

**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. 2. ВПЛИВ ПРОКОЛІВ МАШИННОЇ ГОЛКИ**

**НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Виконав: здобувач  
вищої освіти групи ТЛП-23дм

Микола САПЕЛЬНИКОВ

(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**  
Сапельников Микола Євгенович

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема:

\_\_\_\_\_ **Дослідження основних руйнуючих факторів на характеристики**  
\_\_\_\_\_ **текстильних матеріалів. Ч.2. Вплив проколів машинної голки**  
\_\_\_\_\_ **на характеристики текстильних матеріалів**

спеціальне завдання:

\_\_\_\_\_ Дослідити вплив проколів машинної голки  
\_\_\_\_\_ на характеристики проб 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. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

3. ПРОВЕДЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів презентації):

Назва роботи. Мета дослідження.

Схема проведення експерименту

Модель проколу матеріалу вишивальною голкою

Загальний вигляд залежності частки зруйнованого матеріалу

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	08.12.24	
10	Подача оформленої роботи на перевірку	10.12.24	

Здобувач вищої освіти



(підпис)

Микола

САПЕЛЬНИКОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Галина РІПКА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

## АНОТАЦІЯ

**Актуальність роботи.** Актуальність вивчення впливу проколів машинної голки на характеристики текстильних матеріалів обумовлена високими вимогами до якості, довговічності та зовнішнього вигляду сучасних текстильних виробів. У процесі виготовлення одягу та інших текстильних виробів проколи голки є неминучими, проте вони можуть залишати видимі сліди, змінювати структуру волокон та послаблювати матеріал. Особливо чутливими до пошкоджень є тонкі, еластичні та спеціальні тканини, які зазнають деформації або навіть розривів через голкові проколи. Це впливає на міцність, еластичність, щільність та загальну зносостійкість текстилю.

Знання про вплив голкових проколів дозволяє не лише контролювати якість готових виробів, але й підбирати оптимальні параметри голки та технічного процесу, щоб мінімізувати пошкодження матеріалу. Це важливо для виробництва одягу високої якості та підвищення його довговічності, що, своєю чергою, відповідає екологічним вимогам і сприяє зниженню текстильних відходів. Актуальність теми підкреслюється необхідністю розробки нових технологій, що дозволять зберегти якість тканини навіть при інтенсивному виробничому процесі, забезпечуючи при цьому естетичність і функціональність готових виробів.

**Мета роботи.** Визначити ступінь руйнування текстильних матеріалів одягу повсякденного призначення машинною голкою на фізичній моделі

**Об'єкт дослідження.** Процес нанесення вишитих зображень на текстильний матеріал

**Предмет дослідження.** Фізико-механічні показники текстильних матеріалів повсякденного призначення

**Задачі дослідження:**

- зробити аналіз актуальності теми дослідження;
- зробити аналіз основних факторів передчасного руйнування текстильних матеріалів;
- зробити аналіз наслідків передчасного руйнування текстильних

матеріалів;

- визначити характеристики фізико-механічних показників текстильних матеріалів, взятих для дослідження;

- визначити вплив проколів вишивальної голки;

- розробити математичну модель вивчення впливу вишивального процесу

**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.** Удосконалення методу оцінки визначення негативного впливу проколів машинної голки на характеристики полісилоксанової плівки, обраної в якості фізичної моделі.

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

**Ключові слова:** машинна гока, руйнування, текстильні матеріали, фізико-механічні характеристики, фізична модель.

## ЗМІСТ

	стор.
ЗАВДАННЯ .....	2
АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДЧАСНОГО РУЙНУВАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ОДЯГУ ПОВСЯКДЕННОГО ПРИЗНАЧЕННЯ .....	9
1.1. Огляд впливу руйнівних факторів на характеристики текстильних матеріалів.....	9
1.2. Значення дослідження руйнівних факторів для індустрії моди .....	12
1.3. Вплив екологічних та економічних чинників .....	14
1.4. Роль досліджень на сучасному етапі розвитку науки в швейній галузі	18
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
2.1. Визначення значимості показників якості текстильних матеріалів .....	21
2.2. Характеристика текстильних матеріалів, використаних для дослідження .....	24
2.3. Статистична обробка результатів досліджень .....	26
3. ПРОВЕДЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТІВ .....	29
3.1. Визначення впливу проколів вишивальної голки .....	29
3.2. Математична модель вивчення впливу вишивального процесу на якість текстильних матеріалів .....	37
3.3. Вплив напрямку проколів вишивальною голкою на ступінь руйнування матеріалу.....	46
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

## ВСТУП

Вплив проколів машинної голки на характеристики текстильних матеріалів" стосується вивчення механізмів, через які швейне виробництво може впливати на властивості тканин. У сучасному текстильному виробництві важливу роль відіграють технології, що забезпечують якість, функціональність і довговічність матеріалів, особливо тих, що використовуються у швейній промисловості для виготовлення одягу, взуття, аксесуарів і предметів побуту. Один із ключових етапів у створенні будь-якого текстильного виробу – це зшивання деталей, яке виконується на швейних машинах. У процесі зшивання тканини зазнають впливу голки, яка утворює численні проколи, з'єднуючи окремі частини матеріалу.

Хоча функція проколів голки полягає у забезпеченні надійного з'єднання елементів, вплив цього процесу на структуру та властивості матеріалу часто залишається недооціненим. Уявлення про те, що кожний прокол є точкою потенційної вразливості, відноситься до сфери якості, довговічності та естетичного вигляду виробу. Голка під час роботи механічно впливає на волокна матеріалу, і цей вплив може призводити до низки змін у текстильних характеристиках – наприклад, до порушення міцності на розрив, зниження еластичності, зміни структури поверхні тканини тощо. Кількість і характер проколів, товщина голки, щільність волокон, спосіб переплетення, вид текстильного матеріалу (натуральний чи синтетичний), а також режими роботи швейного обладнання – усе це чинники, що можуть суттєво впливати на кінцеві якості тканини.

Важливим аспектом у цій темі є те, що різні типи тканин по-різному реагують на проколи голки. Наприклад, натуральні тканини, такі як бавовна або льон, можуть мати більш високу стійкість до пошкоджень голкою, порівняно зі штучними матеріалами, такими як поліестер або віскоза, у яких деформації часто залишаються помітними й після закінчення процесу зшивання. Вплив проколів голки може бути мінімальним на більш щільних тканинах і суттєвим на легких та делікатних, що вимагають специфічного підходу під час виробництва.

Проблема пошкодження матеріалів проколами голки є особливо актуальною для таких галузей, як пошиття дитячого одягу, спеціалізованого захисного одягу, спортивного спорядження, а також елітного одягу, де до якості тканин висуваються особливо високі вимоги. Швейна промисловість постійно вдосконалює технології для мінімізації негативних наслідків цього процесу, включаючи розробку голок зі спеціальним покриттям або використання голок з меншою товщиною для делікатних тканин, однак проблема руйнування тканини залишається частиною швейного процесу.

Дослідження впливу проколів голки на текстильні матеріали дозволяє глибше зрозуміти, як і чому відбуваються зміни у властивостях тканини після швейної обробки, а також як можна зменшити або усунути небажані наслідки цього впливу. Вивчення цієї проблеми сприяє розробці ефективних рекомендацій для вибору голок і налаштувань обладнання під час роботи з різними типами тканин, що має важливе значення для забезпечення якості кінцевого продукту.

Таким чином, ця тема охоплює різні аспекти взаємодії голки та текстильного матеріалу, від мікроскопічного рівня (тобто впливу на волокна) до макроскопічного (зміни в загальній структурі тканини). Усі ці аспекти роблять тему впливу проколів машинної голки на характеристики текстильних матеріалів не лише актуальною, а й важливою для розуміння того, як вдосконалити виробничі процеси для підвищення якості текстильних виробів і задоволення вимог сучасних споживачів.



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

### **1.1. Огляд впливу руйнівних факторів на характеристики текстильних матеріалів**

Текстильні матеріали, що застосовуються у виробництві одягу, меблів, технічних виробів і предметів побуту, піддаються різноманітним впливам під час експлуатації. Ці впливи – фізичні, хімічні, біологічні – можуть призводити до поступового руйнування структури волокон, зниження міцності, втрати естетичних і функціональних властивостей. Знання про руйнівні фактори є ключовим для розробки стійких до зношення матеріалів, що забезпечить довговічність текстильних виробів.

#### **Фізичні фактори**

1. **Механічний знос.** Зношення внаслідок тертя та розтягування є одним з найпоширеніших факторів, що призводить до втрати міцності текстильних волокон. Під час тертя волокна поступово стираються, що з часом призводить до утворення дірок, витончення матеріалу, розривів. Наприклад, постільна білизна, рушники або одяг, який інтенсивно носить, частіше зазнають цього виду зносу.

2. **Температурні впливи.** Високі та низькі температури можуть впливати на молекулярну структуру волокон, змінюючи їх механічні характеристики. Деякі синтетичні волокна (наприклад, нейлон, поліестер) можуть ставати жорсткими або ламкими при низьких температурах та втрачати міцність під час впливу високих температур. Постійне нагрівання, наприклад, під час прасування або сушіння, може призводити до пошкодження матеріалу і втрати його початкових властивостей.

3. **Вологість і водопоглинання.** Поглинання води може викликати тимчасові або постійні зміни структури волокон. Наприклад, деякі натуральні волокна (льон, бавовна) розширюються під впливом вологи, що може викликати усадку або деформацію тканини після висихання. Крім того, постійна вологість створює умови для розвитку плісняви та інших мікроорганізмів, що погіршує структуру матеріалу.

## Хімічні фактори

1. Вплив миючих засобів. Хімічні речовини, які використовуються у процесі прання та очищення текстильних матеріалів, можуть негативно впливати на волокна. Наприклад, луги та окисники, що входять до складу миючих засобів, призводять до розпаду природних волокон, таких як бавовна або шовк. Постійне прання із сильними хімічними засобами може викликати втрату кольору, зниження міцності та еластичності.

2. Вплив ультрафіолетового випромінювання (УФ). Під впливом сонячного світла натуральні та синтетичні волокна піддаються фотохімічним реакціям, що призводять до руйнування молекулярних ланцюгів волокон. Це викликає втрату міцності, зміну кольору (вицвітання), ламкість та деформацію матеріалу. Наприклад, текстиль, який піддається постійному впливу сонця (штори, предмети інтер'єру), поступово втрачає свої естетичні властивості.

3. Контакт із кислотами, лугами та іншими агресивними речовинами. Текстиль, особливо той, що використовується у спеціалізованому одязі, часто піддається впливу агресивних речовин, які можуть руйнувати його структуру. Наприклад, контакт з кислотами або лугами може спричиняти роз'їдання волокон, що особливо помітно на натуральних тканинах. Спеціальні хімічні речовини у складі фарб, просочувань та антипіренів також можуть впливати на текстильні матеріали, змінюючи їх структуру та фізичні характеристики.

## Біологічні фактори

1. Руйнування волокон мікроорганізмами. Натуральні волокна, такі як бавовна, льон, вовна, можуть стати середовищем для розвитку бактерій, грибків та плісняви. Ці мікроорганізми виробляють ферменти, які розкладають білки та целюлозу, що призводить до поступового руйнування структури тканини. Мікробіологічне руйнування особливо виражене в умовах підвищеної вологості та високих температур.

2. Руйнування волокон комахами та шкідниками. Деякі шкідники, такі як міль або жукії капрові, здатні завдати шкоди натуральним текстильним матеріалам. Вовняні тканини, наприклад, є вразливими до ураження личинками молі, які

живляться білками в структурі вовни. Ушкодження від шкідників часто помітні на одязі, що зберігається у приміщеннях із поганою вентиляцією або при недотриманні умов зберігання.

3. Ензиматичні процеси в біологічних тканинах. Деякі текстильні матеріали можуть бути піддані впливу ферментів, особливо у виробничих процесах, таких як відбілювання або обробка антибактеріальними засобами. Неправильне використання ферментів або недостатнє видалення їх після обробки може призвести до деградації волокон.

