатів для відбілювання, можуть послабити структуру волокон, змінити їх форму і зменшити міцність. Луги можуть розширювати волокна, роблячи їх більш вразливими до механічного впливу. Це призводить до втрати щільності та рівномірності тканини, а також зниження її загальної товщини.

### 7. Фіксованість розмірів тканини під час виробництва

Деякі матеріали обробляються спеціальними речовинами, які стабілізують їхні розміри і запобігають усадці. Проте при багаторазовому пранні ці речовини поступово змиваються, і тканина починає проявляти свої природні властивості, що може призвести до її зменшення чи зміни форми.

Отже, геометричні показники текстильних матеріалів після прання змінюються внаслідок різних фізичних і хімічних процесів, таких як усадка, набухання, механічне навантаження, зміна температури та хімічний вплив. Щоб зменшити ці зміни, рекомендується дотримуватися температурного режиму, уникати агресивних миючих засобів та надмірного механічного впливу під час прання. Це дозволить зберегти початкові властивості тканини та продовжити термін її використання.

Фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів для одягу повсякденного призначення свідчать про те, що до їх волокнистого складу входять бавовняні, віскозні, капронові та лавсанові волокна (табл. 2.1).

Для дослідження були взяті типові текстильні матеріали, які застосовуються для виготовлення одягу повсякденного призначення. Так, для виготовлення, наприклад, штанів використовують тканину (зразок № 2), до складу якої входить 100 % бавовни по основі та 100 % поліефірного (лавсанового) волокна по утоку саржевого переплетення ( $R = 1/3$ ) при товщині 0,76 мм, стійкості до стирання по площині 262,0 цикла та коефіцієнті повітропроникності – 84,5  $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ . Розривальне зусилля проб (50×200) мм по основі дорівнює 785,0 Н, по утку – 1045,0 Н та видовженні 24,0 і 80,2 % відповідно, а їх роздиральне зусилля (70×200) мм при цьому становить 35,0 Н по основним ниткам і 14,7 Н – по утоковим (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

### Фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів

Основні показники проб матеріалів, що використовуються для дитячих штанів	Номер зразка			
	№ 1П	№ 2	№ 3	№ 4*
Волокнистий склад $V_c$ , %:				
- по основі	100 Б	100 Б	100 ПА	100 В <sub>ic</sub> <sup>c</sup>
- по утоку	100 Б	100 ПЕ	100 ПА	100 В <sub>ic</sub> <sup>p</sup>
Переплетення, R	саржа 3/1	саржа 1/3	полотняне	утокова

				гладь
Розривальне зусилля $P_p, H$ :				
- по основі	1325,0	785,0	884,4	152,4 <sup>c</sup>
- по утоку	885,0	1045,0	610,0	250,0 <sup>p</sup>
Відносне видовження $V_a, \%$ :				
- по основі	42,0	24,0	84,4	77,7 <sup>c</sup>
- по утоку	20,0	80,2	55,0	61,0 <sup>p</sup>
Роздиральне зусилля $P_{роз}, H$ :				
- по основі	31,4	35,0	21,0	11,8 <sup>c</sup>
- по утоку	40,0	14,7	34,2	15,6 <sup>p</sup>
Товщина проби $L_n, мм$	0,87	0,76	0,25	1,00
Стійкість до стирання по площині $C_c, цикли$	1001	262	227	192
Коефіцієнт повітропроникності $K_n, дм^3/м^2 \cdot с$	10,5	84,5	23,4	278,0

**Примітка:** Б – бавовняне волокно; ПЕ – поліефірне волокно (лавсан, пряжа); ПА – поліамідне волокно (капрон); Віс – віскозне волокно; \* – трикотажне полотно (с – стовпчик, p – рядок)

До другої групи тканин (зразок № 3), які використовуються при виготовленні виробів повсякденного призначення, причому в достатньо великих масштабах, слід віднести матеріали із 100 % поліамідних (капронових) волокон полотняного переплетення при розривальних характеристиках по основі 884,4 та 610,0 Н по утоку, при видовженні проб на 84,4 та 55,0 % відповідно. Товщина тканини дорівнює 0,25 мм, роздиральне навантаження основних ниток складає 21,0 Н, а утокових – 34,2 Н. Що ж стосується стійкості зразків матеріалу до стирання по площині, то його значення складає 227,0 циклів, а повітропроникнення – 23,4 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с (табл. 2.1).

Окрім розглянутих тканин одяг виготовляють, використовуючи й трикотажні полотна, фізико-механічна характеристика одного з таких полотен представлена в таблиці 2.1 (зразок № 4). Так, до волокнистого складу проби входить 100 % віскозна пряжа, переплетена утоковою гладдю при товщині матеріалу 1,00 мм. Розривальне зусилля петельного стовпчика дорівнює 152,4 Н, а петельного ряду – 250,0 Н при відносному видовженні 77,7 і 61,0 % відповідно. Значення роздирального зусилля не значне і по петельному стовпчику становить всього 11,8 Н, а по петельному ряду – 15,6 Н. Стійкість проб до стирання по площині знаходиться на рівні 192,0 циклів, а їх



коефіцієнт повітропроникності дорівнює  $278,0 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$  (табл. 2.1).

Також, в роботі для порівняння при проведенні досліджень відносно впливу указаних факторів були виготовлені проби з тканини «джинс», яка раніше виготовлялась на вітчизняних підприємствах (табл. 2.4, зразок № 1П), а також використовувалась для виготовлення дитячого асортименту різних вікових груп. До волокнистого складу указанного матеріалу як по основі, так і утку входять 100 % бавовняні волокна, і при саржевому переплетенні ( $R = 3/1$ ) його товщина дорівнює 0,87 мм. Розривальна характеристика проб по основі має величину, яка дорівнює 1325,0 Н, а по утку – 885,0 Н при їх відносному видовженні в 42,0 та 20,0 % відповідно. Роздиральні зусилля тканини досить суттєві, а саме по основі 31,4 Н, а по утку – 40,0 Н. Якщо аналізувати інші показники, то стійкість проб до стирання по площині дорівнює 1001,0 цикл, тобто найбільша в порівнянні з охарактеризованими зразками № 2; 3 і 4, проте значення коефіцієнта повітропроникності незначне – всього  $10,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Таким чином, очевидно, що для оцінки зміни фізико-механічних характеристик матеріалів різного асортименту, що використовуються при виготовленні виробів слід контролювати такі показники проб, як волокнистий склад, вид переплетення, розривальні та роздиральні зусилля, видовження, товщину, стійкість до стирання по площині та коефіцієнт повітропроникності, що достатньо згідно поставлених задач.

### **2.3. Теоретичний аналіз основних причин зміни геометричних показників текстильних матеріалів після прання**

Оскільки бавовняні волокна – це представники природної целюлози, віскозні волокна виготовляють із гідратцелюлози, капронові (поліамідні) – це полімер капролактаму, а лавсанові (поліефірні) – сополімер терефталевої кислоти і етиленгліколю, то очевидно, що при такому різному хімічному складі їх відношення до дії мильно-содового водного розчину буде не однаковим і, насамперед, до води. Так, незважаючи на досить значну кількість гідроксильних груп (ОН), які по своїй природі гідрофільні, бавовняні волокна не розчиняються у воді завдяки наявності в целюлозі водневих та Ван-дер-Ваальсових міжмолекулярних зв'язків, а тому здатні

тільки до обмеженого набухання. Якщо волокно занурити у воду, то його поперечний переріз збільшується на 45-50 %, а довжина всього на 1-2 %. Але при високій вологості (вище 80 %) та при нагріванні від 60 до 110 °С набухання волокна різко зростає, а його довжина зменшується, що призводить до зсідання [1-6].

Віскозні волокна, завдяки технологічному процесу їх отримання, більш гігроскопічні ніж бавовняні і характеризуються досить високим рівнем набухання у воді, збільшенням поперечного перерізу до 60 %, різким зменшенням міцності в мокрому стані та зсіданням (до 12 %) після висихання, що слід віднести до недоліків [2, 9].

Для виготовлення швейних виробів дитячого асортименту в теперішній час використовують текстильні матеріали із 100 % поліамідних (капронових) волокон (по основі і утку), які відносяться до гетероланцюгових синтетичного класу. Вихідною сировиною для отримання капронового волокна є капролактам, який після проведення певних технологічних операцій (розплавлення, полімеризація, видалення низькомолекулярних фракцій, промивка криштива тощо) відправляють на прядильний агрегат для формування волокна [15].

Поліамідні волокна характеризуються високою упорядкованою надмолекулярною структурою та кристалічністю, але завдяки наявності більш орієнтованого поверхневого шару може призводити до їх неоднорідності. Капронові волокна еластичні та із-за стійкості до стирання перевищують усі природні та більшість хімічних волокон. Гігроскопічність капрона дорівнює 5 %, а тому сорбційні властивості мають низький рівень [16]. При контакті з водою волокна мають незначне набухання, що підтверджується малою втратою їх міцності у вологому стані (5-10 %) від вихідного значення [12, 14, 15]. Що ж стосується зсідання текстильних матеріалів, виготовлених із поліамідних волокон, то завдяки технологічному процесу формування, особливо витягуванню, їх довжина збільшується в 4-5 разів від вихідного значення, яка після релаксації, що призводить до знімання наданих деформацій (пружна, еластична, пластична), стає набагато меншою величиною. Але, оскільки залишкові деформації все-таки присутні, то для того, щоб капронові волокна і тканини при подальшій переробці не зсідались, їх термофіксують гарячою водою

або парою [10]. При цьому слід зазначити, що оскільки термофіксація волокнистих систем суттєво впливає на їх фізико-механічні і хімічні властивості (міцність, розтягування, жорсткість, деструкція макромолекул тощо), величини яких можуть зберігатися в часі, то процес стабілізації вважається зворотним і отриманий ефект відсутності або зменшення зсідання зникає при багаторазовій обробці гарячою водою, що спостерігається при проведенні наших досліджень.

Поліефірне волокно (лавсан) також відноситься до гетероланцюгових синтетичних волокон [12]. Для виготовлення волокна використовують етиленгліколь і терефталеву кислоту. Лавсанове волокно гідрофобне, а тому при нормальних атмосферних умовах його гігроскопічність дорівнює всього 0,4 %. При контакті з водою волокно не набухає, а тому його міцність в мокрому стані не змінюється в порівнянні з вихідним значенням. Лавсанове волокно вважається хімічностійким до мінеральних кислот, але руйнується лужними розчинами, особливо при підвищених температурах [15].

Для зняття надмірних деформацій, отриманих волокном в процесі витяжки, наявність яких обумовлює зсідання при релаксації, його, а також текстильні полотна піддають термофіксації гарячою водою або нагрітим повітрям з наступним їх охолодженням. Указані технологічні процеси, які аналогічні до поліамідних матеріалів, стабілізують волокнисті системи лавсану, але тільки до певного часу, оскільки залишкові деформації при експлуатації швейних виробів та багаторазовому очищенні (пранні), наприклад, в мильно-содовому розчині, відновлюючись, знову обумовлюють їх зсідання.

Отже, проведений аналіз свідчить про те, що відношення текстильних матеріалів до впливу води відзначається певними особливостями і залежить, насамперед, від волокнистого складу, тобто від природи волокноутворюючого полімеру. Так, бавовняні і віскозні тканини при обробці гарячою водою різко зменшують міцність, стійкість до стирання, пружну і еластичну деформації, лінійні розміри, що свідчить про зсідання, збільшують набухання тощо. Указані перетворення більш характерні для гідратцелюлози завдяки незначному ступеню полімеризації і послабленню міжмолекулярних сил у макромолекулах.

Синтетичні матеріали, виготовлені із капрону і лавсану, практично стійкі до впливу гарячої води. Але багатократна обробка, яка обумовлює зменшення або повне зникнення їх стабілізації, отриманої в процесі виробництва, призводить до появи залишкових деформацій, змінюючи такі показники тканин, як, наприклад, лінійні розміри, товщину, пористість, набухання тощо.