#### Комплексний вплив руйнівних факторів

На практиці текстильні матеріали часто піддаються впливу одразу кількох руйнівних факторів, що значно прискорює їх зношення та руйнування. Наприклад, поєднання вологи, механічного зносу та впливу мікроорганізмів може спричинити швидке зношення тканин, що використовуються в умовах підвищеної вологості, таких як спортивний або робочий одяг. Систематичне вивчення комплексного впливу цих факторів дозволяє краще розуміти механізми зношування та створювати тканини, стійкі до одночасного впливу кількох агресивних умов експлуатації.

#### Значення дослідження руйнівних факторів для текстильної промисловості

Огляд руйнівних факторів вказує на те, що захист текстильних матеріалів від цих впливів є однією з важливих задач сучасної текстильної промисловості. Знання про те, як зберігати міцність, еластичність, колір та інші властивості тканин при експлуатації, допомагає розробляти нові матеріали з поліпшеними характеристиками. Наприклад, використання спеціальних покриттів для захисту від УФ-випромінювання, антибактеріальних просочень, волокон із високою стійкістю до механічного зносу, дозволяє створювати більш довговічні та стійкі до зношення тканини.

Таким чином, розуміння руйнівних факторів, які впливають на текстильні матеріали, є ключовим для розвитку текстильної індустрії та задоволення потреб споживачів у продуктах високої якості, довговічності та екологічності.

## 1.2. Значення дослідження руйнівних факторів для індустрії моди

Вивчення впливу різних руйнівних факторів на текстильні матеріали є надзвичайно важливим для сучасної текстильної галузі, оскільки саме ці дослідження дозволяють забезпечити високу якість, довговічність та стійкість тканин до зовнішніх впливів. Успішне застосування текстильних матеріалів залежить від їхньої здатності витримувати експлуатаційні навантаження, зберігати привабливий зовнішній вигляд та функціональні характеристики навіть після багаторазового прання, дії механічного тертя чи контакту з агресивними хімічними речовинами.

### Довговічність матеріалів як основа економічної ефективності

Одним з ключових показників якості текстильного матеріалу є його довговічність – здатність зберігати свої початкові властивості в умовах тривалої експлуатації. У текстильній галузі важливість довговічності пов'язана з економічними та екологічними аспектами. Чим довше служить текстильний виріб, тим рідше виникає потреба у його заміні, що сприяє зниженню обсягів виробництва та кількості відходів. Це, своєю чергою, позитивно впливає на економічну ефективність виробничих процесів, знижуючи витрати на виробництво, транспортування і зберігання сировини, а також на екологічну ситуацію, оскільки зменшується обсяг текстильних відходів, які потрапляють на сміттєзвалища.

Довговічність текстильних матеріалів також є вагомим фактором для споживачів, особливо у виробництві одягу, робочого спецодягу, спортивних речей та інвентарю. Виробники, які приділяють увагу довговічності своїх виробів, завойовують довіру та лояльність споживачів, що є важливим аспектом для розвитку компанії в умовах високої конкуренції на ринку.

### Якість матеріалів як показник конкурентоспроможності

Сучасний споживач приділяє велику увагу якості матеріалів, з яких виготовлений одяг та інші текстильні вироби. Показники якості, такі як стійкість кольору, міцність, еластичність, здатність витримувати численні прання та зберігати свої початкові характеристики, є одними з головних критеріїв вибору. Дослідження

впливу руйнівних факторів дозволяють виробникам покращувати свої вироби, оптимізуючи властивості матеріалів, щоб вони відповідали вимогам споживачів.

Текстильні матеріали, що демонструють високу якість у процесі експлуатації, є конкурентоспроможними на ринку, особливо в преміум-сегментах, де вимоги до якості є вищими. Наприклад, для виробів зі шкіри, вовни або шовку важливо забезпечити високу стійкість до ультрафіолетового випромінювання, механічного зносу і водопоглинання, оскільки навіть незначні пошкодження можуть негативно вплинути на їхній зовнішній вигляд. Це стає можливим завдяки систематичному дослідженню руйнівних факторів і виявленню способів запобігання їх впливу.

#### Підвищення екологічності текстильної продукції

У текстильній промисловості, яка є однією з найбільших індустрій, існує нагальна потреба у вирішенні екологічних питань. Довговічні та високоякісні матеріали сприяють зменшенню обсягів текстильного споживання, оскільки потреба в частій заміні виробів скорочується. Це важливо, оскільки текстильні відходи займають значну частку від загального обсягу промислових відходів. Сучасні дослідження дозволяють не лише поліпшувати властивості тканин, а й знижувати негативний вплив на довкілля, адже більша довговічність матеріалів означає менше сміття.

Вивчення впливу руйнівних факторів, таких як ультрафіолетове випромінювання, волога, хімічні речовини, дозволяє виробникам використовувати спеціальні просочення, обробки та покриття, що значно підвищують зносостійкість матеріалів. Це допомагає створювати тканини, що потребують мінімального догляду, рідше втрачають свої властивості та не потребують заміни протягом тривалого часу.

#### Важливість досліджень для розробки інноваційних матеріалів

Сучасні технології та розробки у сфері текстильної промисловості дозволяють створювати матеріали з унікальними властивостями, які здатні протистояти впливу руйнівних факторів. Дослідження механізмів зношування і руйнування текстилю сприяє появі інноваційних волокон та матеріалів, що володіють підвищеною стійкістю до зовнішніх умов. Такі тканини можуть використовуватися у виробництві спеціалізованого одягу (наприклад, захисного чи військового одягу), у виготовленні

продукції для екстремальних умов експлуатації (наприклад, для спорту або туристичного спорядження), а також у предметах, де вимоги до якості є особливо високими.

Інноваційні матеріали створюються на основі нових технологій, таких як нанообробка, застосування зміцнювальних волокон, багат шарова структура або застосування спеціальних добавок, що підвищують стійкість тканин. Результати досліджень у цій сфері допомагають оптимізувати технології виробництва, щоб виготовляти більш якісні матеріали з поліпшеними характеристиками.

#### Зміцнення стандартів якості у текстильній індустрії

Систематичне дослідження руйнівних факторів і впровадження отриманих знань у виробничий процес також сприяє підвищенню стандартів якості у текстильній індустрії. Це дозволяє виробникам дотримуватися високих стандартів якості і відповідати міжнародним вимогам до текстильних виробів, що необхідно для виходу на глобальні ринки. Наприклад, підвищення стійкості матеріалів до прання, механічного зносу і впливу сонячного світла дозволяє відповідати екологічним стандартам і збільшувати тривалість експлуатації виробів.

Отже, дослідження впливу руйнівних факторів на текстильні матеріали є фундаментальним для забезпечення якості, довговічності та конкурентоспроможності текстильної продукції. Це дослідження важливе не тільки для поліпшення матеріалів, але і для впровадження нових рішень, які дозволять розширювати асортимент продукції, підвищувати її екологічність, а також знижувати витрати на виробництво і зменшувати обсяги текстильних відходів. Усі ці аспекти підкреслюють значення цієї теми для текстильної галузі, яка прагне адаптуватися до вимог сучасного ринку та глобальних екологічних стандартів.

### **1.3. Вплив екологічних та економічних чинників**

Вплив екологічних та економічних факторів на текстильну галузь: сталий розвиток та мінімізація відходів.

Екологічні та економічні фактори відіграють критичну роль у сучасній текстильній індустрії, яка прагне адаптуватися до потреб сталого розвитку, зменшення обсягів відходів і підвищення ефективності виробництва. Текстильна промисловість є однією з найбільших і водночас найекологічно чутливіших галузей, тому інтеграція екологічно відповідальних та економічно вигідних практик стає обов'язковою умовою для довгострокового успіху. Розглянемо детальніше, як екологічні та економічні аспекти впливають на текстильну галузь, та їхній внесок у створення стійких моделей виробництва й споживання.

### Сталий розвиток: етична та економічна потреба

Текстильна промисловість має значний вплив на довкілля через використання природних ресурсів, утворення відходів та забруднення. Згідно з принципами сталого розвитку, ця галузь повинна забезпечувати баланс між економічною вигодою, соціальною відповідальністю та збереженням природних ресурсів. Екологічна відповідальність у текстильній індустрії включає зменшення використання води, зниження викидів парникових газів, запобігання забрудненню водних ресурсів і ґрунтів.

1. Вплив на навколишнє середовище. У процесі виробництва тканин використовуються значні обсяги води та хімічних речовин. Наприклад, виробництво бавовняної тканини потребує великих обсягів води для поливу, обробки та очищення, а також хімічних барвників та мийних засобів. Для сталого розвитку критично важливо знижувати кількість забруднюючих речовин і переходити на методи виробництва, які потребують менше води. Інноваційні підходи до водоочищення та повторне використання води дозволяють зменшити навантаження на екосистеми.

2. Раціональне використання ресурсів. Екологічні фактори стимулюють компанії в текстильній промисловості ефективніше використовувати матеріали, знижуючи обсяги витратної сировини та енергії. Використання відновлюваних джерел енергії та перехід на енергоефективне обладнання допомагає зменшити викиди парникових газів, що важливо для запобігання змінам клімату. Такі заходи стають частиною стратегії сталого розвитку, що дозволяє галузі підвищувати свою стійкість до екологічних та економічних змін.

Економічні фактори: зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності

Інтеграція екологічних практик у текстильну галузь також є економічно вигідною. Дотримання стандартів екологічної відповідальності дозволяє виробникам скорочувати витрати, підвищувати конкурентоспроможність продукції та відповідати на потреби ринку, який усе більше тяжіє до сталих рішень.

1. Зменшення виробничих витрат. Завдяки впровадженню екологічно відповідальних практик текстильні компанії можуть знижувати виробничі витрати, наприклад, завдяки скороченню використання води, енергії та сировини. Перехід на повторне використання та переробку матеріалів дозволяє зменшити залежність від нових ресурсів, що сприяє стабільності виробничих процесів і знижує загальні витрати.

2. Економічна вигода від сталих практик. Сталі практики відкривають нові можливості для інноваційного підходу до створення матеріалів, наприклад, шляхом виробництва тканин з вторинної сировини або органічної бавовни. Цей тренд стимулює зростання попиту на екологічно чисту продукцію, що дозволяє компаніям збільшувати свою частку на ринку і підвищувати прибутки. Крім того, споживачі все частіше обирають бренди, які підтримують сталі практики, що дає конкурентні переваги.

3. Реалізація циркулярної економіки. Концепція циркулярної економіки, спрямована на повторне використання матеріалів та мінімізацію відходів, активно інтегрується в текстильну промисловість. Завдяки використанню вторинної сировини та переробці старих тканин у нові матеріали можна значно скоротити обсяги текстильних відходів, що стає економічно вигідним рішенням. Наприклад, компанії можуть впроваджувати програми обміну одягу або прийому старих речей для переробки, що забезпечує їм доступ до додаткових ресурсів і мінімізує залежність від нових.

Мінімізація відходів та переробка

1. Зменшення текстильних відходів. У текстильній галузі мінімізація відходів є особливо важливою, оскільки велика частина продукції швидко втрачає актуальність або стає непридатною через швидкоплинність моди чи низьку якість.



Сталі практики передбачають впровадження таких підходів, як дизайн, орієнтований на довговічність, зменшення кількості шкідливих речовин у виробництві та впровадження технологій, що дозволяють зберігати якість виробів протягом тривалого часу.

2. Переробка текстильних матеріалів. Переробка текстилю стає однією з важливих складових у зниженні навантаження на довкілля. Наприклад, перетворення відходів виробництва на нові вироби дозволяє ефективніше використовувати ресурси, а також знижувати обсяги сміття, яке потрапляє на звалища. Деякі компанії створюють тканини зі старих речей або використовують матеріали з пластикових відходів (наприклад, пляшок), що забезпечує скорочення обсягів пластику у навколишньому середовищі.