Згідно класичного поняття, зсідання волокнистих систем – це зміна розмірів швейного виробу або тканин в процесі їх виробництва, збереження, замочування, прання, впливу світла, інсоляції, волого-теплових обробок та інше. Приведений перелік факторів, в основному, відзначається не тільки комплексною, але й одночасною дією, а тому потенціальне зсідання матеріалів не можна передбачити на різних стадіях технологічного процесу і експлуатації. Так, спеціалісти стверджують, що найбільше значення зсідання тканина отримує при її виготовленні та опоряджуванні, оскільки основні та утокові нитки розтягуючись, отримують внутрішні напруження (деформації), що перешкоджає про-ходженню їх повної релаксації і створюються додаткові умови для подальшого його збільшення. При цьому, як було зазначено раніше, пружна деформація після зняття навантаження миттєво зникає, а пластична залишається в тканині. А що стосується еластичної деформації, яка вважається повільно зворотною, зникає частково і, при створенні сприятливих умов, знову проявляється, що призводить до зсідання текстильних матеріалів.

Отже, до основних причин зсідання текстильних матеріалів незалежно від волокнистого складу слід віднести такі, як внутрішні напруження у волокні, пряжі та тканині, отримані в процесі виробництва при проведенні витягування, термофіксації, стабілізації, а також опоряджувальних робіт, їх набухання у воді і мильно-содових розчинах або інших очисних ваннах з використанням пральних порошків різного хімічного складу, релаксації, прасування, експлуатації тощо. Але для найбільш ймовірного визначення ступеня впливу на величину зсідання використовується тільки контроль геометричних розмірів зразків текстильного матеріалу (по основі і утку) після прання або замочування, оскільки оцінка характеристик інших основних причин не практикується, що відноситься до недоліків.

Таким чином можна стверджувати, що зсідання волокнистих систем залежить від достатньої кількості факторів, які спроможні впливати одночасно і комплексно, а тому даний процес слід віднести до багатофакторного та такого, який обумовлює труднощі при його дослідженні, оскільки метод оцінки, яким користуються на сьогодні, недостатньо інформативний.

#### **2.4. Характеристика стандартних методів вологої обробки текстильних матеріалів та критерії оцінки її впливу**

На основі аналізу умов експлуатації швейних виробів дитячого асортименту було встановлено, що до одного з важливих НШЧ, який суттєво впливає на зносостійкість швейних виробів слід віднести їх прання в домашніх умовах. Оскільки, під час експлуатації виробів повсякденного призначення на протязі певного терміну процес очищення відбувається багаторазово, то вплив таких чинників, як механічне тертя, хімічна взаємодія поверхнево-активних речовин, температура миючих розчинів, а також фізико-хімічне навантаження на матеріал при висушуванні, прасуванні і повторному замочуванні призводить до його значної зміни та руйнування. Це відбувається тому, що, як показали дослідження, при пранні, особливо багаторазовому, вплив механічного чинника найбільший і дорівнює 50 %, значення фізико-хімічного чинника становить 30 %, а хімічного і температурного – по 10 % [21]. Зрозуміло, що приведені показники будуть змінюватись від хімічного складу прального розчину, температури, волокнистого складу виробів (тканин), кількості циклів їх очищення та інше, які безумовно можуть впливати одночасно, сприяючи порушенню різних характеристик волокнистих матеріалів. Але згідно вітчизняним нормативно-технічним умовам та положенням, критерієм для оцінки використовують тільки зміну розмірів зразків по основним і утоковим ниткам, тобто їх зсідання. Отриманий показник характеризує лінійне або часткове зсідання матеріалу і відноситься до першої групи методів. А що стосується методів другої групи, які призначені для виявлення повного (потенційного) зсідання, то для цього ще необхідно дослідити зміну його значень за площею та об'ємом [11, 19, 20, 21].

Зсідання виражають у відсотках від вихідних розмірів проб матеріалів і обчислюють за формулами:

$$Z_l = 100 (l_1 - l_2) / l_1, \% \quad (2.1)$$

$$Z_s = 100 (S_1 - S_2) / S_1, \% \quad (2.2)$$

$$Z_v = 100 (V_1 - V_2) / V_1, \% \quad (2.3)$$

де  $l_1, S_1, V_1$  – відповідно вихідні лінійні розміри, мм; площі,  $\text{мм}^2$  і об'єму,  $\text{мм}^3$  проби;  $l_2, S_2, V_2$  – теж саме, але після очистки.

Отже, повне зсідання текстильного матеріалу представляє собою суму таких трьох складових, як лінійне ( $Z_l$ ), за площею ( $Z_s$ ) та об'ємом ( $Z_v$ ). Але, оскільки при дослідженні тканин різного асортименту досягнути припинення указанного процесу (додатного чи від'ємного) в часі практично неможливо, то величина зсідання характеризується зміною тільки їх лінійних розмірів по основі та утку за прискореними стандартними методами, що є недоліком. Слід також зазначити, що зсідання матеріалів, які можуть відрізнитися волокнистим складом, визначають за трьома стандартними методами [13]. При цьому принцип його визначення також неоднаковий, тому що зразки мають різні лінійні розміри, хімічний склад миючих розчинів, модуль ванн, температурний режим, час очищення та інше. Так, в стандартах [15-19] прання проб матеріалів не передбачено, а тільки замочування і саме для тих, які в своєму складі мають вовняні волокна. Слід зазначити також про те, що кількість зразків тканини, взятих для дослідження може різнитися від одного [11] до двох [15, 16], чотирьох [14] та двадцяти [15]. Проби матеріалів, виготовлених із бавовняних, лляних, віскозних волокон, комплексних ниток і в'язально-прошивних нетканих полотен, згідно вимог стандарту [16] перуть у пральній машині при температурі 20-25 °С. Для цього в бак заливають 10 л води указаної температури, додають 40 грам господарського 60-72 %-вого мила і 10 грам кальцірованої соди, розчинених у 0,5 л води при температурі 70-80 °С і перуть на протязі 30 хв з наступним полосканням чистою водою та віджиманням. Після висушування праскою, підігрітою до 200 °С, проводять заміри зміни лінійних розмірів проби в напрямку

основи і утоку, але тільки за формулою (2.3).

Якщо визначають вплив прання на трикотажні полотна, то миюча ванна вже містить 12 л води, 36 грам господарського 60-72 %-вого мила і 24 грами кальцірованої соди, розчинених у 0,5 л води. В разі, коли трикотажне полотно виготовлене з бавовняних волокон, то процес очищення проводять при температурі 70 °С на протязі 30 хв, а коли з інших волокон, окрім вовняних, то прання проб також продовжується указаний час, але при температурі 40 °С. Наявність у полотні вовняних волокон обумовлює температуру прального розчину у 40 °С та виключення зі складу ванни кальцірованої соди [16].

Зсідання після замочування водою вивчають тільки такі зразки тканин, що виготовлені з 100 % вовняної та напіввовняної пряжі. Сутність цього методу полягає в тому, що дві проби матеріалу розміром (250×250) мм зважують, складають удвічі і занурюють у воду з температурою 18-25 °С на одну годину. Після віджимання води та висушування до постійної маси (ваговий контроль), проводять наявність зміни лінійних розмірів проб у напрямку основних та утокових ниток [16, 19].

Для випробування текстильних матеріалів, виготовлених з натурального шовку, а також хімічних (штучних, синтетичних) волокон і їх сумішей, використовують методику, рекомендовану стандартом [12]. Згідно його умов, три проби по основі і три проби по утоку розміром (50×350) мм завантажують у ємкість з водою підігріту до 55-60 °С, додають пральний порошок «Новина» з розрахунку 2 грама порошку на 1 літр миючого розчину і, включивши вібратор, перуть на протязі 30 хв. Після цього зразки два рази промивають у воді ( $t = 35-40$  °С), висушують та витримують не менше 30 хв. при нормальних атмосферних умовах, а вплив власне прання визначають як середнє арифметичне результатів трьох вимірювань зміни лінійних розмірів по основі і утоку, та підраховують за відомою формулою.

Отже, проведений аналіз літературних і нормативних джерел указує на наявність досить-таки значної кількості методів визначення зсідання текстильних матеріалів різного асортименту. Якщо провести узагальнення, то їх сутність можна охарактеризувати такими чотирма процесами, як підготовка зразків для дослідження, прання у спеціальних розчинах або замочування у воді, висушування і, насамкінець,

проведення замірів у напрямку основи (вподовж, петельний стовпчик) та утоку (впоперек, петельний ряд). Критерієм оцінки стійкості до прання є зміна лінійних розмірів проб в порівнянні з їх початковими значеннями, що обчислюють окремо для двох указаних напрямків у відсотках. В роботах [11, 16] зазначається, що лінійне зсідання тканин може мати додатне значення, якщо відбувається зменшення розмірів проб або від'ємне, коли вони збільшуються від вихідних, а що стосується способів визначення зсідання за площею ( $Z_s$ ) та об'ємом ( $Z_v$ ), то вони відсутні.

Таким чином, приведені характеристики свідчать, що діючі на сьогодні методи визначення впливу вологої обробки (прання, замочування) на текстильні матеріали відрізняються одна від одної хімічним складом миючої ванни, концентрацією інгредієнтів і їх переліком, температурним режимом, об'ємом води, розміром та способом висушування зразків, що слід віднести до недоліків, оскільки даний висновок підтверджується експериментально. Так, визначення зсідання шерсть-віскозних проб (50:50) по основі за трьома стандартами [16, 17, 21] свідчить про те, що при їх замочуванні у воді [19], зсідання дорівнює 3,0 %, а після прання у ваннах, з використанням мильно-содового розчину [16] і порошку «Новина» [13, 16] його значення становить 4,3 і 11,0 % відповідно [11]. Якщо до волокнистого складу проби входить 40 % шерстяного, 50 % віскозного і 10 % капронового волокон, то найбільше значення зсідання відбувається після її замочування у воді (6,9 %), а після обробки в розчинах ванн указаних рецептур [11, 12] величина показника змінюється від 6,7 до 3,2 % [11].

Отже, приведені дані вказують на те, що такий показник, як зсідання залежить не тільки від волокнистого складу зразків, що логічно, але й від способу їх вологої обробки за різними методами. Тому, результати, отримані для кожної окремо взятої тканини, вивчення яких проводилось за трьома стандартами неоднозначні, що також відноситься до недоліків. Необхідно також зазначити, що повне зсідання недостатньо інформативне і є наслідком контакту волокнистої системи з пральними ваннами без з'ясування основних причин, які негативно впливають на суттєві показники текстильних матеріалів після указаної обробки, що слід віднести також до недоліків.



## 2.5. Технологічний режим багаторазового прання зразків матеріалів

Якщо врахувати, що для виготовлення дитячих штанів були використані бавовняні, віскозні, поліамідні (капронові) і поліефірні (лавсанові) волокна в різних співвідношеннях (табл. 2.1), а їх функціональне призначення, умови експлуатації і перелік чинників практично однакові, то необхідність вивчення кінетики зміни властивостей зразків за єдиними методологічними основами є очевидною і потребує розробки.

Основою при виконанні поставленої задачі були використані результати експертної оцінки, приведені характеристики стандартів і їх аналіз, огляд літературних джерел, данні топографії зношування дитячого одягу (штанів) повсякденного призначення та власні дослідження.

Так, якщо проаналізувати результати ранжування, то при опитуванні дев'яти незалежних експертів, головне місце серед дев'яти показників якості займає «розривальне навантаження», на другому – «коефіцієнт повітропроникності», на третьому – «стійкість до стирання по площині», на четвертому – «зміна товщини», а на п'ятому – «роздиральне навантаження» – (табл. 2.2 і 2.3). Останні показники («сировинний склад текстильних матеріалів»; «гігроскопічність»; «жорсткість» та «питомий поверхневий електричний опір») займають нижчі ранги (від шостого по дев'ятий) і не будуть задіяні в даній роботі тому, що їх значення і фізико-механічна сутність більш повно характеризує текстильний матеріал в процесі його обґрунтування для виготовлення конкретного виробу. Тому, на даному етапі головна увага була приділена вивченню стійкості проб матеріалів до зсідання при дії багаторазового очищення (прання), оскільки цей чинник відноситься до одного з головних причин передчасного зношування текстильних виробів повсякденного призначення.

Окрім цього, з урахуванням проведеного аналізу стандартних методів, указаний процес, незалежно від волокнистих систем текстильного матеріалу необхідно проводити при однакових умовах, до яких слід віднести миючий розчин, його кількість, хімічний склад та концентрацію інгредієнтів, температурні режими прання, висушування і час його продовження. Такий підхід при вирішенні проблеми

рекомендується нами ще й тому, що для отримання коректних результатів, особливо при обґрунтуванні вибору тканин (конфекціонуванні) для дитячих штанів повсякденного призначення домашні умови їх багаторазового прання та лабораторні експерименти повинні бути ідентичними.

Дослідження було проведено згідно умов стандартної методики, сутність якої полягає в тому, що в миючій ванні (модуль 1:50) об'ємом 12 літрів води при кімнатній температурі, з яких в одному її літрі, підігрітою до 70-80 °С, розчиняють 60 грам господарського 60-72 %-вого подрібненого мила і 15 грам кальцинованої соди. Температура миючого мильно-содового розчину повинна постійно знаходитись в межах 38-40 °С, один цикл прання – 30 хв, а їх загальна кількість дорівнює 28 циклам. Після цього зразок матеріалу два рази (по 3-5 хв. кожний) промивають у чистій воді кімнатної температури, віджимають за допомогою центрифуги і висушують до сухого стану звичайним способом при нормальних умовах, тобто без використання електротеплових агрегатів.

Отже, зазначений технологічний режим прання створює умови лабораторних досліджень, які максимально наближаються до домашнього методу прання указаних виробів.

Необхідно відмітити також, що згідно діючих нормативно-технічних документів та стандартів для визначення ступеня стійкості проб текстильних матеріалів до одноразового замочування і прання використовують тільки такий критерій оцінки (у відсотках), як їх лінійне зсідання окремо по основним і утоковим ниткам. Указаний спосіб визначення стійкості до впливу води та чинників мильно-содових і інших ванн навіть при одноразовій обробці проб слід вважати недостатнім, про що зазначалось раніше, особливо, коли очищення виробів від забруднення вимушені проводити постійно через певний період часу. Такий технологічний режим, як свідчать результати досліджень, може суттєво впливати не тільки на додатне або від'ємне значення лінійного зсідання, але й на більш значимі структурні показники текстильних матеріалів. В зв'язку з цим, нами були проведені установчі експерименти при багаторазовому пранні згідно умов стандартної методики.

## 2.6. Проведення установчих експериментів при багаторазовому пранні

Для оцінки впливу мильно-содового розчину даної ванни та технологічного режиму, по зазначеним в роботі причинам, контролювалась не зміна лінійних розмірів проб після кожного циклу прання, а такі їх характеристики, як розривальне навантаження, коефіцієнт повітропроникності, товщина та стійкість до стирання по площині в порівнянні з початковими величинами. Указані показники використовуються як критерії комплексної оцінки стійкості текстильних матеріалів до багаторазового прання і вибір їх обґрунтовується результатами ранжування.

Для проведення установчих експериментів була обрана бавовняна тканина (зразок №1П), яка використовується при виготовленні дитячих виробів повсякденного призначення. Вихідні значення показників, що належать до критеріальної комплексної оцінки впливу багаторазового прання наступні:

розривальне зусилля по основі $P_p, H$	1325
коефіцієнт повітропроникності $K_n, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	10,5
стійкість до стирання по площині $C_c, \text{цикли}$	1001,0
товщина $L_n, \text{мм}$	0,87.

Процес прання проводили згідно умов зазначеного технологічного режиму. Зразок матеріалу площею  $4,0 \text{ м}^2$  після кожного циклу прання спочатку контролювали такими неруйнівними методами дослідження, як визначення зміни коефіцієнта повітропроникності та товщини, і після цього – розривальне зусилля та стійкість до стирання по площині, де проби повинні мати указані в стандартах розміри. Тканину, що залишилася після першого циклу прання та дослідження обробляли другий і наступні рази з обов'язковим приготуванням нового мильно-содового розчину та заміром зміни указаних показників, використовуючи стандартні методи, нормативні документи, а також устаткування.

Так, для визначення коефіцієнта повітропроникності, згідно умов стандарту [15], нами був задіяний прилад ВПТМ-2М (рис. 2.1). Значення цього показника проводилось по діагоналі зразка текстильного матеріалу до і після кожного прання. Отримані дані є результатом середнього арифметичного з десяти вимірів з точністю до  $0,1 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Стійкість тканини до стирання по площині досліджувалась на трьох пробах

діаметром  $(85\pm 2)$  мм з використанням стандартного приладу ДИТ-М (рис. 2.2).

А відносно вибору абразиву, то тільки на основі проведених експериментів було встановлено, що з урахуванням умов експлуатації, особливо контакту деталей штанів з шорохуватими асфальтовими покриттями, корою дерев, піску тощо найбільш адекватним матеріалом, який, в нашому випадку, максимально моделює вплив указаних факторів при стиранні зразків, виявився шліфувальний папір № 2.



Рис. 2.1. Прилад ВПТМ-2М



Рис. 2.2. Прилад ДИТ-М

За показник стійкості тканини до стирання по площині після кожного прання приймають середнє арифметичне трьох результатів досліджень з точністю до 0,1

циклу.

Для вивчення зміни розривальних характеристик використовували стандартну методику [16] та прилад РТ-250 М (рис. 2.3). Сутність проведення дослідження полягає в тому, що з загальної площі матеріалу, після кожного циклу прання за указаною технологією готують три проби по основі розміром (50×200) мм і визначають значення розривальних навантажень в порівнянні з вихідними. За показник стійкості матеріалу до прання приймають середнє арифметичне трьох результатів досліджень та округляють до цілих одиниць.



Рис. 2.3. Прилад РТ-250М

Слід також зазначити, що заміри зміни товщини тканини контролювали в різних п'яти точках після кожного циклу прання з використанням товщиноміру ТР-25-11 (рис. 2.4), а отримані результати підраховували з точністю до 0,01 мм.

На основі проведених експериментів та аналізу отриманих результатів можна стверджувати, що багаторазове прання тканини, виготовленої з бавовняних волокон, суттєво впливає на зміну значень розривальних навантажень, коефіцієнту повітропроникності, стійкості до стирання по площині та товщини. Окрім цього слід

зазначити, що процес очищення є руйнівним і це очевидно навіть, коли кількість циклів прання дорівнювала чотирьом (табл. 2.2).



Рис. 2.4. Прилад TP-25-11

Таблиця 2.2

**Зміна характеристик тканини (зразок № 1П) від впливу чотирьох циклів прання**

Кількість циклів прання тканини (зразок № 1П)	Контролюючі показники і їх значення після кожного циклу			
	Розривальне навантаження $P_p$ , Н; (%)	Коефіцієнт повітропроникності $K_p$ , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ; (%)	Стійкість до стирання по площині $C_c$ , цикли; (%)	Товщина $L_p$ , мм; (%)
Перший цикл	1260 (-4,9)	9,7 (-7,6)	865,0 (-13,6)	0,90 (+3,4)
Другий цикл	1250 (-5,7)	9,7 (-7,6)	855,0 (-14,7)	0,95 (+9,2)
Третій цикл	1240 (-6,4)	9,7 (-7,6)	845,0 (-15,6)	0,98 (+12,6)
Четвертий цикл	1225 (-7,5)	9,7 (-7,6)	840,0 (-16,0)	1,00 (+14,9)

**Примітка:** знак «+» – збільшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною; знак «-» – його зменшення

Так, після першого прання розривальне навантаження проб зменшується від початкового (1325,0 Н) на 4,9 %, а після другого, третього та четвертого циклу його значення дорівнює 1250; 1240 та 1225 Н відповідно, що складає (-5,7 %), (-6,4 %) і (-7,5 %). Аналогічна закономірність спостерігається при визначенні стійкості до стирання по площині.

Проведені експерименти свідчать також про незначні зміни величини коефіцієнта повітропроникності при даних умовах, а що стосується товщини, то зміна даної характеристики відбувається суттєва і залежить від процесу та його кількості (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

**Зміна характеристик тканини (зразок № 1П) від впливу  
чотирьох циклів прання**

Кількість циклів прання тканини (зразок № 1П)	Контролюючі показники і їх значення після кожного циклу			
	Розривальне навантаження $P_p, H; (\%)$	Коефіцієнт повітропроники ості $K_p, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}; (\%)$	Стійкість до стирання по площині $C_c, \text{цикли}; (\%)$	Товщина $L_n, \text{мм}; (\%)$
Перший цикл	1260 (-4,9)	9,7 (-7,6)	865,0 (-13,6)	0,90 (+3,4)
Другий цикл	1250 (-5,7)	9,7 (-7,6)	855,0 (-14,7)	0,95 (+9,2)
Третій цикл	1240 (-6,4)	9,7 (-7,6)	845,0 (-15,6)	0,98 (+12,6)
Четвертий цикл	1225 (-7,5)	9,7 (-7,6)	840,0 (-16,0)	1,00 (+14,9)

**Примітка:** знак «+» – збільшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною; знак «-» – його зменшення

Отже, якщо проаналізувати експериментальні дані, то задіяні показники, за допомогою яких характеризували вплив процесу прання проб матеріалу є обґрунтованими і такими, що можуть використовуватись для критеріальних оцінок зміни його властивостей.

Таким чином, проведені дослідження показують, що раніше висловлене припущення відносно отримання коректної оцінки впливу прання текстильних матеріалів можлива тільки в тому разі, коли рецептура пральних розчинів, температурні та технологічні режими, а також більш інформативні контролюючі показники будуть однакові і створять умови для порівняння результатів експериментів.

### **3. УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ ПРАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Удосконалення методики визначення негативного впливу прання на характеристики текстильних матеріалів полягає в комплексній оцінці показників якості.

В зв'язку цим, було сформульовано наукове припущення про домінуючу роль багаторазового процесу прання одягу повсякденного призначення в пральному розчині. Припущення ґрунтується на наявності одночасної зміни комплексу основних фізико-механічних (розривальні характеристики, стійкість до стирання по площині), гігієнічних (повітропроникнення) та геометричних (товщина) показників текстильних матеріалів при обов'язковому багаторазовому очищенні в мильно-содовому розчині, яке зумовлює першопричину передчасного зношування і руйнування дитячого одягу (штанів) повсякденного призначення.

#### **3.1. Зміна розривальних показників текстильних матеріалів від кількості циклів прання**

При удосконаленні методу оцінки зміни властивостей тканин від прання були використані результати власних спостережень, які дали змогу провести аналіз умов експлуатації одягу повсякденного призначення, виявити основні чинники руйнування виробів, охарактеризувати їх конструктивні особливості, топографію зношування, частоту очищення від забруднень, спосіб висушування тощо. Отримані результати свідчать, що для виготовлення даного одягу використовують ткани і трикотажні полотна, що відрізняються за волокнистим складом (природні, штучні, синтетичні), переплетенням тощо, основні характеристики яких приведені в табл. 2.1. В зв'язку з цим, вивчення впливу багаторазового прання (П) на експлуатаційні властивості було проведено для указаних матеріалів без виключення, а кількість циклів, за рекомендаціями і узгодженням експертів, становила 28. Заміри зміни розривальних навантажень, як критерію оцінки, проводили після першого циклу прання та трьох



наступних.

Отримані дані експериментів показали, що після першого циклу проби матеріалу зразка № 1П втрачають значення розривальних характеристик на 4,9 %. Якщо кількість циклів прання збільшити, наприклад, від 7 до 13, то величина розривального навантаження проб зменшується на 9,8; 10,1 і 13,6 % відповідно. Але найбільш суттєві зміни відбуваються при 16 циклах прання, які призводять до зменшення вказаної характеристики на 15,1 % від вихідного значення. Проведені контрольні заміри після 19; 22; 25 і 28 циклів, а це зменшення величини  $P_p$  на 17,4; 20,3; 23,4 та 24,7 % відповідно, вказують на те, що зразок № 1П, виготовлений із 100 % бавовняних волокон слід вважати стійким до 16 циклів прання в мильно-содовому розчині, оскільки їх збільшення фактично сприяє руйнуванню проб (табл. 3.1).

Необхідно також зазначити, що зменшення значення розривальних навантажень проб матеріалу зразка № 1П під час контакту з указаною ванною відбувається постійно, а тому, якщо прання проводити в межах 1...28 циклів, то очевидно, що їх зміна по відношенню до початкової величини використовується, як критерій оцінки даного процесу для зазначеної тканини, про що свідчить кінетична характеристика залежності між  $P_p$  і П (рис. 3.1, 1).

Особливе відношення до багаторазового прання у мильно-содовому розчині відбувається із тканиною зразка № 2 (рис. 3.1, 2).