3. Впровадження технологій безвідходного виробництва. Сучасні технології дозволяють текстильній галузі впроваджувати безвідходні методи виробництва, коли залишки тканин використовуються для створення нових продуктів або для інших виробничих цілей. Це сприяє зменшенню кількості відходів і сприяє формуванню екологічно відповідальної промисловості. Такі методи можуть включати 3D-друк текстилю, що знижує потребу у зайвих витратах матеріалів.

#### Підвищення якості матеріалів і сталий розвиток

У результаті впровадження екологічно відповідальних підходів текстильна галузь підвищує якість матеріалів, що забезпечує їх довговічність та стійкість до впливу руйнівних факторів. Це, у свою чергу, сприяє сталому розвитку, оскільки потреба у частій заміні продукції зменшується, а текстильні вироби мають триваліший життєвий цикл. Довговічні матеріали є важливим чинником для споживачів, які прагнуть зменшити свій екологічний слід і обирають якісні речі, що служать довше.

Отже, вплив екологічних та економічних факторів на текстильну галузь є значним і сприяє розвитку сталих практик, зменшенню відходів та підвищенню якості матеріалів. Екологічна відповідальність текстильної промисловості вимагає переходу на нові методи виробництва та використання ресурсів, що дозволяє створювати

продукцію, яка не тільки відповідає вимогам споживачів, а й зменшує негативний вплив на довкілля.

#### **1.4. Роль досліджень на сучасному етапі розвитку науки в швейній галузі**

Сучасні дослідження в текстильній галузі мають важливе значення для розвитку цієї сфери, забезпечуючи новітніми методами аналізу та конкретними практичними рекомендаціями для покращення якості продукції та зниження її негативного впливу на навколишнє середовище. У міру посилення екологічних та економічних вимог роль таких досліджень лише зростає, адже вони дозволяють розвивати ефективні рішення та відповідати на глобальні виклики, пов'язані з забрудненням довкілля, стійким розвитком та підвищенням якості продукції.

##### Методи аналізу текстильних матеріалів

1. Фізико-механічний аналіз. Дослідження фізико-механічних властивостей, таких як міцність, еластичність, стійкість до тертя та зношування, дозволяють визначити здатність матеріалів витримувати експлуатаційні навантаження. Наприклад, тестування на розтягнення, стійкість до розриву та опір згинанню є стандартними методами, які дозволяють встановити оптимальні умови для виготовлення виробів тривалого користування.

2. Хімічний аналіз. Цей метод досліджень дає змогу визначити склад та властивості хімічних речовин, які входять до складу матеріалів або використовуються у процесах їх обробки. Зокрема, аналіз хімічного складу допомагає виявити потенційно шкідливі речовини (наприклад, формальдегід або важкі метали) та замінити їх на екологічно чисті аналоги, тим самим знижуючи токсичний вплив продукції на довкілля та споживачів.

3. Спектральний аналіз. Використання спектрального аналізу дає можливість швидко та точно визначати склад текстильних волокон і фарбників, а також контролювати їх рівномірність по всій поверхні тканини. Застосування цього методу дозволяє виробникам дотримуватися екологічних стандартів і забезпечити високу якість кольору та стійкість до сонячного випромінювання чи прання.

4. Оптичні методи. Використання оптичних методів аналізу, таких як мікроскопія та лазерні технології, дозволяє детально досліджувати структуру волокон і поверхневі властивості матеріалів. Ці дослідження допомагають визначати причини механічного зношування матеріалів, а також їх стійкість до різних видів навантажень.

5. Термографія. Визначення температурної стійкості матеріалів, а також їх здатності зберігати форму та структуру під час нагрівання є важливим аспектом у виробництві текстилю. Це особливо актуально для синтетичних волокон, які повинні витримувати високі температури без деформацій.

#### Практичні рекомендації на основі досліджень

1. Роль сучасних досліджень у текстильній промисловості: методи аналізу та практичні рекомендації

2. Покращення процесів фарбування та обробки. Результати хімічних та спектральних досліджень дозволяють знижувати використання шкідливих речовин у процесах фарбування. Сучасні рекомендації пропонують застосовувати органічні барвники та мінімізувати обсяг води для зменшення забруднення.

3. Вибір стійких матеріалів. На основі аналізу фізико-механічних властивостей та довговічності матеріалів рекомендується використовувати високоякісні волокна для виробництва одягу з високим рівнем зносостійкості. Це дозволяє зменшити частоту заміни виробів і, як наслідок, обсяг текстильних відходів.

4. Використання екологічних волокон. Результати екологічних досліджень стимулюють застосування біорозкладних та перероблених матеріалів, таких як бамбукове волокно, коноплі, льон та органічна бавовна. Використання таких матеріалів допомагає знизити негативний вплив на природу, особливо при виготовленні масових текстильних виробів.

5. Оптимізація умов зберігання та експлуатації. Дослідження термостійкості та вологостійкості текстильних матеріалів дають змогу виробникам надавати рекомендації щодо оптимальних умов догляду та зберігання продукції. Це дозволяє подовжити термін експлуатації текстильних виробів.

б. Розробка нових видів текстилю. Завдяки результатам сучасних досліджень з'являються нові види матеріалів, що відповідають вимогам сталого розвитку. Наприклад, дослідження у сфері нанотехнологій дозволяють створювати текстиль з підвищеними антибактеріальними властивостями, стійкістю до забруднень і вологостійкістю, що робить їх більш довговічними та зручними у використанні.

#### Важливість досліджень для текстильної промисловості

Сучасні дослідження не лише підвищують якість матеріалів, а й сприяють формуванню нових стандартів у виробництві текстилю, що враховують екологічну відповідальність та економічну ефективність. Вони допомагають компаніям відповідати на зростаючі вимоги споживачів до екологічно чистої продукції, адаптуючи свої процеси для мінімізації шкідливих викидів та раціонального використання ресурсів.

Такі дослідження є необхідними для інноваційних рішень у виробництві та створенні конкурентоспроможної продукції, яка відповідає стандартам сталого розвитку. Завдяки їм текстильна галузь отримує можливість забезпечити високий рівень якості та тривалість використання продукції, знижуючи при цьому навантаження на навколишнє середовище.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 2.1. Визначення значимості показників якості текстильних матеріалів

Для оцінки значимості показників якості текстильних матеріалів використані результати опитування 9 незалежних респондентів. Експертами виступали споживачі, спеціалісти в галузі легкої та текстильної промисловості, викладачі СНУ ім. В. Даля.

Номенклатуру показників представлено у таблиці 2.1.

Результати ранжування представлено в таблиці 2.2, де  $X_1$  – розривальне навантаження;  $X_2$  – гігроскопічність,  $X_3$  – питомий поверхневий електричний опір;  $X_4$  – жорсткість;  $X_5$  – стійкість до стирання по площині;  $X_6$  – коефіцієнт повітропроникності;  $X_7$  – зміна товщини;  $X_8$  – роздиральне навантаження;  $X_9$  – сировинний склад, перелік волокон.

Таблиця 2.1

Номенклатура показників якості текстильних матеріалів Показники якості матеріалів	Одиниці вимірювання
<b>Показники призначення</b>	
Розривальне навантаження	Н
Роздиральне навантаження	Н
<b>Показники надійності</b>	
Стійкість до стирання по площині	цикли
Зміна товщини	мм
<b>Показники ергономічності</b>	
Коефіцієнт повітропроникності	дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с
Гігроскопічність	%
Сировинний склад, перелік волокон	%
Питомий поверхневий електричний опір	Ом
<b>Показники технологічності</b>	
Жорсткість	мкН·см <sup>2</sup>

Таблиця 2.2

### Результати ранжування показників якості текстильних матеріалів

Експерт	Показник								
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$
1	2	5	7	4	1	3	4	3	2
2	3	1	9	7	7	2	3	5	3
3	2	3	6	4	1	1	3	2	5
4	3	4	7	6	2	3	3	2	1
5	2	8	7	9	3	4	3	1	5
6	1	5	6	3	4	1	1	3	3
7	1	4	6	8	2	3	3	2	9
8	1	7	6	6	3	3	5	7	4
9	3	7	8	9	5	3	1	5	2

Кожному експерту надавалась можливість оцінити значимість одиничного показника якості і проставити оцінки в залежності від їх значимості. Кожній оцінці відповідає певний ранг показника. Найбільш важливий показник позначається рангом  $R = 1$ , а найменш значимий – рангом  $R = n$ , де  $n$  – число обговорюваних показників.

Якщо експерт вважає кілька показників рівноцінними за значимістю, то їм привласнюються однакові ранги, але їх сума має дорівнювати сумі місць при їхньому послідовному розташуванні. При ранжуванні показників сума рангів у кожного експерта є постійною і дорівнює:

$$\sum_{i=1}^n R_{ji} = 0,5n(n+1), \quad (2.1)$$

де  $n$  – число показників.

Розташовуючи показники у порядку їх зростання, визначається ранг кожного значення в сукупності (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

### Зведена таблиця визначення рангу кожного показника

Експерт	Показник якості ТМ									$S_i = \sum_{i=1}^n X_{ij}$	$T_j$
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$		
1	2,5	8	9	6,5	1	4,5	6,5	4,5	2,5	45	1,5

2	4	1	9	7,5	7,5	2	4	6	4	45	2,5
3	3,5	5,5	9	7	1,5	1,5	5,5	3,5	8	45	1,5
4	5	7	9	8	2,5	5	5	2,5	1	45	2,5
5	2	8	7	9	3,5	5	3,5	1	6	45	0,5
6	2	8	9	5	7	2	2	5	5	45	4,0
7	1	6	7	8	2,5	4,5	4,5	2,5	9	45	1,0
8	1	8,5	6,5	6,5	2,5	2,5	5	8,5	4	45	1,5
9	3,5	7	8	9	5,5	3,5	1	5,5	2	45	1,0
$S_j = \sum_{j=1}^m X_{ij}$	24,5	59	73,5	66,5	33,5	30,5	37	39	41,5	405	16
Ранг	1	7	9	8	3	2	4	5	6	-	-
$ji$	0,19	0,10	0,06	0,08	0,17	0,18	0,16	0,15	0,11	1,26	-
$S_j - S_i$	-20,5	14	28,5	21,5	-11,5	-14,5	-8	-6	-3,5	0	-
$(S_j - S_i)^2$	420,25	196	812,25	462,25	132,25	210,25	64	36	12,25	2345,5	-

Для визначення тісноти зв'язку між довільним числом ранжувальних ознак було застосовано множинний коефіцієнт рангової кореляції (коефіцієнт конкордації)  $W$ , який обчислюється за формулою:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (2.2)$$

де  $\Delta_i^2$  – різниця між сумою рангів кожного показника і середньої суми рангів;  $m$  – кількість експертів;  $n$  – число показників,  $T_j$  – показник зв'язаних рангів для кожного  $j$ -го експерта.

Таким чином, після проведених обчислень було визначено, що  $\sum_{j=1}^m T_j = 192$ , а  $W = 0,62$ . Значущість коефіцієнта конкордації  $W$  було перевірено за критерієм Пірсона  $\chi^2$ , який визначається наступним чином:

$$\chi^2 = Wm(n - 1), \quad (2.3)$$

де  $m$  – кількість експертів;  $n$  – число показників.

В нашому випадку  $\chi^2 = 45,11$ .

Порівнюючи розрахункове значення з табличним, при числі ступенів вільності

$n-1=8$  і рівні значущості  $\alpha=0,05$  табличне значення  $\chi^2_{табл.}=15,50$ . Оскільки  $\chi^2 > \chi^2_{табл.}$ , то з ймовірністю 0,95 можна стверджувати, що існує певна узгодженість думок експертів відносно показників, що впливають на передчасне зношування вказаних швейних виробів.

## 2.2. Характеристика текстильних матеріалів, використаних для дослідження

На першому етапі дослідження було обрано міліметровий папір. Розмір зразків проб становив 100 x 50 мм.

На другому етапі дослідження було обрано полісилоксанову плівку. Розмір зразків проб становив 100 x 50 мм.

На третьому етапі дослідження було взято тканину (зразок № 2), до складу якої входить 100 % бавовни по основі та 100 % поліефірного (лавсанового) волокна по утку 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. 2.4).

Таблиця 2.4

### Фізико-механічні характеристики текстильних матеріалів типових груп

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 Віс <sup>с</sup>
- по утку	100 Б	100 ПЕ	100 ПА	100 Віс <sup>р</sup>
Переплетення, R	саржа 3/1	саржа 1/3	полотняне	утокова гладь
Розривальне зусилля $P_p$ , Н:				
- по основі	1325,0	785,0	884,4	152,4 <sup>с</sup>
- по утку	885,0	1045,0	610,0	250,0 <sup>р</sup>



Відносне видовження $V_a$ , %:				
- по основі	42,0	24,0	84,4	77,7 <sup>с</sup>
- по утоку	20,0	80,2	55,0	61,0 <sup>р</sup>
Роздиральне зусилля $P_{роз}$ , Н:				
- по основі	31,4	35,0	21,0	11,8 <sup>с</sup>
- по утоку	40,0	14,7	34,2	15,6 <sup>р</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, р – рядок)

До другої групи тканин (зразок № 3) 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  $дм^3/м^2 \cdot с$  (табл. 2.4).

Окрім розглянутих текстильних тканин, було обрано й трикотажні полотна, фізико-механічна характеристика одного з таких полотен представлена в таблиці 2.2 (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  $дм^3/м^2 \cdot с$  (табл. 2.4).

Отже, приведений аналіз зразків матеріалів (№ 2; 3 і 4) свідчить про те, що для виготовлення швейних виробів використовують не певні тканини, трикотажні або неткані полотна, передбачені нормативними і санітарними нормами та правилами, а такі, що не обґрунтовуються згідно указаних вимог, особливо за волокнистим складом,

відповідаючи тільки потребам торгівлі, що є недоліком.

Тому, нами 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).

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 або їх удосконалення в зонах найбільшого руйнування 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. Статистична обробка результатів досліджень

В процесі проведення експериментів отримані результати оброблялися за допомогою математичної статистики відомими методами, описаними в літературі [3-14].

Так, середнє арифметичне результатів досліджень визначали за формулою:

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}, \quad (2.1.)$$

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 [14] за формулою:

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (2.2)$$

а середнє квадратичне відхилення результатів вимірювання оцінювали за умовами [3] формулою:

$$S(\bar{X}) = \frac{S}{\sqrt{n}}. \quad (2.3)$$

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

$$\bar{S} = M(V) \cdot S, \quad (2.4)$$

де:  $M(V)$  – коефіцієнт, який визначається за табл. 1 стандарту [9], залежно від  $V = n - 1$ .

Довірчі границі випадкової похибки результату вимірювання визначаються за формулою:

$$k = t_p S(\bar{X}), \quad (2.5)$$

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:

$$T = \pm 100 \frac{m}{\bar{X}}, \quad (2.6)$$

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

Коефіцієнт варіації визначали за формулою:

$$K = \pm 100 \frac{B}{\bar{X}}. \quad (2.7)$$

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 %.

## РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 3.1. Вичначення впливу проколів вишивальної голки

В процесі виконання робіт, при з'єднуванні деталей текстильних виробів швейною машиною обґрунтовано використовують оптимальний номер голки [11, 14]. Це, насамперед, пов'язано з наявністю теоретичних основ та об'єктивних експериментальних досліджень у даному напрямку, які проводились спеціалістами-технологами на протязі багатьох років. До цього додавались такі знання, як асортимент та природа швейних ниток, зміна розривальних характеристик, стійкість до стирання по площині, температурні границі використання в разі синтетичних складових, а також вибір режимів з'єднування деталей, до яких включають вид швейного виробу, номер голки і нитки, крок стібка тощо [10, 14]. Проте залишається не вивчено питання впливу ступеня руйнування матеріалу в процесі комп'ютерного вишивання, а тому нами були проведені дослідження для обґрунтування критеріїв оцінки руйнування зразків полісилоксанового матеріалу (СП) вишивальними голками.

Для проведення експериментальної частини досліджень була використана міліметрова стрічка паперу розміром (50×200) мм, по ширині якої проводилися проколи голкою певного номеру при врахуванні кроку стібка «А», який дорівнював 1, 2, 3 і 4 мм. Аналогічні закономірності були отримані й при вивченні впливу вишивальних голок таких номерів (діаметрів), як 75 (0,75 мм); 80 (0,8 мм); 90 (0,9 мм) і 100 (1,0 мм).

Оскільки діаметр голок був різний, то площа одного проколу  $S_0$ , обрахована за відомою формулою, а саме:

$$S_0 = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.1)$$

де  $d$  – діаметр голки, мм<sup>2</sup>.

Так, для голки № 75  $S_0 = 0,44$  мм<sup>2</sup>, а для голки № 90  $S_0 = 0,64$  мм<sup>2</sup> і т. ін.

Загальна площа зразка  $S_1$  обґрунтовувалась постійною його шириною « $b$ », що дорівнює 50 мм та діаметром голки « $d$ », а кількість проколів при цьому залежатиме

від кроку стібка, тобто:

$$M = \frac{b}{A}, \quad (3.2)$$

де  $M$  – кількість проколів, шт;  $b$  – ширина зразка, мм;  $A$  – крок стібка, мм.

Наприклад, якщо взяти голку № 90, то  $S_1 = (0,9 \times 50) = 45 \text{ мм}^2$ , яка при  $A = 1$  зробить 50 проколів, зруйнувавши при цьому площу  $S_2$  в  $32 \text{ мм}^2$ , яка підраховується за формулою:

$$S_2 = M \times S_0, \quad (3.3)$$

де  $S_0$  – площа одного проколу,  $\text{мм}^2$ ;  $M$  – кількість проколів, шт.

Незруйнована площа  $S_3$ , представлена різницею між  $S_1$  і  $S_2$ , тобто:  $45,0 - 32,0 = 13,0 \text{ мм}^2$ .

Теоретичні дослідження за розробленим методом були проведені для всіх без винятку вказаних номерів голок, що найбільш часто використовуються у вишивальному процесі при зазначених кроках стібків. Отримані результати свідчать про те, що найбільший вплив на ступінь руйнування виявляють голки, діаметр яких зростає від 0,75 до 1,0 мм при постійному значенні кроку стібка. Але, коли крок стібка змінювати від 1 до 4 мм, то залежно від діаметра голки, ступінь руйнування проби різко зменшується, що обґрунтовується кількістю проколів для окремо взятого випадку. Так, якщо досліджувати вплив голки № 100 ( $d = 1,0 \text{ мм}$ ), то при кроці стібка  $A = 1$  і довжині шва (« $b$ ») 50 мм отримаємо 50 проколів, які зруйнують зразок площею  $39,5 \text{ мм}^2$ , а коли  $A = 4$ , то буде зроблено 12,5 проколів, тобто у чотири рази менше, і площа руйнування дорівнюватиме всього  $9,86 \text{ мм}^2$ , зменшившись теж у чотири рази.

Указані закономірності (табл. 3.1) [95, 123], підтверджують гіпотезу про те, що площа руйнування зразка при конкретному діаметрі голки повністю залежить від кроку стібка і може бути обрахована за формулою:

$$S_2 = \frac{\pi d^2 b}{4A}, \quad (3.4)$$

де  $d$  – діаметр голки, мм;  $b$  – довжина шва, мм;  $A$  – крок стібка, мм.

Таблиця 3.1

**Вплив проколів вишивальних голок на зміну площі руйнування  
полісилоксанової проби в залежності від номера (діаметра) голки  
та кроку стібка (теоретично)**

Номер вишивальної голки N (діаметр d, мм)	Крок стібка A, мм	Площа проколу від номеру голки S <sub>0</sub> , мм <sup>2</sup>	Загальна площа проби S <sub>1</sub> , мм <sup>2</sup>	Кількість проколів M, шт.	Площа, зруйнована голкою S <sub>2</sub> , мм <sup>2</sup>	Площа, незруйнована голкою S <sub>3</sub> , мм <sup>2</sup>
75 (0,75)	1	0,44	37,5	50,0	22,0	15,5
	2			25,0	11,0	26,5
	3			16,7	7,35	30,15
	4			12,5	5,5	32,0
80 (0,8)	1	0,50	40,0	50,0	25,0	15,0
	2			25,0	12,5	27,5
	3			16,7	8,35	31,65
	4			12,5	6,25	33,75
90 (0,9)	1	0,64	45,0	50,0	32,0	13,0
	2			25,0	16,0	29,0
	3			16,7	10,7	34,3
	4			12,5	8,0	37,0
100 (1,0)	1	0,79	50,0	50,0	39,5	10,5
	2			25,0	19,75	30,25
	3			16,7	13,19	36,81
	4			12,5	9,86	40,14

Аналогічні дослідження були проведені з використанням указаних номерів голок, кроків стібків та полісилоксанової плівки (СП), яка виступала фізичною моделлю.

Експериментальні дані показали, що зміна для всіх номерів голок, в порівнянні з теоретичними дослідженнями, відбувається в процесі утворення проколів. У зв'язку з цим, зруйновану площу S<sub>2</sub> доцільно розраховувати за формулою (3.3), оскільки кількість проколів при конкретному кроці стібка буде залежати від морфологічно-структурної будови текстильного матеріалу, а також технічної можливості вишивальної машини, про що свідчить проведений експеримент (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

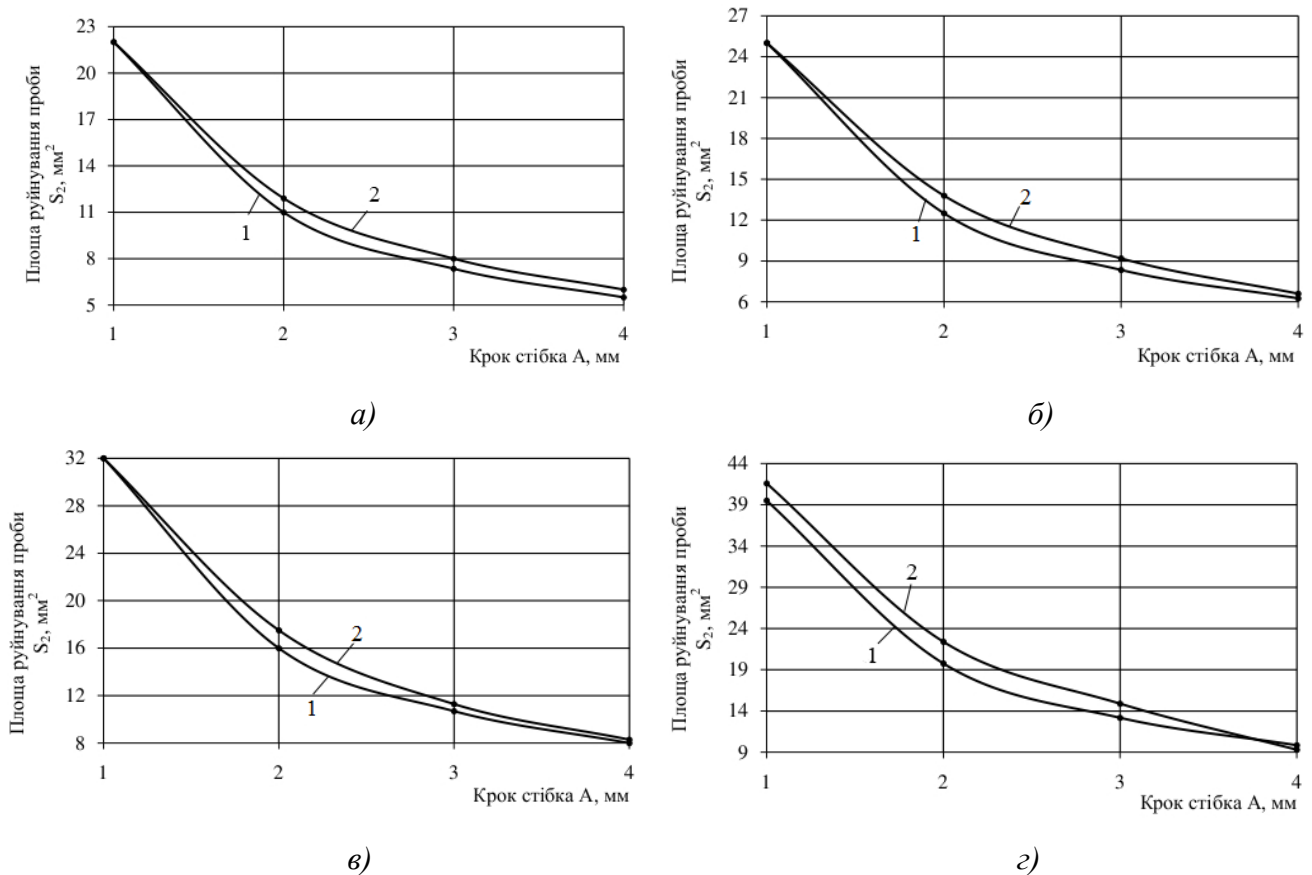
**Вплив проколів вишивальних голок на зміну площі руйнування  
полісилоксанової проби в залежності від номера (діаметра) голки  
та кроку стібка (експериментально)**