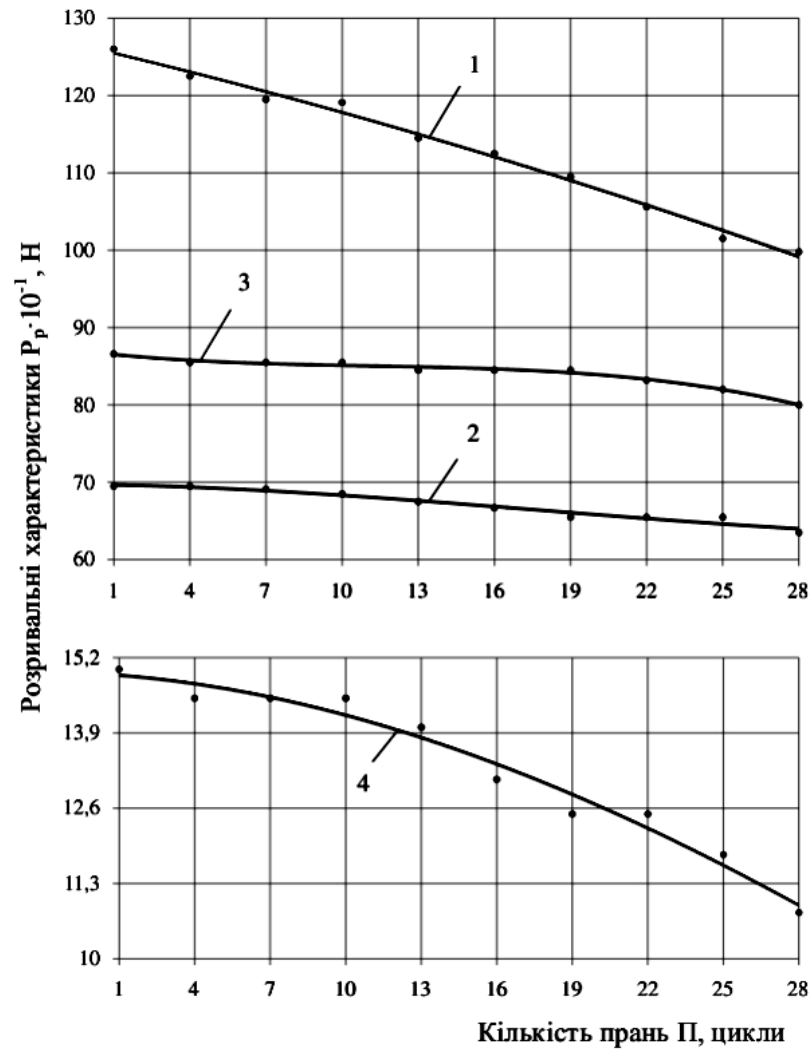
Отримані данні та аналіз досліджень свідчать, що такий процес, як багаторазове прання дає можливість коректно оцінити його вплив на розривальні характеристики цього матеріалу. До того ж, різке їх зменшення (на 11,5 %) після першого циклу обумовлюється не тільки наявністю релаксаційних процесів лавсанового волокна, але й одночасною хімічною взаємодією з мильно-содовим розчином лужного характеру, які, особливо при температурі, призводять до його деструкції [14, 15].

Таблиця 3.1

## Вплив багаторазового прання (очистки) проб текстильних матеріалів на їх розривальні характеристики

Номер зразка матеріалу і вихідне розривальне значення проби (50×200) мм по основі $P_p$ , Н	Кількість циклів прання (очистки) П, цикли									
	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28
	Зміна розривальних характеристик проб матеріалів від вихідного значення $P_p$ , Н; %									
	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н	Н
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Зразок № 1П, 1325,0	1260,0	1225,0	1195,0	1191,0	1145,0	1125,0	1095,0	1056,0	1015,0	998,0
	-4,9	-7,5	-9,8	-10,1	-13,6	-15,1	-17,4	-20,3	-23,4	-24,7
Зразок № 2, 785,0	695,0	695,0	691,0	685,0	675,0	667,0	655,0	655,0	655,0	635,0
	-11,5	-11,5	-12,0	-12,7	-14,0	-15,0	-16,6	-16,6	-16,6	-19,1
Зразок № 3, 884,4	860,0	855,0	855,0	855,0	845,0	845,0	845,0	832,0	820,0	800,0
	-2,7	-3,3	-3,3	-3,3	-4,5	-4,5	-4,5	-6,0	-7,3	-9,5
Зразок № 4, 152,4	150,0	145,0	145,0	145,0	140,0	131,0	125,0	125,0	118,0	108,0
	-1,6	-4,8	-4,8	-4,8	-8,1	-14,0	-18,0	-18,0	-22,6	-29,1

**Примітка:** знак «-» – зменшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною



**Рис. 3.1. Зміна величини розривальних характеристик в залежності від кількості очисток (прань) проб текстильних матеріалів: 1 – зразок № 1П; 2 – зразок № 2; 3 – зразок № 3; 4 – зразок № 4**

А якщо бавовняне волокно в даних умовах набухає на 15...50 % і окислюється до оксіцелюлози, зменшуючи довжину макромолекул та міцність [14, 16], то очевидно, що сумарний вплив указаних фізико-хімічних факторів обумовлює більш активне руйнування проб, але тільки до 16 циклу прання. Збільшення процесу очищення від 19 до 25 призводить до отримання однакових показників розривальних навантажень і тільки на останньому циклі його значення знизилось від початкового на 19,1 % (табл. 3.1).

Отже, на основі проведених досліджень можна стверджувати, що вплив мильно-содового розчину на бавовняно-лавсановий (100:100) матеріал (зразок № 2) не є постійним, а періодичним, оскільки розривальні навантаження, як критерій оцінки, відрізняючись величинами, характеризуються однаковими

значеннями в процесі прання проб в межах 1...4; 7...10 та 19...25 циклів.

Аналогічні дослідження були проведені з пробами матеріалу зразка № 3 (табл. 3.1, рис. 3.1, 3).

Отже, проведений аналіз показує, що мильно-содовий розчин для прання, за стандартною методикою, не проявляє агресивності до поліамідних волокон, оскільки вони хімічностійкі до лужних реагентів, характеризуються незначним набуханням у воді, про що було зазначено раніше. В зв'язку з цим, зменшення значень розривальних показників проб матеріалу зразка № 3, очевидно, відбувається завдяки впливу не тільки багаторазового прання, але й наявності механічного контакту з деталями пральної машини, центрифуги, частого висушування тощо, які супроводжують даний процес. Тому, на основі отриманих результатів відносно зміни значень розривальних навантажень можна стверджувати, що проби тканини, виготовлені з 100 % поліамідних волокон по основі і утку є стійкими до багаторазового прання в мильно-содовому розчині.

Що стосується трикотажного полотна (зразок № 4), то проведені дослідження показали наявність постійної зміни розривальних характеристик проб, абсолютне значення яких залежить від кількості процесів очищення (рис. 3.1, 4).

Отже, якщо провести аналіз отриманих результатів, то можна достеменно стверджувати про наявність впливу процесу прання, особливо, коли він проводиться багаторазово як необхідність, що характерно для швейних виробів дитячого асортименту, а саме штанів повсякденного призначення.

Таким чином, аналіз проведених експериментів свідчить про вплив прального розчину на розривальні характеристики проб усіх без винятку зразків матеріалів, які відрізняються волокнистим складом та структурою. Отримані результати для указаних зразків зменшуються в залежності від кількості циклів обробки, а тому при багаторазовому пранні проб постійний контроль ступеня зміни розривального показника, як одного з критеріїв оцінки слід вважати обґрунтованим, значення якого не повинно перевищувати 15 % від початкового і на основі проведених досліджень всі взяті для експерименту матеріали після 16 прання відповідають указаним вимогам. Але, якщо процес прання довести до 28 циклів, то проби зразка № 1П зменшують розривальні характеристики на 24,7 %,

зразка № 2 – на 19,1 %, а проби матеріалів зразків № 3 і 4 зменшують їх до 9,5 та 29,1 % відповідно. Окрім цього очевидно, що даний критерій оцінки дає змогу охарактеризувати вплив такого чинника, як прання на механічні показники зразків в залежності від їх волокнистого складу. Якщо тканина виготовлена частково (зразок № 2) або повністю (зразки № 3 і 4) з використанням синтетичних та штучних волокон, то процес їх зміни відбувається не постійно, а періодично і може характеризуватись однаковим значенням незалежно від кількості циклів очистки. Отже, багаторазове прання проб текстильних матеріалів різного асортименту при однакових умовах дає змогу порівняти і оцінити вплив прального розчину на їх розривальні показники та розмістити в наступний ряд стійкості до даного процесу після 28 циклів: зразок № 3 > зразок № 2 > зразок № 1П > зразок № 4.

### **3.2. Зміна стійкості до стирання по площині проб текстильних матеріалів від кількості циклів прання**

Для максимального моделювання впливу абразивних чинників на стійкість проб матеріалів до стирання по площині в лабораторних умовах після певних циклів прання в домашніх умовах, нами, за результатами установчих експериментів із сірошинельним сукном, лляною парусиною, натуральною шкірою, джинсовою тканиною тощо була обрана шліфувальна тканина № 2. Експерименти проводились з використанням приладу ДИТ-М (рис. 3.2). Критерієм оцінки стійкості, згідно стандартних умов [30], виступали цикли ( $C_c$ ), а саме їх кількість, яка була необхідна для руйнування проби матеріалу до утворення дірок при планетарному обертанні стираючої головки при питомому тиску між взірцем, абразивами і натягом матеріалу, які дорівнювали 1 кг/см<sup>2</sup> і 0,2 кг відповідно.

Аналіз проведених досліджень показав, що значення стійкості до стирання по площині проб зразка № 1П після першого циклу прання зменшується на 13,6 %, а після сьомого – на 28,6 %. Отримана залежність продовжується на протязі всього експерименту, але максимальне зменшення значення критерію оцінки

спостерігається тільки в межах 4...13 циклів прання, про що свідчать дані, заміряні в так званих контрольних точках. Після 13 прання в порівнянні з 10, зменшення показника відбулося тільки на 4,7 % і сумарно складає (-40,0 %) від початкового. Якщо провести дослідження проб від 16 до 25 очистки, то раніше отримані закономірності зберігаються, але темп їх зміни різко зменшується (табл. 3.2).

Отримані кінетичні залежності між указаними показниками свідчать, що такий процес, як багаторазове прання проб матеріалу зразка № 1П в мильно-содовому розчині призводить до суттєвого зменшення значень контролюючого показника. Особливо значний вплив даного фактора відбувається при проведенні 1 та 16 прання, які зменшують стійкість тканини до стирання по площині на 13,6 та 42,7 % і дорівнюють 865,0 і 573,8 циклів відповідно.

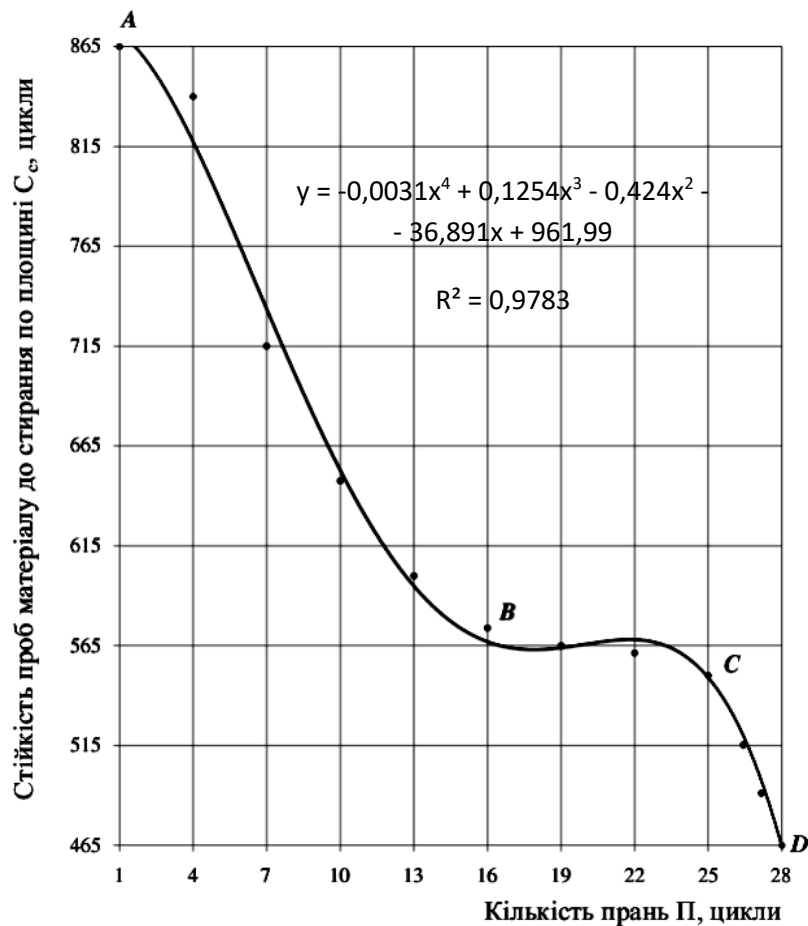
На кривій ABCD (рис. 3.2) отримана залежність проілюстрована ділянкою АВ, яку ми відносимо до першого етапу впливу процесу прання на величину циклів стирання по площині. Другий етап ВС за результатами досліджень знаходиться в межах 16...25 очисток, оскільки в цьому інтервалі їх вплив на ступінь зміни значення  $S_c$  найменший – від 42,7 до 45,1 %, різниця між якими дорівнює всього 2,4 %. Що ж стосується третього етапу, до якого відноситься ділянка CD, то його наявність на кінетичній кривій обумовлена різким зменшенням величини стійкості до стирання проб указанного матеріалу по площині в межах 25...28 циклів прання. Так, проведені експерименти показали, що  $S_c$  після 25 очисток дорівнюють 550,0 циклів, а після 26 – 515,0 циклів, зменшившись на 48,6 % від вихідного значення. Якщо проби матеріалу обробити 27 раз, то значення контролюючого показника стало дорівнювати 488,8 циклів, а після останнього, 28 прання, зменшилось до 465,0 циклів, що становить 53,5 % від початкової величини.