Номер вишивальної голки N (діаметр d, мм)	Крок стібка A, мм	Площа проколу від номеру голки S <sub>0</sub> , мм <sup>2</sup>	Загальна площа проби S <sub>1</sub> , мм <sup>2</sup>	Експериментальна кількість проколів M, шт.	Площа, зруйнована голкою S <sub>2</sub> ,		Площа, незруйнована голкою S <sub>3</sub> ,	
					мм <sup>2</sup>	%	мм <sup>2</sup>	%
75 (0,75)	1	0,44	37,5	50,0	22,0	58,7	15,5	41,3
	2			27,0	11,9	31,7	25,6	68,3
	3			18,0	8,0	21,4	29,5	78,6
	4			13,0	6,0	16,0	31,5	84,0
80 (0,8)	1	0,50	40,0	50,0	25,0	62,5	15,0	37,5
	2			28,0	13,8	34,5	26,2	65,5
	3			18,0	9,2	23,0	30,8	77,0
	4			13,0	6,6	16,5	33,4	83,5
90 (0,9)	1	0,64	45,0	51,0	32,0	72,5	13,0	27,5
	2			27,0	17,5	38,9	27,5	61,1
	3			18,0	11,3	25,1	33,7	74,9
	4			13,0	8,3	18,5	36,7	81,5
100 (1,0)	1	0,79	50	52,0	41,6	83,2	8,4	16,8
	2			28,0	22,4	44,8	27,6	55,2
	3			19,0	14,9	29,8	35,1	70,2
	4			12,0	9,3	18,6	40,7	81,4

Так, якщо узагальнити отримані результати, то можна зробити висновок, що до найбільшої площі руйнування призводять усі взяті для експерименту голки при кроці стібка 1 мм, послідовно зменшуючись від його зростаючого значення. Тому, наявність руйнівного фактора стібка очевидна і залежить як від номера (діаметра) голки, так і від величини його кроку A.

Виявлені залежності нами були проаналізовані графічно (рис. 3.1).





**Рис. 3.1. Залежність площі руйнування проб полісилоксанових матеріалів (1 – теоретична; 2 – експериментальна) від кроку стібка і номера (діаметра) голки: а) – голка № 75 ( $d = 0,75$  мм); б) – голка № 80 ( $d = 0,8$  мм); в) – голка № 90 ( $d = 0,9$  мм); г) – голка № 100 ( $d = 1,0$  мм)**

Експерименти показали також, що, коли  $A = 1$ , то ступінь руйнування зразків голками № 75; 80 і 90 співпадає з теоретичними розрахунками і дорівнюють 22,0; 25,0; і 32,0  $\text{mm}^2$  відповідно (табл. 3.1; табл. 3.2; рис. 3.1, а, б, в). Але в тому разі, коли крок стібка збільшувати до 3 мм, то розбіжності значень  $S_2$  між проведеними дослідженнями стають більш суттєвими для всіх номерів голок, особливо для № 100 (рис. 3.1, г).

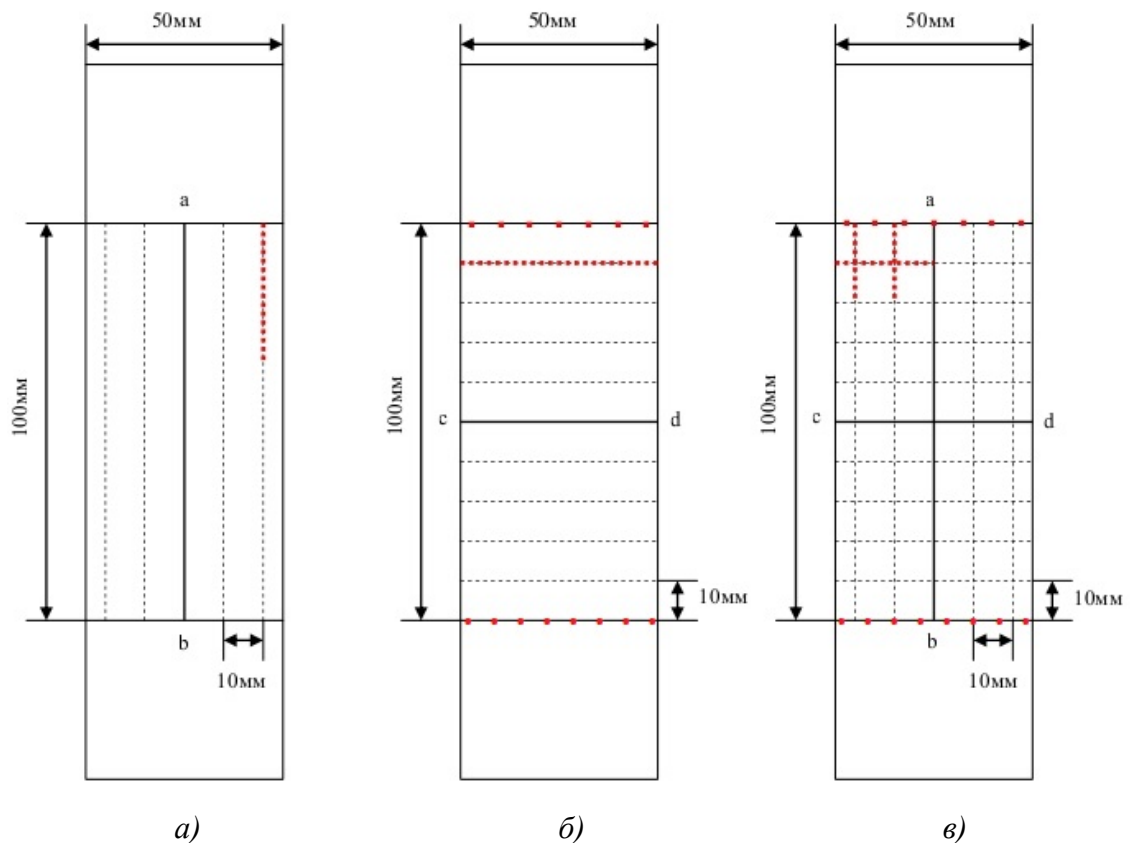
Таким чином, слід зазначити, що зміна величини площі руйнування як від номера голки, так і від кроку стібка знаходиться не в прямій, а в параболічній залежності, що свідчить про складність процесу. Але проаналізовані закономірності були отримані тільки при моделюванні одного шва.

Враховуючи те, що вишивання це багатостібковий технологічний процес з наявністю значної кількості проколів  $M$  на одиницю площі матеріалу, нами були

проведені дослідження, які б максимально характеризували вплив голки при дії вказаного чинника.

Експеримент, як і на першому етапі, проводили з використанням полісилоксанового зразка, товщина якого дорівнює 0,1 мм, а розривальне зусилля  $P_p$  при його розмірі (50×200) мм – 83,0 Н. Робочий розмір проби дорівнював (50×100) мм і був обраний з таким розрахунком, щоб після нанесення проколів голкою її руйнівний вплив оцінювати не тільки кількістю  $M$  та зруйнованою площею  $S_2$ , але й такими достатньо інформативними характеристиками, як зміна розривального зусилля  $P_p$  від вихідного ( $H$ , %) та наявність при цьому повітропроникнення  $K_p$  ( $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ). Для утворення проколів нами були обрані голки № 75 і 100, тобто ті, які відповідно найбільш та найменш використовуються при вишиванні. Утворення проколів проводилось при кроці стібка від 1 до 4 мм (інтервал – 1 мм), а для вивчення зміни коефіцієнта повітропроникності та розривальних характеристик використовувались прилади ВПТМ-2М [125] (рис. Б1) та РТ-250М [126] (рис. Б2). Кількість швів на пробах, вірніше їх імітація, була задовільною, але однаковою, які утворювались голками як вподовж, так і впоперек зразків. Так, чотири шва вподовж СП мали довжину по 100 мм на відстані 10 мм один від одного (рис. 3.2, а), а десять швів впоперек дорівнювали його ширині (рис. 3.2., б).

Наступна імітація швів (проколами машинною голкою без нитки) характеризується чотирма швами вподовж проби по 100 мм та десятьма швами по 50 мм по її ширині при вказаних відстанях (рис. 3.2, в). При цьому слід зазначити, що процес утворення швів на пробах починають від їх центральних ліній  $ab$  і  $cd$ , відступивши по обидві сторони на 10 мм.



**Рис. 3.2. Схема утворення швів вишивальними голками на полісилоксанових зразках: а) – чотири шва по 100 мм вдовж проб; б) – десять швів по 50 мм впоперек проб; в) – чотири шва по 100 мм вдовж проб та десять швів по 50 мм впоперек проб; ab і cd – центральні лінії проб**

Експерименти були проведені з використанням голки № 75 при дотриманні раніше зазначених умов. Аналіз отриманих результатів свідчить, що зміна значень рекомендованих авторами даної роботи контролюючих показників є суттєвою, а тому такі чинники, як крок стібка, кількість проколів на пробі для імітації швів та їх розміщення (вдовж, впоперек) слід вважати впливовими, а відтак обґрунтованими.

Так, якщо досліджувати пробу, вдовж якої було утворено чотири шва по 100 мм стібком  $A = 1$ , то сумарна кількість проколів  $M$  становить 408 штук, які призводять до руйнування площі  $S_2$  розміром  $204 \text{ мм}^2$ , появою повітропроникнення ( $K_{\text{п}} = 8,3 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ) та зменшення розривального навантаження від вихідного (83,0 Н) на 12,0 % (73,0 Н). В разі, коли стібок 3 або 4 мм, то виявлені закономірності зберігаються (табл. 3.3, табл. 3.4).

Таблиця 3.3

**Зміна показників коефіцієнта повітропроникності проб  
полісилоксанової плівки (СП) в залежності від кроку стібків  
та кількості швів, утворених голкою № 75 ( $d = 0,75$  мм)**

Кількість швів на СП пробі розміром (50×100) мм, Т, шт	Зміна величини коефіцієнта повітропроникності $K_{п}$ , $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ від кроку стібків А, мм та кількості проколів М, шт							
	А = 1		А = 2		А = 3		А = 4	
	$K_{п}$	М	$K_{п}$	М	$K_{п}$	М	$K_{п}$	М
Чотири шва по 100 мм вподовж проби	8,3	408	7,7	208	7,3	136	7,0	104
Десять швів по 50 мм впоперек проби	16,2	510	13,4	260	12,0	170	10,8	130
Чотири шва по 100 мм вподовж і десять швів по 50 мм впоперек проби	20,5	918	16,2	468	15,3	306	14,7	234

Таблиця 3.4

**Зміна показників розривальних характеристик проб  
полісилоксанової плівки (СП) в залежності від кроку стібків  
та кількості швів, утворених голкою № 75 ( $d = 0,75$  мм)**

Кількість швів на СП пробі розміром (50×100) мм, Т, шт	Зміна величини розривальних характеристик $P_p$ , Н, % від кроку стібків А, мм та кількості проколів М, шт							
	А = 1		А = 2		А = 3		А = 4	
	$P_p$	%	$P_p$	%	$P_p$	%	$P_p$	%
Чотири шва по 100 мм вподовж проби	73,0	-12,0	75,8	-8,7	78,3	-5,7	79,6	-4,0
Десять швів по 50 мм впоперек проби	70,0	-15,7	74,0	-10,8	76,0	-8,4	77,0	-7,2
Чотири шва по 100 мм вподовж і десять швів по 50 мм впоперек проби	57,0	-31,3	66,0	-20,5	72,0	-13,3	75,0	-9,6

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

Найбільш суттєва зміна контролюючих показників, коли вподовж проби були

утворені чотири шва по 100 мм, а впоперек – десять швів по 50 мм, згідно представленої схеми (рис. 3.2, в).

Коефіцієнт повітропроникності також залежить від кроку стібків, а саме зменшуючись при їх збільшенні. Так, якщо  $A = 1$ , то  $K_{\text{п}} = 20,5 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ , тобто його значення найбільше, а, наприклад, при  $A = 4$   $K_{\text{п}}$  зменшується на 28,3 % ( $14,7 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ) в порівнянні з  $A = 1$  (табл. 3.3).

Якщо проаналізувати дані про зміну розривальних показників, то найбільше їх зменшення від вихідного (83,0 Н) спостерігається, коли крок стібка  $A = 1$  становить 57,0 Н, зруйнувавшись на 31,3 %. При кроці стібка 3 і 4 мм процес руйнування проб теж відбувається, але в меншому ступені (табл. 3.4).

В результаті проведених досліджень було встановлено, що такий технологічний процес, як комп'ютерне вишивання, для часткової імітації якого були використані шви різної кількості та напрямку, утворені на фізичній моделі матеріалу голкою № 75 при зміні кроку стібків є взаємопов'язаною багатофакторною функцією, а запропоновані критерії оцінки руйнування проб СП при проведенні даного процесу – коректними. Площа руйнування зразків при конкретному діаметрі голки повністю залежить від кроку стібка. До найбільшої площі руйнування призводять всі взяті для експерименту голки при кроці стібка 1 мм, послідовно зменшуючись від його зростаючого значення. Наявність руйнівного фактора стібка очевидна і залежить як від номера (діаметра) голки, так й від величини його кроку  $A$ .

### **3.2. Математична модель вивчення впливу вишивального процесу на якість текстильних матеріалів**

Під час комп'ютерного вишивання спостерігаємо два процеси, що одночасно протікають в різних напрямках: руйнування матеріалу голкою та одночасне його зміцнення вишивальною ниткою.

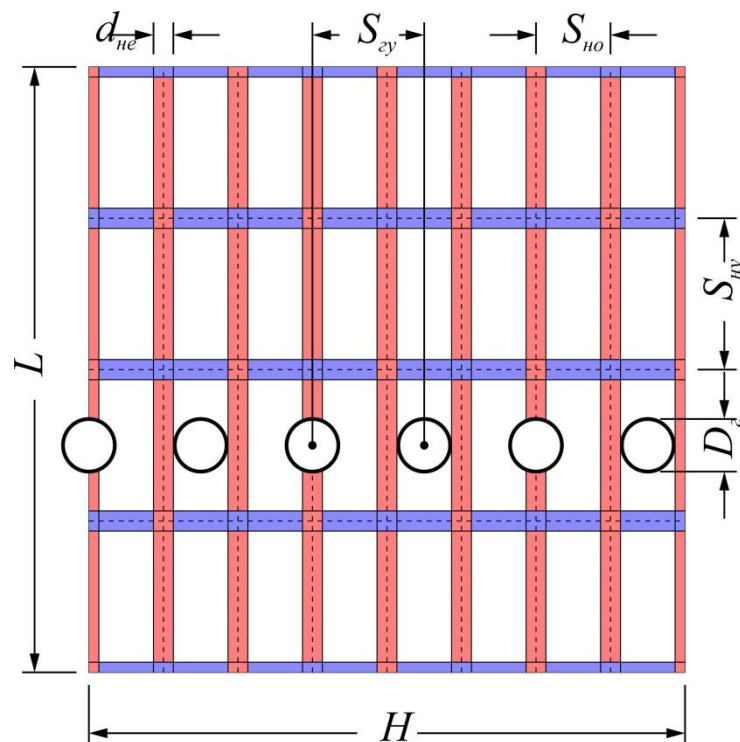
Розглянемо процес руйнування матеріалу вишивальною голкою. Для цього представимо спрощену модель матеріалу (дві взаємоперпендикулярні системи ниток) (рис. 3.3). У нашому випадку розглядаємо руйнування матеріалу, як руйнування окремих ниток при проколі голкою, і ступінь руйнування буде залежати від частки

зруйнованих ниток.

Розглянемо модель текстильного матеріалу із зазначеними на ній проколами (рис. 3.3). Руйнування матеріалу, що характеризується часткою зруйнованих ниток представимо у вигляді функціональної залежності (3.5):

$$P_i = F(x_1; x_2; \dots; x_n), \quad (3.5)$$

де  $x_1; x_2; \dots; x_n$  – деякий набір параметрів (властивості матеріалу, геометричні параметри стержня та вістря голки, технологічні параметри комп'ютерного вишивання тощо).



**Рис. 3.3. Модель проколу матеріалу вишивальною голкою:**

**$L$  і  $H$  – лінійні розміри проби тканини вдоволь нитки основи та утку відповідно;  $D_2$  – діаметр голки;  $S_{no}$  і  $S_{ny}$  – відстані між центрами ниток вдоволь нитки основи та утку відповідно;  $S_{zo}$  і  $S_{zy}$  – відстані між сусідніми центрами проколів голки уздовж нитки основи чи утку відповідно ( $S_{zo} = 0$ );  $d_{ne}$  – «ефективний» діаметр нитки**

Руйнування ниток розглядаємо відповідно вдоволь основи та утку (у цих випадках  $i = o, y$ ). Необхідно відзначити, що при руйнуванні вдоволь ниток утку відбувається руйнування ниток основи (і навпаки).

Спочатку розглянемо процеси, що протікають вдовж нитки утку (вдовж нитки основи аналогічно), а також деякі параметри та їх вплив на ступінь руйнування матеріалу. Вплив усіх параметрів, при їх зміні розглядаємо за умови, що інші параметри залишаються незмінними.

1. Діаметр голки  $D_2$ . При збільшенні величини діаметра голки  $D_2$  збільшується ступінь руйнування тканини (руйнується більша кількість ниток при тому самому числі проколів).

2. Відстані між центрами проколів голкою та центрами ниток матеріалу:  $S_{zo}$  і  $S_{но}$ ,  $S_{zy}$  і  $S_{ny}$ . При зростанні  $S_{zo}$  ( $S_{zy}$ ) частка руйнувань зменшується. При зростанні  $S_{но}$  ( $S_{ny}$ ) частка руйнувань збільшується.

Більш коректним, на наш погляд, треба розглядати кількість ниток і проколів на одиницю довжини матеріалу, які визначаються з наступних співвідношень:

$$S_{но} = \frac{H}{N_o} = \frac{1}{N_{oH}} \text{ та } S_{ny} = \frac{L}{N_y} = \frac{1}{N_{yL}}. \quad (3.6)$$

$$S_{zo} = \frac{L}{N_{zo}} = \frac{1}{N_{zL}} \text{ та } S_{zy} = \frac{H}{N_{zy}} = \frac{1}{N_{zH}}, \quad (3.7)$$

де:  $N_{oH} = \frac{N_o}{H}$  – кількість ниток основи вдовж нитки утку, що припадає на

одиницю ширини матеріалу;  $N_{yL} = \frac{N_y}{L}$  – кількість ниток утку вдовж нитки основи,

що припадає на одиницю довжини матеріалу;  $N_{zL}$  і  $N_{zH}$  – кількість проколів голкою вдовж нитки основи або утку відповідно.

При цьому, під час зростання кількості проколів на одиницю довжини зростає частка зруйнованих ниток, а при збільшенні кількості ниток на одиницю довжини (кількість проколів залишається незмінною) – відповідно зменшується. Тобто частка руйнування матеріалу пропорційна відношенню  $N_{zH}/N_{oH}$ .

3. «Ефективний» діаметр нитки  $d_{не}$ . У нашому випадку в це поняття

вкладаються ті параметри, які не можна теоретично обрахувати, а саме: розмір нитки матеріалу (діаметр), переплетення ниток у матеріалі, волокнистий склад ниток тощо. При зростанні  $d_{не}$  також збільшується й кількість повністю або частково зруйнованих ниток.

Треба також відмітити, що тут залежність не пряма, тому що великий вплив має такий показник, як кількість ниток на одиницю довжини, а відтак і кількість отворів (пор) матеріалу, і вплив голки на текстильну систему, що математично описати не є можливим.

Отже, частку зруйнованого матеріалу можна представити як функціональну залежність від зазначених параметрів:

$$P_o = F\left(K_B, D_2, d_{не}, \frac{N_{2H}}{N_{oH}}\right). \quad (3.8)$$

Тут, нами введено ще й такий показник, як коефіцієнт  $K_B$ , який буде враховувати ті властивості матеріалу та процеси, що протікають при вишиванні, які врахувати (або описати математично) не є можливим.

Визначення «ефективного» діаметра нитки (волокна) матеріалу.

Площа всієї проби матеріалу:

$$S = L \cdot H. \quad (3.9)$$

Площа ниток:

$$S_H = d_{не} \cdot (H \cdot N_y + L \cdot N_o) - d_{не}^2 \cdot N_o \cdot N_y. \quad (3.10)$$

Площа пор:

$$S_{II} = S - S_H. \quad (3.11)$$

Введемо таке поняття, як коефіцієнт пористості матеріалу  $K_{II}$ , – це відношення площі пор до площі всього матеріалу:



$$K_{ПП} = \frac{S_P}{S} = \frac{S - S_H}{S} = 1 - \frac{S_H}{S}. \quad (3.12)$$

Підставивши в рівняння (3.12) значення площ (3.9) і (3.10) отримаємо:

$$K_{ПП} = 1 + d_{не}^2 \cdot \frac{N_o \cdot N_y}{L \cdot H} - d_{не} \cdot \frac{H \cdot N_y + L \cdot N_o}{L \cdot H}. \quad (3.13)$$

Отже:

$$K_{ПП} = 1 + d_{не}^2 \cdot N_{oH} \cdot N_{yL} - d_{не} \cdot (N_{oH} + N_{yL}). \quad (3.14)$$

Також розглянемо методику визначення та розрахунків коефіцієнта повітропроникності. Згідно з визначенням [125]:

$$K_{\Pi} = \frac{V}{S \cdot t}, \quad (3.15)$$

де:  $V$  – обсяг повітря, що проходить крізь матеріал,  $\text{дм}^3$ ;  $S$  – площа матеріалу,  $\text{м}^2$ ;  $t$  – час, за який проходить повітря крізь матеріал, с.