Таблиця 4.2

## Вплив багаторазового прання (очистки) проб текстильних матеріалів на їх стійкість до стирання по площині

Номер зразка матеріалу і вихідне значення стійкості проби до стирання по площині $C_c$ , цикли	Кількість циклів прання (очистки) П, цикли										
	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28	
	Зміна стійкості проб матеріалів до стирання по площині від вихідного значення $C_c$ , цикли; %										
	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$	$C_c$
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	
Зразок № 1П, 1001,0	865,0	840,0	715,0	647,5	600,0	573,8	565,0	561,3	550,0	465,0	
	-13,6	-16,0	-28,6	-35,3	-40,0	-42,7	-43,6	-43,9	-45,1	-53,5	
Зразок № 2, 262,0	257,0	247,0	225,0	205,0	181,0	163,0	150,0	140,0	133,0	130,0	
	-1,9	-5,7	-14,1	-21,8	-30,9	-37,8	-42,7	-46,6	-49,2	-50,4	
Зразок № 3, 227,0	195,0	180,0	177,0	173,0	170,0	168,0	165,0	165,0	165,0	165,0	
	-14,0	-20,7	-22,0	-23,8	-25,1	-26,0	-27,3	-27,3	-27,3	-27,3	
Зразок № 4, 192,0	180,0	168,0	153,0	140,0	125,0	115,0	103,0	95,0	86,0	80,0	
	-6,3	-12,5	-20,3	-27,1	-34,9	-40,1	-46,4	-50,5	-55,2	-58,4	

**Примітка:** знак «←» – зменшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною

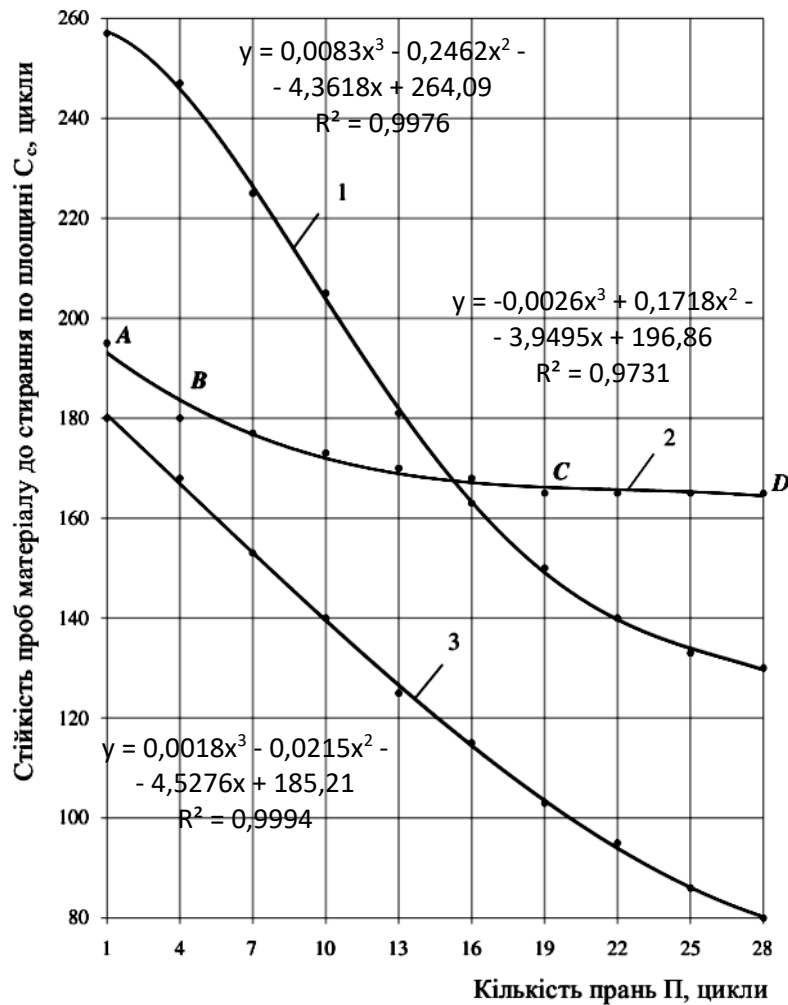


**Рис. 3.2. Зміна стійкості проб до стирання по площині матеріалу № 1П в залежності від кількості циклів прання (очистки)**

Аналогічні дослідження були проведені з пробами матеріалу зразка № 2. Після першого прання значення стійкості до стирання по площині зменшилось всього на 1,9 %, а саме від 262 до 257 циклів. При збільшенні кількості прання величина критерію оцінки суттєво зменшується на протязі проведення експериментів, про що наочно свідчать отримані результати (табл. 3.2).

Отже, проведені дослідження показують, що такий процес, як прання текстильного матеріалу зразка № 2 також суттєво впливає на стійкість проб до стирання по площині, особливо, коли його, як необхідність, використовують часто. Графічна залежність між указаними факторами свідчить про різке зменшення значення критерію оцінки  $S_c$  в межах 4...19 циклів очистки, оскільки при подальших обробках взірців в пральному розчині, починаючи з 19 і до 28 прання, його величина зменшується тільки на 7,7 % (рис. 3.3, 1).





**Рис. 3.3. Зміна стійкості до стирання по площині в залежності від кількості прання (очистки) проб текстильних матеріалів: 1 – зразок № 2; 2 – зразок № 3; 3 – зразок № 4**

Вивчення впливу багаторазового прання на стійкість до стирання по площині були проведені з пробами текстильного матеріалу зразка № 3. Експерименти та аналіз отриманих результатів показали, що після першого прання проб значення стійкості до стирання по площині зменшується на 14,0 %. Так, вихідна характеристика матеріалу дорівнює 227 циклам, а після контакту з пральним розчином її величина змінилась до 1953 циклів (табл. 3.2). Указана закономірність, обумовлена різким падінням критерію оцінки  $C_s$ , простежується до четвертого прання, але, якщо експерименти продовжувати, то залежності, які були отримані після чотирьох очисток зменшуються за своїм абсолютним значенням, або їх величина не змінюється, залишаючись постійною (рис. 3.3, 2).

Якщо таким же методом вивчати проби трикотажного полотна (зразок № 4), то найсуттєвіший вплив прання відбувається, коли вказаний процес проводиться

в межах 1...19 циклів, оскільки, в даному випадку, значення критерію оцінки зменшується в кожній контрольній точці в середньому на 7 %. Якщо обробку проб продовжити, то починаючи від 22 прання і до 28, їх стійкість до стирання по площині зменшується в середньому тільки на 4 %, а при останньому експерименті його величина дорівнює всього 80 циклам від початкової (192 цикла), що свідчить про складну закономірність між об'єктом дослідження та критерієм оцінки (рис. 3.3, 3).

Отже, якщо узагальнювати отримані результати досліджень, то можна зробити основний висновок про наявність впливу багаторазового процесу прання (очистки) проб текстильних матеріалів указанного асортименту на зміну величини такого критерію оцінки, як стійкість до стирання по площині. Оскільки всі без винятку експерименти, незалежно від волокнистого складу зразків, проводились при однакових умовах, то їх значення слід вважати коректними, а тому здатними для порівняння. В зв'язку з цим можна стверджувати, що такий технологічний процес, як прання, особливо багаторазове, призводить до суттєвої зміни значень критерію оцінки  $C_c$ , величина якого одночасно залежить як від волокнистого складу тканини, так і від кількості циклів очистки в пральному розчині. Тому, завдяки дотриманню однакових умов дослідження, проби із 100 % бавовняних волокон (зразок № 1П) постійно зменшують значення критерію оцінки на протязі проведення експерименту від (-13,6 %) за перше прання і до (-53,5 %) за 28, тобто останнє прання. Отже, на основі отриманих результатів очевидно, що вплив мильно-содового розчину на бавовняні волокна матеріалу зразка № 1П слід вважати складним, про що свідчить рівняння регресії (рис. 3.2).

Якщо проаналізувати дані відносно проб матеріалу зразка № 2, то залежність між  $C_c$  і П має інший характер (рис. 3.3, 1), що можна пояснити тільки його волокнистим складом, а саме 100 % бавовняним волокном по основі та 100 % лавсановим волокном по утку. Оскільки поліефірні волокна більш хімічностійкі до лужних реагентів, ніж целюлозні, практично не набухають у воді і характеризуються високою пружністю, то їх стійкість до стирання по площині повинна бути значно вища, що й відбувається, але тільки до четвертого прання.

Проте, після збільшення циклів очистки від 7 до 22 отримана закономірність порушується завдяки багаторазовому впливу температурного режиму, висушування, хімічній взаємодії волокнистої системи з реагентами ванни, релаксаційним процесом поліефірних волокон та інше, що обумовлює суттєву зміну абсолютних значень критерія оцінки та характеризується рівнянням регресії (рис. 3.3, 1).

Аналогічні висновки були зроблені і відносно проб матеріалу зразка № 3, до волокнистого складу якого входять 100 % поліамідні (капронові) волокна. При проведенні багаторазового прання значення критерію оцінки  $C_c$  в залежності від кількості очисток змінюється, про що свідчать отримані результати досліджень. Для їх аналізу указаний процес також умовно розділений на три етапи (рис. 3.3, 2). Так, на графіку ABCD перший етап АВ характеризується різким зменшенням значення  $C_c$  від (-14,0 %) до (-20,7 %), яке відбувається в межах 1...4 циклів прання. При продовженні експериментів стійкість проб до стирання по площині продовжує зменшуватись в порівнянні з початковою величиною, але цей процес уповільнюється, про що свідчать данні другого етапу ВС. Так, після 4 прання критерій оцінки дорівнює 180,0 циклам, зменшившись на (-20,7 %) від вихідного, а після 19 очисток його значення дорівнює 165,0 циклів, що складає (-27,3 %). Що стосується третього етапу CD, то він характеризується постійним значенням стійкості проб до стирання по площині (165,0 циклів) на протязі 10 технологічних обробок (від 19 по 28) в мильно-содовому розчині.

Отже, отримані результати та їх аналіз свідчать, що поліамідні (капронові) волокна, завдяки високому ступеню упорядкованості структури, кристалічності, відсутності набухання у воді та незначний гідроліз макромолекул по амідним зв'язкам в лужних реактивах, слід вважати стійкими до стирання по площині після багаторазового прання проб в пральному розчині, про що свідчать проведені експерименти та рівняння регресії (рис. 3.3, 2).

Стійкість проб трикотажного полотна (зразок № 4), виготовленого з 100 % віскозних волокон до стирання по площині після першого прання зменшується на 6,3 %, а після 16 та 28 – на 40,1 і 58,4 % відповідно. Графічна залежність між стійкістю проб до стирання по площині та кількістю циклів їх прання вказує на ступінь активності даного процесу, який обумовлений фізико-хімічними

властивостями віскозних волокон (рис. 3.3, 3). Так, як було вже зазначено, вказані волокна відзначаються рихлою структурою, недостатньою упорядкованістю головних ланцюгів та їх щільністю, значними показниками гігроскопічності, набуханням у воді, а також у лужних реактивах, під дією яких вони розчиняються. В зв'язку з цим, віскозний трикотажний матеріал в процесі багаторазової обробки в мильно-содовому розчині суттєво втрачає значення критерію оцінки  $C_c$  в залежності від кількості проведених очисток, що підтверджується рівнянням регресії (рис. 3.3, 3).