Обсяг повітря, що проходить крізь матеріал пропорційний його швидкості  $v_{cp}$  та площі пор  $S_{\Pi}$  матеріалу (при проведенні випробувань швидкість повітря вважаємо величиною постійною) –  $V = v_{cp} \cdot S_{\Pi}$ . Отже:

$$K_{\Pi} = \frac{v_{cp} \cdot S_{\Pi}}{S \cdot t} = v_{cp} \cdot \frac{S_{\Pi}}{S \cdot t} = v_{cp} \cdot K_{ПП}. \quad (3.16)$$

Звідки:

$$K_{ПП} = \frac{K_{\Pi}}{v_{cp}} \quad (\text{при всіх умовах } K_{ПП} = \frac{K_{\Pi}}{v_{cp}} < 1). \quad (3.17)$$

Розглянемо відому в гідроаеродинаміці формулу Вейсбаха Ю.:

$$\Delta p = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\xi \cdot \rho}}. \quad (3.18)$$

Оскільки нами «ефективний» діаметр ниток, а відтак і коефіцієнт пористості

матеріалу використовується тільки для порівняння властивостей матеріалів між собою, то визначення коефіцієнта опору  $\xi$  матиме незначний вплив на результати порівняння, тому ним можна зневажити. Отже, ми розглядаємо його як суму місцевих опорів при різкому звуженні  $\xi_3$  та розширенні  $\xi_p$  повітряного потоку:

$$\xi = \xi_3 + \xi_p = 0,5 \cdot (1 - K_{\text{ПП}}) + (1 - K_{\text{ПП}})^2 = K_{\text{ПП}}^2 - 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} + 1,5. \quad (3.19)$$

Відтак:

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{(K_{\text{ПП}}^2 - 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} + 1,5) \cdot \rho}} \quad (3.20)$$

Підставивши (3.20) в (3.17) отримаємо:

$$K_{\text{ПП}} = K_{\text{П}} \cdot \sqrt{\frac{(K_{\text{ПП}}^2 - 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} + 1,5) \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p}} \quad (3.21)$$

Виконаємо перетворення даного рівняння.

$$K_{\text{ПП}}^2 = K_{\text{П}}^2 \cdot \frac{(K_{\text{ПП}}^2 - 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} + 1,5) \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p} \quad (3.22)$$

$$K_{\text{ПП}}^2 = \frac{K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p} \cdot (K_{\text{ПП}}^2 - 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} + 1,5) \quad (3.23)$$

$$K_{\text{ПП}}^2 \cdot \left(1 - \frac{K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p}\right) + 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} \cdot \frac{K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p} - 1,5 \cdot \frac{K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p} = 0 \quad (3.24)$$

$$K_{\text{ПП}}^2 \cdot (2 \cdot \Delta p - K_{\text{П}}^2 \cdot \rho) + 2,5 \cdot K_{\text{ПП}} \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho - 1,5 \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho = 0 \quad (3.25)$$

$$K_{\text{ПП}}^2 + K_{\text{ПП}} \cdot \frac{2,5 \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p - K_{\text{П}}^2 \cdot \rho} - \frac{1,5 \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p - K_{\text{П}}^2 \cdot \rho} = 0 \quad (3.26)$$

$$K_{\text{ПП}} = -\frac{1,25 \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p - K_{\text{П}}^2 \cdot \rho} \pm \sqrt{\left(\frac{1,25 \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p - K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}\right)^2 + \frac{1,5 \cdot K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p - K_{\text{П}}^2 \cdot \rho}} \quad (3.27)$$

Введемо позначення:  $K_1 = \frac{K_{II}^2 \cdot \rho}{2 \cdot \Delta p - K_{II}^2 \cdot \rho}$ .

Отже, рівняння (3.27) прийме вид:

$$K_{IP} = -1,25 \cdot K_1 \pm \sqrt{(1,25 \cdot K_1)^2 + 1,5 \cdot K_1} \quad (3.28)$$

Фізичний зміст у цьому рівнянні має тільки знак «плюс» перед знаком радикалу, оскільки значення пористості матеріалу не може бути від'ємною величиною.

Враховуючи це, отримаємо:

$$K_{IP} = \sqrt{(1,25 \cdot K_1)^2 + 1,5 \cdot K_1} - 1,25 \cdot K_1 = 1,25 \cdot K_1 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{0,96}{K_1}} - 1 \right). \quad (3.29)$$

Враховуючи рівність математичних виразів (3.14) і (3.29), запишемо:

$$1 + d_{не}^2 \cdot N_{oH} \cdot N_{yL} - d_{не} \cdot (N_{oH} + N_{yL}) = 1,25 \cdot K_1 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{0,96}{K_1}} - 1 \right). \quad (3.30)$$

Перетворимо рівняння (3.30):

$$d_{не}^2 \cdot N_{oH} \cdot N_{yL} - d_{не} \cdot (N_{oH} + N_{yL}) + \left[ 1 - 1,25 \cdot K_1 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{0,96}{K_1}} - 1 \right) \right] = 0, \quad (3.31)$$

$$d_{не}^2 - d_{не} \cdot \frac{(N_{oH} + N_{yL})}{N_{oH} \cdot N_{yL}} + \left[ 1 - 1,25 \cdot K_1 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{0,96}{K_1}} - 1 \right) \right] \cdot \frac{1}{N_{oH} \cdot N_{yL}} = 0, \quad (3.32)$$

$$d_{не} = \frac{(N_{oH} + N_{yL})}{2 \cdot N_{oH} \cdot N_{yL}} \pm \sqrt{\left[ \frac{(N_{oH} + N_{yL})}{2 \cdot N_{oH} \cdot N_{yL}} \right]^2 + \left[ 1,25 \cdot K_1 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{0,96}{K_1}} - 1 \right) - 1 \right] \cdot \frac{1}{N_{oH} \cdot N_{yL}}}. \quad (3.33)$$

Введемо позначення:  $K_2 = \frac{(N_{oH} + N_{yL})}{2 \cdot N_{oH} \cdot N_{yL}}$ . Рівняння (3.33) прийме вигляд:

$$d_{не} = K_2 \pm \sqrt{K_2^2 + \frac{1,25 \cdot K_1 \cdot \left( \sqrt{1 + \frac{0,96}{K_1}} - 1 \right) - 1}{N_{oH} \cdot N_{yL}}}. \quad (3.34)$$

Проведений аналіз значень «ефективного» діаметра показує, що фізичний зміст має знак «мінус» перед коренем. Натомість, знак «плюс» означає, що нитки накладені одна на одну.

Отже, «ефективний» діаметр ниток матеріалу є функцією від кількості ниток на один сантиметр та коефіцієнта повітропроникності:

$$d_{не} = F(N_{oH}, N_{yL}, K_{II}). \quad (3.35)$$

Визначимо «ступінь взаємодії» голки та матеріалу. При проколах голка руйнує матеріал частково, тому що залишає прокол меншого розміру, ніж діаметр голки. Сумарну величину проколів (руйнування матеріалу) можна визначити по зміні величини коефіцієнта повітропроникності.

Площа проколів:

$$S_{прок} = S'_{II} - S_{II} = S \cdot (K'_{II} - K_{II}), \quad (3.36)$$

де:  $S_{II}$  і  $S'_{II}$  – площа пор до та після проколів матеріалу відповідно;  $K_{II}$  і  $K'_{II}$  – значення коефіцієнта пористості матеріалу до та після проколів матеріалу відповідно.

З іншого боку:

$$S_{прок} = \eta \cdot S_2 = \eta \cdot N_2 \cdot \frac{\pi \cdot D_2^2}{4}, \quad (3.37)$$

де:  $S_2$  – площа поперечного розрізу проколу голкою;  $\eta$  – коефіцієнт взаємодії голки та матеріалу;  $N_2$  – загальна кількість проколів.

Отже, коефіцієнт взаємодії голки та матеріалу дорівнює:

$$\eta = \frac{4 \cdot S \cdot (K'_{II} - K_{II})}{N_2 \cdot \pi \cdot D_2^2}. \quad (3.38)$$

Отже, рівняння (2.5) можна записати в наступному вигляді:

$$P_o = F\left(\eta, d_{не}, D_2, N_{oH}, N_{yL}, K_{II}, \frac{N_{2H}}{N_{oH}}\right), \quad (3.39)$$

$$P_y = F \left( \eta, d_{не}, D_z, N_{oH}, N_{yL}, K_{II}, \frac{N_{zL}}{N_{yL}} \right). \quad (3.39^*)$$

Враховуючи те, що на вид цих залежностей впливає велика кількість чинників, серед них деякі, що теоретично не можливо описати (наприклад, характер взаємодії голки та матеріалу, вплив волокнистого складу матеріалу, вплив переплетення тощо), вид даної залежності визначимо емпіричним шляхом (експериментально).

Властивості, яким повинна відповідати дана залежність: 1) тільки зростаюча; 2) при відсутності проколів частка руйнування матеріалу нульова; 3) максимальне руйнування дорівнює одиниці та настає при певному числі проколів; 4) аргумент функції може приймати тільки додатне значення.

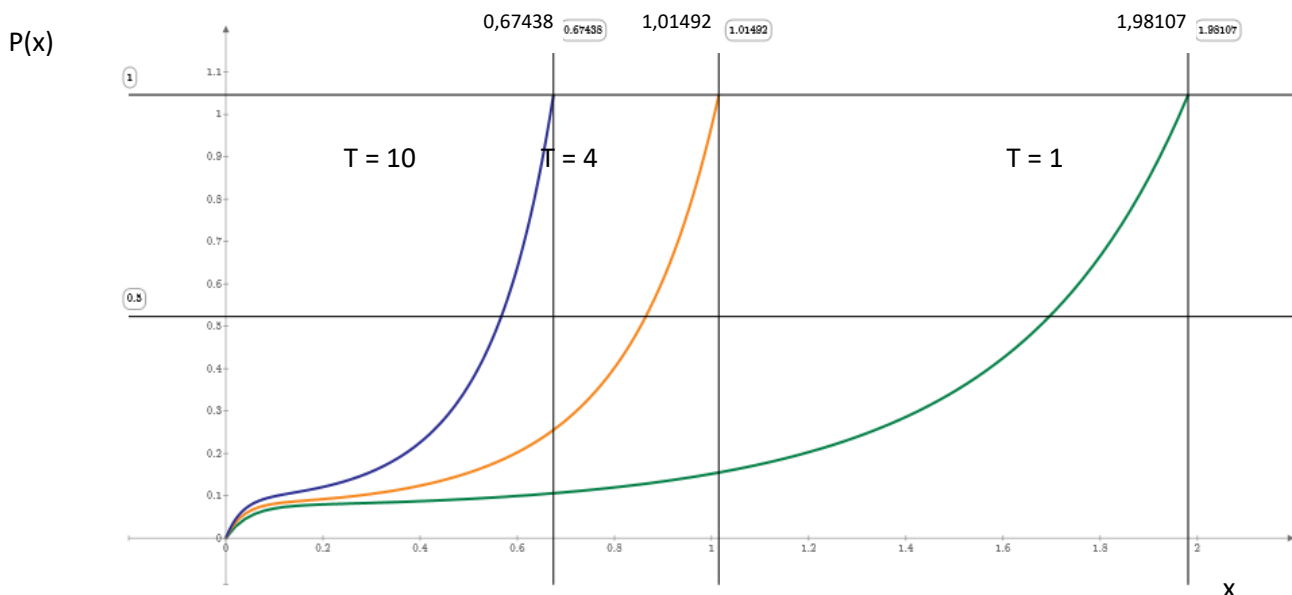
Проведені експерименти показали, що найбільш точно для опису рівняння можна використовувати експонентну залежність виду:

$$P_i(x_i) = \begin{cases} A \cdot (e^{B \cdot x_i^2} - e^{-C \cdot x_i}) & \text{при } 0 \leq x_i < x_{ik}, \\ 1 & \text{при } x_i \geq x_{ik} \end{cases}, \quad (i = o, y), \quad (3.40)$$

де:  $A$ ,  $B$  і  $C$  – коефіцієнти, обумовлені властивостями матеріалів, які теоретично врахувати неможливо, вони визначаються після проведення серії експериментів і їх аналізу. При цьому вони залежать від раніше розглянутих параметрів: діаметр голки, «ефективний» діаметр нитки, «ступеня взаємодії» голки та матеріалу тощо. Змінна:

$x_o = \frac{N_{zH}}{N_{oH}}$  – при руйнуванні ниток основи;  $x_y = \frac{N_{zL}}{N_{yL}}$  – при руйнуванні ниток утку. Так

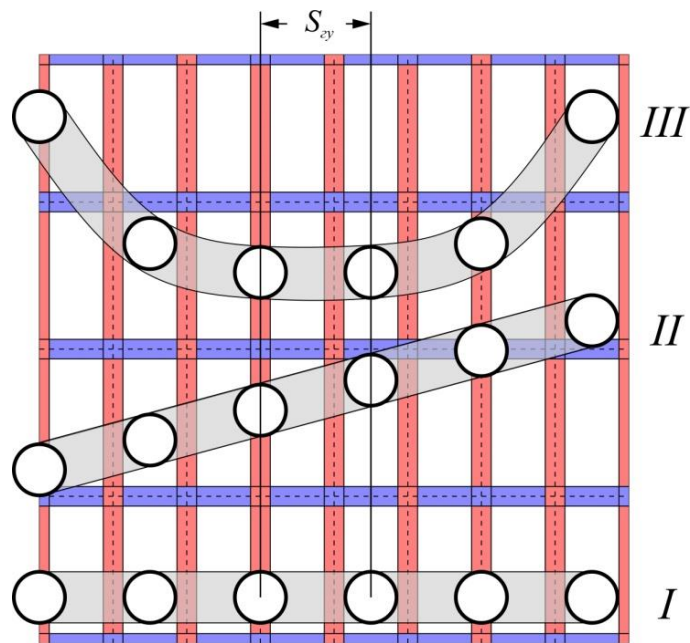
само величина частки руйнування (константи  $A$ ,  $B$  і  $C$ ) залежить від числа рядків у рапорті (цей параметр практично не розглядався тому, що він має значення лише в тому випадку, коли розглядається тільки процес руйнування голкою. А при вишиванні найнебезпечнішою ділянкою є границя вишивки, де можна розглядати елемент рапорту як такий, що містить тільки один рядок. Хоча загальний вигляд залежності (3.40) при цьому не змінюється, окрім значення величин  $A$ ,  $B$  і  $C$  (рис. 3.4).



**Рис. 3.4. Загальний вигляд залежності частки зруйнованого матеріалу при комп'ютерному вишиванні**

### **3.3. Вплив напрямку проколів вишивальною голкою на ступінь руйнування матеріалу**

При розробці математичної моделі ми розглядали руйнування матеріалу від проколів голкою, яка рухається лише вповдовж ниток утку (або ниток основи), але на практиці такий рух голки спостерігається рідко. Зазвичай вишивальна голка рухається в різних напрямках (відносно ниток основи або утку матеріалу). Приклади такого руху представлено рис. 3.5.



**Рис. 3.5. Умовні напрямки проколів голкою під час вишивання**

При вивченні впливу проколів голки (без нитки) на текстильний матеріал бачимо, що напрямок проколів (або «форма» проколів) не впливає на кількість (частку) зруйнованих ниток. Ця частка залежить лише від «проекції» відстані між центрами проколів голки та нитки утку (або нитки основи) – в залежності від цього руйнування ниток основи (утку) – це параметр  $S_{zy}$  (рис. 3.5), оскільки ми розглядаємо частку зруйнованих ниток основи. Тобто, незалежно від напрямку проколів частка зруйнованих ниток матеріалу визначається рівнянням (3.40).

Однак при вивченні впливу проколів голки з ниткою в процесі вишивання ці результати будуть достовірними тільки у випадку прямолінійної границі вишитого елемента (рис. 3.5, I). Ця ділянка буде найбільш слабкою, частка руйнування ниток вдовж якої визначається аналогічно випадку відсутності вишивки.

При інших умовах (рис. 3.5, II, III) це виконуватись не буде, оскільки частина навантаження передається ниткам під час процесу вишивання. Математично описати характер даної взаємодії не є можливим. Однак, роблячи припущення можемо сказати, що при цьому розривальні характеристики матеріалу будуть змінюватися менше, ніж просто при проколі волокнистої системи голкою. Це буде залежати від типу стібка та форми контурів вишивки підсилюючого елемента. Найгіршим, з погляду впливу на руйнування матеріалу, є використання прямолінійних границь підсилюючого

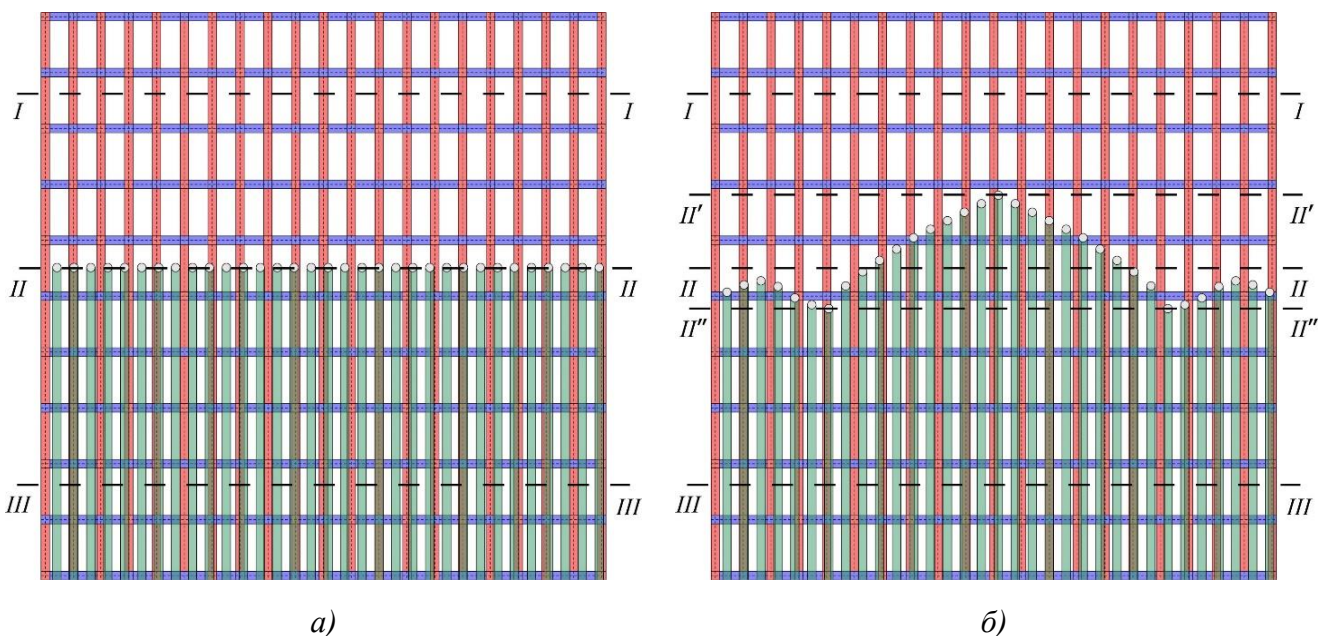
елемента, що підтверджується подальшими експериментами.

Якщо розглядати одночасно процес руйнування матеріалу від проколів голкою та власне вишивання, то видно, що найбільш «слабким» місцем при цьому буде переріз  $II$  (рис. 3.6). На місце розташування цього перерізу та частки зруйнованих ниток матеріалу буде впливати геометрія границі, а також тип стібка вишивки.

При цьому сумарна величина руйнування матеріалу  $P'_i$  лежить у межах:

$$0 < P'_i < P_i, \quad (3.41)$$

де:  $P_i$  – частка зруйнованого матеріалу без урахування впливу вишивальної нитки;  
 $P'_i$  – частка зруйнованого матеріалу з урахуванням впливу вишивальної нитки.



**Рис. 3.6. Умовне зображення елементів краю вишивки:  
 а) пряма лінія; б) хвиляста лінія**

Зменшення частки зруйнованих ниток відбувається за рахунок «заміни» частини зруйнованих ниток матеріалу вишивальними нитками. При цьому велике значення має вплив геометрії границі рисунка вишивки: тільки у випадку прямолінійної границі, яка співпадає з напрямком ниток у матеріалі (рис. 3.6, а) руйнування проходить по границі вишивки, тобто  $P'_i = P_i$ . В інших випадках буде виконуватись умова (3.41) і руйнування матеріалу знаходиться в межах між перерізами  $II' - II'$  та  $II'' - II''$  (рис. 3.6, б).



Слід зазначити, що встановлення значень цих коефіцієнтів і їх залежності від параметрів матеріалу, геометричних розмірів голки, типу переплетення вишивки і використовуваного рапорту не є метою даної роботи. Отримані результати носять тільки попередній характер.

Для більш точного та повного отримання результатів необхідно провести велику кількість експериментів і обробити їх результати, що є темою окремого наукового дослідження.

Після проведення експериментів і визначення параметрів, які впливають на частку руйнування волокнистої системи можна визначити граничне значення основного параметра, що впливає на матеріал – щільність проколів голкою при вишиванні на границі системи «матеріал-вишивка».

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Зроблено огляд впливу руйнівних факторів на характеристики текстильних матеріалів. Встановлено, що вишивальна голка під час своєї роботи, як складова вишивальної машини впливає на передчасне руйнування швейних матеріалів.

2. Проведен експертне анкетування з метою визначення значимості показників якості текстильних матеріалів.

3. 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 підтверджені експериментально, а тому віднесені до контролюючих (табл. 3.3 і 3.4).

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

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. Ярощук О.В. Комплексна оцінка рівня якості текстильних матеріалів / О.В. Ярощук // Вісник СНУ 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 СНУ 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. Ріпка Г.А. Вплив вишивальних голок на площу руйнування матеріалів / Г.А. Ріпка // Актуальні проблеми та перспективи розвитку сучасного матеріалознавства: тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф. наукової молоді та студентів, 26-27 вересня 2013 р. – К.: КНУТД, 2013. – С. 82-84.
7. 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.
8. 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).
9. 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).

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

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

12. 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 СХУ ім. В. Даля. – 2012. – № 13 (184). Ч.1. – С. 153-159.

13. 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.

14. 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.

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

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

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., Мазнєв 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. Засорнова І.О. Розробка процесу оздоблення вишивкою жіночих костюмів з урахуванням українських народних традицій: автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.18.19 / І.О. Засорнова. – Хмельницький, 2012. – 20 с.

22. Ріпка Г.А. Залежність контролюючих показників від режимів вишивального процесу / Г.А. Ріпка, І.О. Засорнова, Є.О. Мазнєв, А.А. Мичко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 4(227). – С. 187-192.

23. Патент на корисну модель України № 98638, МПК G 01N 15/08(2006.01). Спосіб визначення ступеня руйнування текстильного матеріалу (окрім нетканих і трикотажних полотен) машинною голкою / Мичко А.А., Дейнека І.Г., Ріпка Г.А., Мазнєв Є.О. – № u2014 03509; заявник і патентовласник Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля; заявл. 07.04.2014; опубл. 12.05.2015. Бюл. № 9.

24. Loglin R.D. Needle Temperature measurement by Infrared Pyrometaу. – «Textile Research Journal», 2023. – Vol. 33, № 1. – P. 35-39.

25. Moeller F. Um die Hitzebarriere bei der Nahmaschinen. – «Deutsche Nahmaschinen-Zeitung», 2024. – Vol. 8, № 10. – P. 16-17.

26. Mattes M., Keworkian A. Die Abhandigkeit der Scheuerfestigkeit von der Drehung der Gespinste. – «Melliand Textilberichte», 2023. № 24. – P. 56-64.

27. Nemeth Endre. Prufung der Scheuerbestandigkeit von Nahzwirnen. – «Faserforschung und Textiltechnik», 2012. – Vol. 13, № 8. – P. 364-369.

28. Nestler R. Briehswein R. Fadenzug kraftuntersuchungen an Industrie-Nahmaschinen // Bekleidung und Maschinwaren, 2016. № 2, P. 3-7; № 3, P. 39-43.

29. Smith I.C., Blandford I.M., Towne K.M. // Textile Research Journal, 2. – Vol.

32, № 1. – P. 67-76.