На основі проведених досліджень слід зазначити, що такий необхідний процес, як прання слід віднести до руйнівного, оскільки його контролююча характеристика – стійкість до стирання по площині, – змінюється від вихідного значення. Зміна величини указанного критерію оцінки, а це, в основному, його зменшення, залежить тільки від волокнистого складу проб текстильного матеріалу, оскільки інші умови (пральний розчин, технологічний процес та кількість циклів прання) були однаковими. Тому, якщо проаналізувати отримані результати за приведеними ознаками, то очевидно, що суттєвий вплив мильно-содового розчину, при якому критерій оцінки  $C_c$  не повинен бути меншим за 30 % від початкового значення, для кожного, окремо взятого зразка матеріалу настає по-різному. Так, отримані результати досліджень відносно проб матеріалу зразка № 1П свідчать, що указана критична величина  $C_c$  настає в межах 7...10 циклів прання, а для проб матеріалу зразка № 2 – після 13 циклу. Що стосується зразка № 3, то для нього цей показник відсутній, проте проби матеріалу зразка № 4 в межах 10...13 циклів прання зменшують контролюючий показник від (-27,1 %) до (-34,9 %), а конкретно після 11 циклу очистки (табл. 3.2; рис. 3.2; рис. 3.3).

Якщо отримані результати продовжити аналізувати, то за 28 циклів прання проби матеріалів зразка № 1П втрачають значення стійкості до стирання по площині від вихідного на 53,5 %, зразка № 2 на 50,4 %, зразка № 3 на 27,3 %, а зразка № 4 на 58,4 %. Отже, раніше висловлене припущення про те, що процес прання текстильних матеріалів слід віднести до руйнівного підтверджується експериментально. Оскільки ступінь руйнування оцінено стійкістю до стирання по площині, то за цією ознакою проби, які досліджувались, можна розмістити в наступний ряд: зразок № 3 > зразок № 2 > зразок № 1П > зразок № 4.

### 3.3. Зміна товщини текстильних матеріалів від кількості циклів прання

Товщина текстильних полотен відноситься до їх геометричних властивостей. Від неї залежить жорсткість матеріалів, драпірування, повітропроникнення, зносостійкість та інше, які обґрунтовують функціональне призначення швейних виробів, а тому її величина відноситься до невід'ємної складової конструкторсько-технологічних розробок.

Що стосується використання даного показника для оцінки зміни характеристик волокнистих систем після контакту з різними за природою чинниками, то такі дослідження практично відсутні. Тому, на основі переліку показників якості вивчення властивостей текстильних матеріалів, які використовуються в теперішній час при виготовленні швейних виробів дитячого асортименту (штанів), а також з урахуванням результатів ранжування, до одного з основних показників якості віднесено товщину  $L_n$  проб, значення якої може змінюватись під впливом прання, про що свідчать дані установчих експериментів (табл. 3.5).

Дослідження проводились за допомогою приладу TP-25-11 (рис. 2.4) на пробах матеріалів зразків № 1П; 2; 3 і 4 після їх прання в мильно-содовому розчині. Отримані результати показали, що прання указаних текстильних матеріалів по різному впливає на значення такого геометричного показника, як товщина (табл. 3.3; рис. 3.4, 1).

Отримані результати свідчать, що багаторазове прання суттєво змінює величину такої геометричної характеристики, як товщина всіх без винятку проб. Причому, якщо взяти до уваги наявність постійного хімічного складу пральної ванни і режиму технологічного процесу, які дотримувалися на протязі 28 циклів очистки, то можна обґрунтовано стверджувати, що ступінь зміни товщини залежить від природи волокнистої системи (основа, уток) матеріалів.

Так, якщо проаналізувати результати досліджень проб із 100 % бавовняних волокон (зразок № 1П), то зміна товщини відбувається в три етапи, що очевидно. На першому етапі за 7 циклів прання товщина матеріалу зростає від 0,87 мм (вихідне значення) до 1,07 мм (+23,0 %).

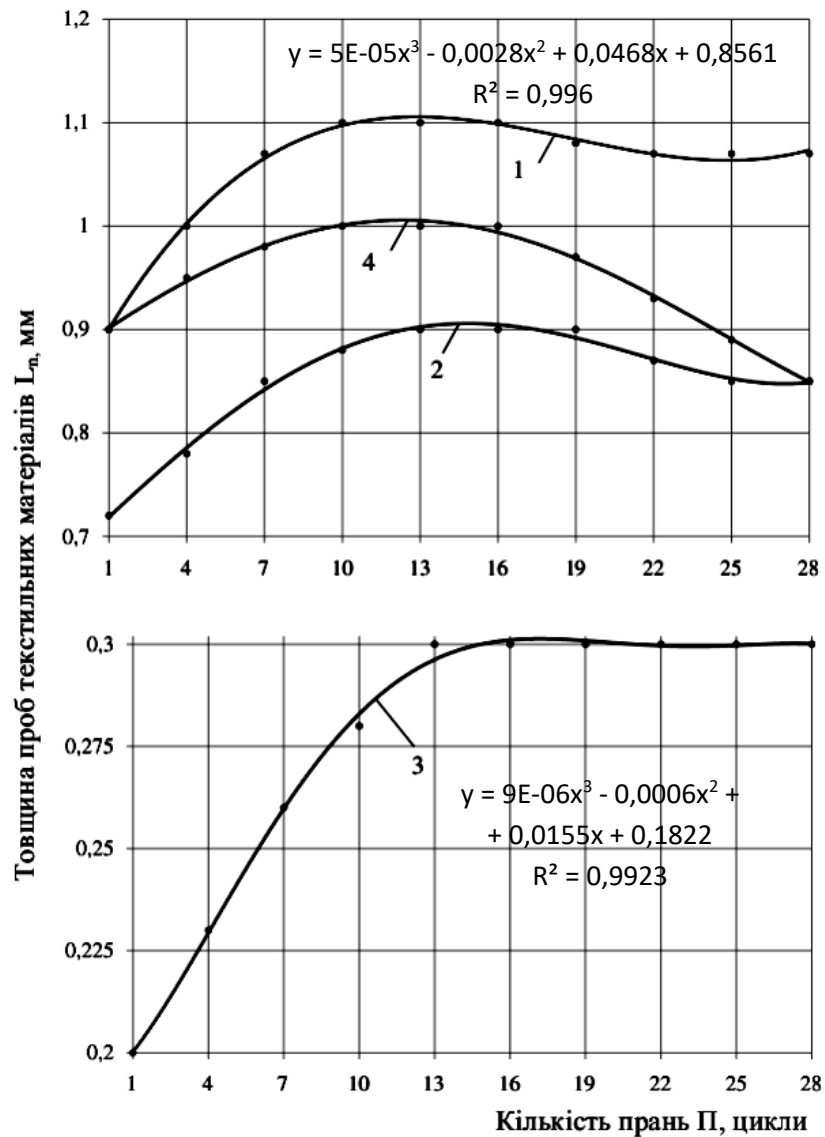
Таблиця 3.3

## Вплив багаторазового прання (очистки) проб текстильних матеріалів на їх товщину

Номер зразка матеріалу і вихідне значення товщини проби $L_n$ , мм	Кількість циклів прання (очистки) П, цикли									
	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28
	Зміна товщини проб матеріалів від вихідного значення $L_n$ , мм; %									
	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$	$L_n$
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Зразок № 1П, 0,87	0,90	1,0	1,07	1,1	1,1	1,1	1,08	1,07	1,07	1,07
	+3,4	+14,9	+23,0	+26,4	+26,4	+26,4	+24,1	+23,0	+23,0	+23,0
Зразок № 2, 0,70	0,72	0,78	0,85	0,88	0,90	0,90	0,90	0,87	0,85	0,85
	+2,9	+11,4	+21,4	+25,7	+28,6	+28,6	+28,6	+24,3	+21,4	+21,4
Зразок № 3, 0,25	0,20	0,23	0,26	0,28	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
	-20,0	-8,0	+4,0	+12,0	+20,0	+20,0	+20,0	+20,0	+20,0	+20,0
Зразок № 4, 1,00	0,90	0,95	0,98	1,0	1,0	1,0	0,97	0,93	0,89	0,85
	-10,0	-5,0	-2,0	0,0	0,0	0,0	-3,0	-7,0	-11,0	-15,0

**Примітка:** знак «+» – збільшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною;

знак «-» – зменшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною



**Рис. 3.4. Зміна товщини в залежності від кількості прання (очисток) проб текстильних матеріалів: 1 – зразок № 1П; 2 – зразок № 2; 3 – зразок № 3; 4 – зразок № 4**

Другий етап, починаючи від 10 і до 16 циклів характеризується збільшенням товщини проб на 26,4 %, що вже дорівнює 1,1 мм. Отримані данні залишаються постійними в указаних межах обробки, але після 19 прання і до кінця експерименту відбувається процес зменшення товщини (третій етап) в порівнянні з попередніми, значення якої після 22 циклу дорівнює 1,07 мм, що складає (+23,0 %) від початкової величини (табл. 3.3).

Аналогічні характеристики отриманих результатів приводяться нами і в тому випадку, коли проби для дослідження були виготовлені з 100 % бавовняних ниток по основі і 100 % трощеної лавсанової пряжі по утку (зразок № 2). В

даному випадку теж спостерігається збільшення товщини проб в залежності від кількості проведених циклів очистки. Так, починаючи від першого циклу і до десятого товщина матеріалу зростає на 25,7 % і стала дорівнювати 0,88 мм при вихідному значенні 0,70 мм. Указані результати нами були віднесені до першого етапу зміни товщини, оскільки другий етап характеризується постійним її значенням (0,90 мм) в межах 13...19 циклів прання, що складає 28,6 % від початкового, а при проведенні подальших експериментів свідчать про наявність зворотного процесу відносно зміни товщини проб в зв'язку з тим, що її значення зменшується від попереднього (третій етап). Цей процес стає наявним після 22 та 28 обробки проб і призводить до зменшення товщини на 4,3 %. Аналогічні залежності були отримані після 25 циклу прання, аналіз яких свідчить, що товщина матеріалу також зменшується від попередніх на 2,9 %, але на 21,4 % збільшується в порівнянні з вихідним значенням і дорівнює 0,85 мм (табл. 3.3).

При вивченні зміни товщини матеріалу (зразок № 3), виготовленого з 100 % поліамідних волокон, нами були отримані інші залежності. Насамперед слід сказати, що вплив мильно-содового розчину в даному випадку неоднозначний, оскільки призводить до зменшення товщини проб від початкового значення і до її збільшення. Так, якщо товщина тканини дорівнює 0,25 мм, то після першого прання її величина миттєво зменшується на (-20,0 %) і становить 0,20 мм. Отримана закономірність продовжується до четвертого циклу очистки, але процес зменшення показника при цьому відбувається тільки на (-8,0 %), а товщина проб стала дорівнювати 0,23 мм. Якщо експериментальні данні продовжити аналізувати, то в межах 7...10 циклів прання можна виявити інші закономірності, які характеризуються миттєвим збільшенням товщини указанного матеріалу. Так, після 7 очистки її значення зростає до 0,26 мм на +4,0 %, а після 10 – на +12,0 % і дорівнює 0,28 мм. Починаючи з 13 циклу очистки товщина проб збільшується до 0,30 мм, що становить (+20,0 %) і отримане значення залишається постійним до кінця експерименту (табл. 3.3; рис. 3.4, 3).

Отже, аналіз результатів свідчить про складність процесу зміни товщини 100 % поліамідної (капрової) тканини (зразок № 3) в порівнянні зі зразками



№ 1 і 2, обумовленого багаторазовим впливом прального розчину.

На основі проведених досліджень отримані кінетичні залежності, які відбуваються при проведенні даного технологічного процесу можна охарактеризувати наступними етапами. Перший з них призводить до зменшення товщини проб і знаходиться в межах 1...4 циклів прання. Другий етап процесу, навпаки, сприяє її зростанню і знаходиться в межах 7...10 циклів очистки. А третій етап, починаючи від 13 до 28 прання, обумовлює постійне значення товщини, яка збільшившись на 20,0 % від початкової, дорівнює 0,30 мм.

Аналогічний поетапний розподіл зміни товщини в процесі прання можна провести відносно проб трикотажного полотна (зр. № 4), виготовленого з 100 % віскозних волокон. Як показали результати експериментів, прання матеріалу в межах 1...7 циклів призводить до зменшення товщини на (-10,0 %) після першої очистки, на (-5,0 %) після четвертої та на (-2,0 %) після сьомої очистки. Її значення, в порівнянні з початковим (1,0 мм), змінюється в такій послідовності: 0,9; 0,95 і 0,98 мм відповідно. Отримані закономірності віднесені нами до першого етапу. Другий етап процесу також характеризується збільшенням товщини до 1,0 мм, значення залишається постійним в межах 10...16 ц. прання. Але, починаючи з 19 по 28 цикл очистки, спостерігається повторне зменшення указанного показника, яке віднесене до третього етапу (рис. 3.4, 4).

Таким чином, проведений аналіз експериментальних досліджень підтверджує висловлене припущення про вплив прального розчину на ступінь зміни товщини текстильних матеріалів, особливо при багаторазовому пранні. Технологічний процес очистки практично сприяє суттєвому зменшенню фізико-механічних характеристик текстильних матеріалів і в даному випадку тих, що використовуються для виготовлення повсякденного дитячого асортименту. Але, що стосується їх товщини, то отримані значення – це результат комплексної взаємодії між мильно-содовим розчином та волокнистим складом тканини. Оскільки хімічний склад прального розчину, а також технологічний режим очистки для всіх зразків і при кожному циклі залишаються постійними, то на значення товщини впливає тільки природа волокон. Тому, в залежності від указанного чинника, вплив прального розчину на величину зміни таких показників,

як набухання, наявність релаксації, еластичної деформації, напруження волокон і тканини, її переплетення, густина, часткова деструкція та інше неоднозначний, що й обумовлює різну товщину проб в залежності від кількості циклів прання. В зв'язку з цим, кінетика зміни даної характеристики для кожного окремо взятого зразка індивідуальна. Але проведені експерименти свідчать, що багаторазове прання, незалежно від природи волокнистого складу проб обумовлює процес зміни товщини поетапно. Так, на першому етапі відбувається її збільшення або зменшення від початкової, на другому – стабілізація набутої величини, а для третього етапу також характерна зміна значень товщини в порівнянні з другим етапом та попередніми результатами. Про це свідчать також і рівняння регресії, особливо для проб матеріалів зразка № 1П (рис. 3.4, 1) та зразка № 3 (рис. 3.4, 3).

Узагальнення проведених досліджень показують, що вплив такого процесу, як прання призводить до суттєвих змін товщини зразків матеріалів різної структури, волокнистого складу та асортименту, а тому обґрунтовано обрана контролюючим показником для оцінки зміни їх геометричних характеристик.

### **3.4. Зміна значень коефіцієнта повітропроникності проб текстильних матеріалів від кількості циклів прання**

За допомогою такого показника, як коефіцієнт повітропроникності ( $K_{\text{п}}$ ) вивчають гігієнічні властивості текстильних матеріалів в основному побутового призначення. В зв'язку з цим  $K_{\text{п}}$  для кожного виду тканин нормується, оскільки залежить від їх волокнистого складу, переплетення, щільності основних і утоккових ниток, заповнення, об'ємної ваги, розмірів, числа і площі пор, товщини матеріалу тощо [14]. При експлуатації та під дією різних чинників його величина може змінюватись, суттєво впливаючи не тільки на характеристики швейних виробів, але й на фізіолого-гігієнічні самопочуття, особливо, дитячого організму. Тому, виявлення причин, які обумовлюють зменшення терміну експлуатації дитячих виробів для повсякденного призначення надасть змогу спеціалістам більш професійно рекомендувати текстильні матеріали при їх виготовленні. Для

цього нами, на основі результатів установчих експериментів (табл. 3.5), було доказано, що таким небезпечним, але необхідним в побуті фактором слід вважати прання, особливо в домашніх умовах.

Експерименти проводились на раніше указаних пробах текстильних матеріалів. Після кожного циклу прання (всього 28 циклів) в пральному розчині згідно розробленого технологічного режиму досліджували зміну величини  $K_p$ , використовуючи стандартну методику [12] та прилад ВПТМ-2М.

Аналіз результатів, отриманих при вивченні проб матеріалу зразка № 1П показує, що процес прання слід вважати основним фактором зміни  $K_p$ . Причому, його вплив суттєвий, оскільки в межах 1...4 циклів контролюючий показник зменшується від вихідної величини ( $10,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ ) до  $9,7 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ , що складає ( $-7,6 \%$ ). Починаючи від 10 циклу і до 19 спостерігається різке зменшення повітропроникнення проб матеріалу. Максимальні зміни величини  $K_p$ , а практично його відсутність, відбувається при проведенні експериментів в межах 22...28 циклів очистки указанного текстильного матеріалу (табл. 3.4; рис.3.5, 1).

Аналогічні закономірності відбуваються при даному технологічному процесі відносно проб матеріалу зразка № 2, які характеризуються зменшенням значень  $K_p$  від кількості циклів контакту з пральним розчином. Отримані кінетичні залежності вказують на те, що зміна контролюючого показника відбувається постійно, але з меншою активністю. Так, після першого, четвертого і сьомого прання  $K_p$  послідовно зменшується в порівнянні з вихідним значенням. Подальші експерименти в області 10...16 очисток отриману тенденцію зберігають, але різке зменшення показника відбувається після 19 циклу прання до  $72,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$  ( $-14,2 \%$ ), а на останньому циклі його значення дорівнює  $63,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ , що складає ( $-24,9 \%$ ) від вихідної величини (табл. 3.4; рис. 3.5, 2).

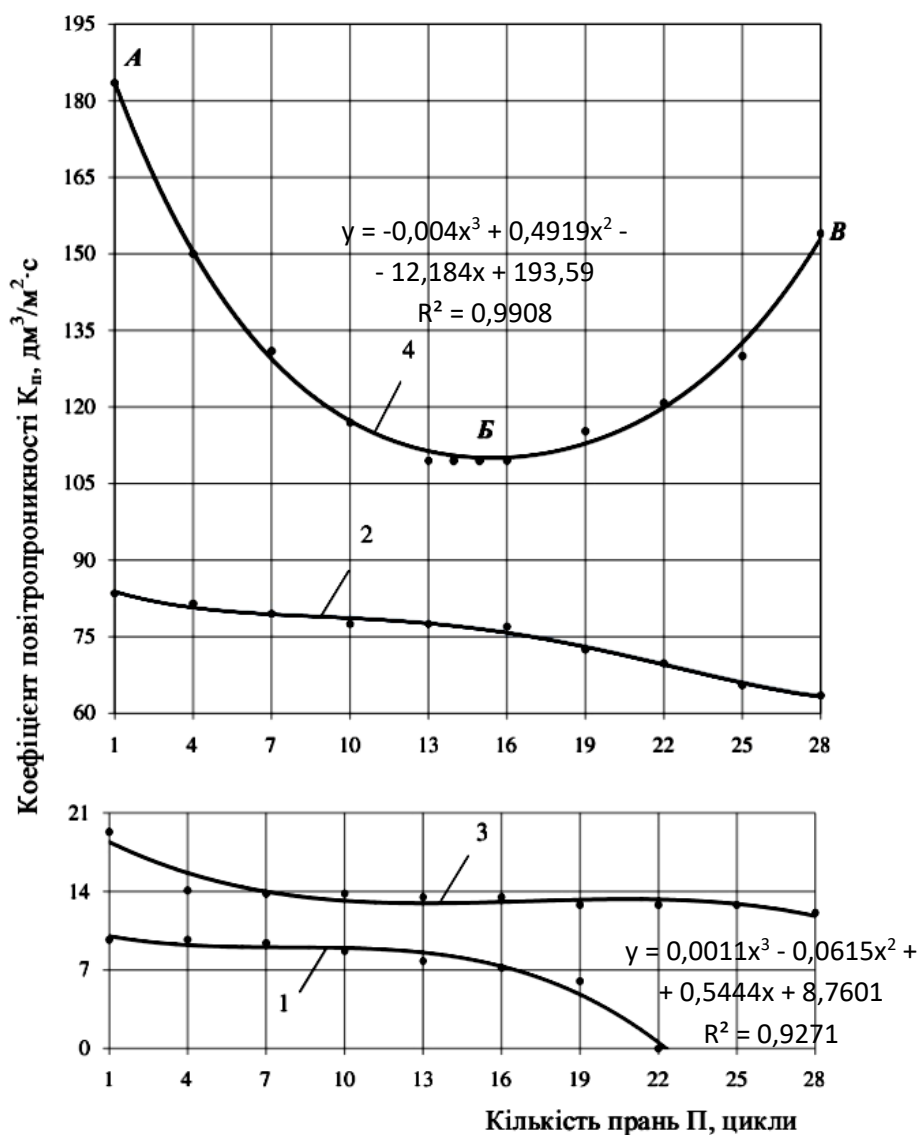
Експерименти, які були проведені з пробами матеріалу зразка № 3 показали, що вже після першої обробки  $K_p$  зменшується від  $23,4 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$  (вихідне значення) до  $19,3 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ . Четвертий цикл прання цей процес усугубляє. При продовженні досліджень було відмічено, що темп зміни контролюючого показника уповільнюється, а в межах 7...10; 13...16 і 19...28 циклів прання його значення зменшується (табл. 3.4; рис. 3.5, 3).

Таблиця 3.4

## Вплив кількості циклів прання (очистки) проб текстильних матеріалів на їх коефіцієнти повітропроникності

Номер зразка матеріалу і вихідне значення коефіцієнта повітропроникності $K_{п}, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Кількість циклів прання (очистки) П, цикли									
	1	4	7	10	13	16	19	22	25	28
	Зміна коефіцієнта повітропроникності проб матеріалів від вихідного значення $K_{п}, \text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}; \%$									
	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$	$K_{п}$
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Зразок № 1П, 10,5	9,7	9,7	9,4	8,7	7,8	7,2	6,0	0,0	0,0	0,0
	-7,6	-7,6	-10,5	-17,1	-25,7	-31,4	-42,9	-100,0	-100,0	-100,0
Зразок № 2, 84,5	83,5	81,5	79,5	77,5	77,5	77,0	72,5	69,8	65,5	63,5
	-1,2	-3,6	-5,9	-8,3	-8,3	-8,9	-14,2	-17,4	-22,5	-24,9
Зразок № 3, 23,4	19,3	14,1	13,8	13,8	13,5	13,5	12,8	12,8	12,8	12,1
	-17,5	-39,7	-41,0	-41,0	-42,3	-42,3	-45,3	-45,3	-45,3	-48,3
Зразок № 4, 278,0	183,5	150,0	131,0	117,0	109,5	109,5	115,3	120,8	130,0	154,0
	-34,0	-46,0	-52,8	-57,9	-60,6	-60,6	-58,5	-56,5	-53,2	-44,6

**Примітка:** знак «-» – зменшення значення показника в порівнянні з вихідною величиною



**Рис. 3.5. Зміна величини коефіцієнта повітропроникності в залежності від кількості прання (очисток) проб текстильних матеріалів: 1 – зразок № 1П; 2 – зразок № 2; 3 – зразок № 3; 4 – зразок № 4**

Вплив процесу прання був проведений з використанням проб трикотажного матеріалу зразка № 4. Слід зазначити, що отримана кінетична залежність відносно зміни величини  $K_p$  від кількості циклів прання досить складна, а тому для логічного проведення аналізу результатів процес дослідження був умовно розділений на два етапи: АБ і БВ (табл. 3.4; рис. 3.5, 4). Так, на етапі АБ, який характеризується зменшенням коефіцієнта повітропроникності, починаючи з першого циклу прання, його значення дорівнює  $183,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , що складає ( $-34,0\%$ ) від початкової величини. При продовженні експериментів отримані закономірності усугубляються і на

четвертому циклі очистки  $K_{\text{п}}$  зменшується до  $150,0 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , що складає вже ( $-46,0 \%$ ). Суттєві зміни указаних властивостей проб відбуваються постійно, про що свідчать результати досліджень, отримані в межах  $7 \dots 10$  циклів.

Але при продовженні експериментів було відмічено, що процес зменшення  $K_{\text{п}}$  на 13 циклі прання призупиняється на значенні  $109,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , що складає ( $-60,6 \%$ ) від вихідного і залишається постійним після 14, 15 та 16 очистки. Подальші дослідження та аналіз результатів, отриманих після 16 і до 28 циклу обумовлюють зростання абсолютних значень коефіцієнта повітропроникності в порівнянні з попередніми, а тому наявність даного процесу віднесено до другого етапу БВ. Так, якщо за 16 циклів прання  $K_{\text{п}}$  проб зменшився від  $278,0$  до  $109,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , тобто на  $60,6 \%$ , то починаючи від 17, 18 і 19 циклів його значення постійно збільшується до  $154,0 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$  на 28 циклі очищення (рис. 3.5, 4).

Якщо провести узагальнення отриманих результатів, то можна зробити висновок, що такий технологічний процес, як прання текстильних матеріалів в мильно-содовому розчині призводить до зміни їх вихідних властивостей, якими в даному випадку являються значення  $K_{\text{п}}$ . Проведені експерименти свідчать, що контролюючий показник, за допомогою якого оцінюють фізичні, а саме гігієнічні характеристики тканин постійно зменшується для всіх зразків без винятку, починаючи від першого циклу прання. Але, оскільки фізико-хімічний склад прального розчину є величина постійна на всьому протязі досліджень, то ступінь зміни  $K_{\text{п}}$  залежить, насамперед, від волокнистої системи текстильних матеріалів, а також кількості циклів прання, що очевидно. Тому, на основі аналізу можна стверджувати, що найбільший вплив даного процесу відбувається на  $100 \%$  целюлозні та гідратцелюлозні (віскозні) волокна, які використовувались для виготовлення тканини зразка № 1П і трикотажного полотна зразка № 4. Отримані кінетичні характеристики показали, що після 22 циклу прання проб матеріалу зразка № 1П їх повітропроникнення відсутнє, тобто зменшилось на ( $-100 \%$ ) від вихідного значення (рис. 3.5, 1).

Очистка проб трикотажного полотна (зразок № 4) також призводить до зменшення значення  $K_{\text{п}}$ , але тільки на ( $-60,0 \%$ ) в межах  $13 \dots 16$  циклів, оскільки

подальші обробки сприяють збільшенню їх абсолютної величини (рис. 3.5, 4).

Отже проведений аналіз результатів відносно указаних зразків свідчить про наявність суттєвого впливу прального розчину на властивості текстильних матеріалів дитячих виробів, а також на складний характер взаємодії між волокнистим складом та процесом прання, що підтверджено рівняннями регресії: зразок № 1П (рис. 3.5, 1), зразок № 4 (рис. 3.5, 4).

Що стосується зразка № 2, виготовленого з використанням 100 % бавовняного волокна (основа) і 100 % лавсанової трощеної пряжі (уток) та зразка № 3, для виготовлення якого були задіяні 100 % синтетичні (поліамідні) волокна, то максимальний ступінь зменшення  $K_{\text{п}}$  указаних проб спостерігається при 19 та 4 циклах прання відповідно і продовжується до кінця експериментів (табл. 3.4).

Отже, прання текстильних матеріалів дитячих виробів в мильно-содовому розчині, особливо багаторазове, слід віднести до складного і руйнівного процесу, характеристика впливу якого обумовлюється одночасною взаємодією на їх волокнисті складові указаних в роботі чинників.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено метод обґрунтування критеріїв оцінки впливу вишивальної голки на зразки полісілоксанової плівки як фізичної моделі при проведенні досліджень, сутність яких полягає у визначенні залежності між площею їх руйнування, діаметром (номером) голки, кількістю проколів, імітаційних швів, кроком стібка та зміною значень таких показників, як розривальне навантаження і коефіцієнт повітропроникності, які підтвержені експериментально, а тому віднесені до контролюючих (табл. 3.3 і 3.4).

2. Розроблена математична модель для оцінки впливу вишивального процесу на зміну властивостей текстильних матеріалів.

3. Для вивчення впливу на ступінь зносостійкості дитячих виробів (штанів) багаторазового прання, як основного фактору, нами удосконалено технологічний режим, а також фізико-хімічний склад пральної ванни, що надає змогу проводити дослідження в однакових умовах незалежно від природи волокнистого складу текстильних матеріалів виробів дитячого асортименту.

4. На основі результатів установчих експериментів з вивчення впливу багаторазового прання на зносостійкість текстильних матеріалів дитячих виробів обґрунтовані такі критерії комплексної оцінки, як зміна розривальних навантажень, коефіцієнта повітропроникності, стійкості до стирання по площині і товщини.

5. В роботі приведено метод статистичної обробки результатів досліджень.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про загальну безпечність нехарчової продукції». [Текст]: від 02 грудня 2023 р. № 2736-VI // Відомості Верховної Ради України: офіц. вид. / засн.: Верхов. Рада України. – К.: Преса України. – 2024. – № 22 (03.06.2024 р.). – ст. 145.
2. Ярошук О.В. Комплексна оцінка рівня якості текстильних матеріалів / О.В. Ярошук // Вісник СХУ ім. В.Даля. – 2011. – № 1(155). Ч.1. – С. 266-273.
3. Ріпка Г.А. Методика для обґрунтованого аналізу топографії зносу одягу повсякденного асортименту [Електронний ресурс] / Г.А. Ріпка, І.Г. Дейнека, А.А. Мичко, Є.О. Мазнев. – Нац. б-ка України ім. В.І. Вернадського // Електрон. Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2012. – Режим доступу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=juu\\_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=PREF=&S21COLORTERMS=0&S21STR=Nvdu](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=juu_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=PREF=&S21COLORTERMS=0&S21STR=Nvdu).
4. Михайлова Г.М. Формування властивостей і товарознавча оцінка якості тканин для одягу: дис. ... канд. техн. наук / Г.М. Михайлова. – К., 2003. – 161 с.
5. Конфекціювання матеріалів для одягу: навч. посіб. / Н.П. Супрун, Л.В. Орленко, Е.П. Дрегуляс, Т.О. Волинець. – К.: Знання, 2005. – 156 с.
6. Дейнека І.Г. Розвиток теорії та практичне підвищення надійності кислотозахисного одягу працівників машинобудівних підприємств: дис... д-ра техн. наук: 05.26.01 – Л., 2010. – 380 с.
7. Вироби трикотажні білизняні для жінок та дівчаток. Загальні технічні умови: ДСТУ ГОСТ 31405:2014, ГОСТ 31405:2014, IDT. – [Чинний від 2014-11-10]. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 23 с. (Національний стандарт України).
8. Вироби трикотажні верхні для чоловіків та хлопчиків. Загальні технічні умови: ДСТУ ГОСТ 31408:2014, ГОСТ 31408:2014, IDT. – [Чинний від 2014-11-10]. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 23 с.

(Національний стандарт України).

9. Вироби трикотажні білизняні для дітей новонароджених, ясельного та дошкільного віку. Загальні технічні умови: ДСТУ ГОСТ 31407:2014; ГОСТ 31407:2014, ІДТ. – [Чинний від 2014-11-10]. – К.: Держспоживстандарт України, 2014. – 23 с. (Національний стандарт України).

10. Філіпенко А.С. Основи наукових досліджень. Конспект лекцій: Посібник / А.С. Філіпенко. – К.: Академвидовництво, 2004. – 208 с.

11. Мичко А.А. Способи ідентифікації волокон рослинного походження для виготовлення текстильних матеріалів / А.А. Мичко, І.Г. Дейнека, Г.А. Ріпка, Л.І. Килимник // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – № 13 (184). Ч.1. – С. 153-159.

12. Deyneka I. Identification of vegetable origin fibers for children's clothes / I. Deyneka, A. Mychko, G. Ripka // Commission of motorization and power industry in agriculture. Teka / Lublin university of technology. – Lublin, 2012. – Vol. 12. № 3. – P. 15-18.

13. Супрун Н.П., Колосніченко М.В., Суворова О.К. Художнє оформлення текстильних матеріалів: навчальний посібник / Н.П. Супрун, М.В. Колосніченко, О.К. Суворова. – К.: КНУТД, 2011 р. – 189 с.

14. Мичко А.А. Способи ідентифікації штучних волокон для виготовлення текстильних матеріалів / А.А. Мичко, І.Г. Дейнека, Г.А. Ріпка, Л.І. Килимник // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – №9 (180). Ч.1. – С. 108-113.

15. Мичко А.А. Способи ідентифікації гетероланцюгових волокон для виготовлення текстильних матеріалів / А.А. Мичко, І.Г. Дейнека, Г.А. Ріпка, Л.І. Килимник // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2012. – №5 (176). Ч. 2. – С. 233-238.

16. Текстиль. Методи домашнього прання та сушіння для випробування текстильних матеріалів: ДСТУ ISO 6330-2001/ГОСТ ИСО 6330-2002, ІДТ. – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держкомітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2003. – 7 с. (Національний стандарт України).

17. Колосніченко М.В. Розвиток наукових основ створення термозахисного спеціального одягу: автореф. дис ... д-ра. техн. наук: 05.19.04. / М.В. Колосніченко. – К., 2004. – 37 с.

18. Landis E.M. The capillary blood pressure in mammalian mesentery as determined by the microinjection method / E.M. Landis // Am. J. Physiol. – 2020. – Vol. 93. – P. 353-362.

19. Тканини та вироби ткані поштучні. Класифікація та номенклатура показників якості: ДСТУ 3047-95. [Чинний від 1996-07-01]. – К.: Держстандарт України, 1995. – 25 с. (Державний стандарт України).

20. Патент на корисну модель України № 105325, МПК (2016.01) А41D 11/00. Спосіб захисту дитячих штанів повсякденного призначення для дошкільної вікової групи від дострокового руйнування / Мичко А.А., Ріпка Г.А., Мазнеєв Є.О., Воробйов О.В.; заявник та патентовласник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля. – № u2015 09762; заявл. 08.10.2015; опубл. 10.03.2016. Бюл. № 5.

21. Лавренюк К. Л. Аналітичне дослідження процесу прання білизни в пральній машині барабанного типу [Текст] / К. Л. Лавренюк, Б. М. Злотенко // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. - 2014. - № 4 (78). - С. 189-193.

## ДОДАТКИ

### Статистична обробка результатів проведених досліджень

В процесі проведення експериментів отримані результати оброблялися за допомогою математичної статистики відомими методами, описаними в літературі [136-141].

Так, середнє арифметичне результатів досліджень визначали за формулою:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}, \quad (1)$$

де:  $X_i$  – результат  $i$ -го дослідження;  $n$  – число спостережень у групі (об'єм вибірки).

Середнє квадратичне відхилення всіх варіантів досліджень від їх середнього оцінювали згідно з умовами, зазначеними в [140] за формулою:

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

а середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання оцінювали за умовами [139] формулою:

$$S(\bar{X}) = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (3)$$

Якщо  $n \leq 10$ , необхідно вказувати окремо незміщену оцінку середнього квадратичного відхилення, яке вираховували за формулою:

$$\bar{S} = M(V) \cdot S, \quad (4)$$

де:  $M(V)$  – коефіцієнт, який визначається за табл. 1 стандарту [13], залежно від  $V = n - 1$ .

Довірчі границі випадкової похибки результату вимірювання визначаються за формулою:

$$k = t_p S(\bar{X}), \quad (5)$$

де:  $t_p$  – коефіцієнт Стюдента, який залежить від довірчої ймовірності  $\rho$  і числа ступеня свободи  $V = n - 1$ .

Для визначення довірчих границь випадкової похибки результату вимірювання, довірчу ймовірність  $\rho$  приймають рівною 0,95, а рівень значимості при цьому  $100 - \rho = 5\%$ .

Показник точності (в %) визначається за формулою:

$$T = \pm 100 \frac{m}{\bar{X}}, \quad (6)$$

де:  $m$  – середня похибка середнього арифметичного групи результатів спостережень.

Коефіцієнт варіації визначали за формулою:

$$K = \pm 100 \frac{B}{\bar{X}}. \quad (7)$$

На основі статистичних даних при обраній довірчій ймовірності 0,95 було встановлено, що групи із 4-7 зразків достатньо для проведення наукових досліджень з похибкою, що не перевищує 5% при змінюванні коефіцієнта варіації в межах 9...12%.

Обробка одержаних даних дослідження виконувалась також на персональному комп'ютері, з використанням пакету прикладних програм.