

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

**Факультет інженерії
Кафедра технологій легкої промисловості**

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної роботи
II освітнього рівня магістр**

спеціальності 182 Технології легкої промисловості

освітньої програми Технології легкої промисловості

на тему Дослідження масоперенесення рідких лікарських засобів

крізь пакет текстильних матеріалів

Виконав: здобувач
вищої освіти групи ТЛП-22дм

Микола ПАХАТОВ

(ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

(підпис)

Керівник к.т.н., Віктор ОЧКУРЕНКО
(науковий ступінь, ім'я та ПРИЗВИЩЕ) (підпис)

Завідувачка кафедри к.т.н., Галина РІПКА
(науковий ступінь, ім'я та ПРИЗВИЩЕ) (підпис)

Рецензент к.т.н., Сергій КУДРЯВЦЕВ
(науковий ступінь, ім'я та ПРИЗВИЩЕ) (підпис)

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра технологій легкої промисловості

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

Галина РІПКА

« ____ » _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема:

Дослідження масоперенесення рідких лікарських засобів
крізь пакет текстильних матеріалів

спеціальне завдання:

керівник роботи Очкуренко Віктор Іванович, к.т.н., доцент

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

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 18.12.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Текстильні тканини, марлеві засоби, багатошарові перев'язувальні матеріали

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

1. ВСТУП

2. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СТВОРЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПЕРЕВ'ЯЗУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

3. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСОПЕРЕНОСУ ЛІКУВАЛЬНОЇ РІДИНИ КРІЗЬ ПАКЕТИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МАСОПЕРЕНОСУ В ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів презентації):

1. Титульний аркуш. 2. Мета роботи. 3. Методи дослідження

4. Аналіз проблем створення багатошарових перев'язувальних матеріалів

5. Методологія масопереносу в одно- та багатошарових текстильних матеріалах

6. Фотограмметричні методи дослідження масопереносу 7. Використання пов'язок нового покоління. 8. Вихідні дані для проведення експерименту

9. Методика проведення експерименту 10. Загальні висновки

6. Дата видачі завдання 25.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проектування	Термін виконання етапів	Примітка
1	Вибір та затвердження теми магістерської роботи	25.09.23	
2	Аналіз наукової літератури відповідно до обраної теми	02.10.23	
3	Написання та затвердження плану магістерської роботи	25.10.23	
4	Вступ	30.10.23	
5	Розділ 1	01.11.23	
6	Розділ 2	15.11.23	
7	Розділ 3	01.12.23	
8	Формулювання та оформлення загальних висновків	14.12.23	
9	Анотація до роботи	16.12.23	
10	Подача оформленої роботи на перевірку	18.12.23	

Здобувач вищої освіти

(підпис)

**Микола
ПАХАТОВ**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

**Віктор
ОЧКУРЕНКО**

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. В міжнародній практиці поширюється використання багат шарових композиційних матеріалів. Цей процес обумовлений якісно новими властивостями тепло- і вологоперенесення в матеріалах. Однією з важливих сфер застосування багат шарових текстильних матеріалів є медичні вироби, зокрема перев'язувальні та ранові покриття.

Коли в країні триває війна, то дослідження саме зазначених виробів є актуальною проблемою, яка потребує негайного вирішення.

Розробка ранових покриттів нового покоління є одним із пріоритетних напрямів наукової та комерційної діяльності фірм-виробників у всіх розвинених країнах. Розвиток цього напрямку викликає велику соціально-економічну зацікавленість. Незважаючи на те, що у лікуванні ран різної етіології медичні пов'язки зберігають пріоритетне значення, використання традиційних перев'язувальних матеріалів за останні роки стає все менш ефективним. Пов'язано це з тим, що дія багатьох з них не відповідає вимогам, які висуваються сучасною медициною. Однією з причин, що знижують ефективність ранових пов'язок, є односпрямованість їх дії в рані. Цей недолік може бути подоланий шляхом створення ранових покриттів комплексної дії, що мають одночасно кілька властивостей. Сучасна практика вивчення патогенезу ранового процесу дала можливість наукового обґрунтування вимог до лікарських засобів і покриттів, які використовуються для лікування ран.

У світовій практиці поширюється використання ранових пов'язок з пролонгованою лікувальною та антимікробною діями. Створення ранових пов'язок нового покоління сьогодні в центрі уваги лідерів виробництва технологічно розвинених країн світу. Фактично – це композиційні матеріали, які складаються, принаймні, з трьох складових: текстильної основи, полімерного шару і лікарського препарату. Комплексне вирішення цього питання дозволить підвищити ефективність лікування пацієнтів з ранами різної природи.

Мета роботи. Визначення властивостей медичних виробів на основі заданих

вологотрансферних характеристик з урахуванням умов експлуатації.

Об'єкт дослідження. Процес масоперенесення вологи у пакетах матеріалів медичних виробів.

Предмет дослідження. Пакети матеріалів медичних виробів

Задачі дослідження:

- проаналізувати основні проблеми створення багатошарових перев'язувальних засобів;
- проаналізувати загальні методи розрахунків і створення моделей проходження рідини крізь медичні матеріали;
- визначити фізико-хімічні властивості перев'язувальних текстильних матеріалів на основі лінійних і нелінійних розповсюджень рідини;
- створити спрощену 3d-модель текстильного матеріалу, провести аналіз експериментальних даних для визначення реальних показників.

Методи дослідження. В роботі використано методи 3D сканування для визначення структури матеріалів і пакети тривимірної графіки для їх аналізу; для моделювання процесу розповсюдження вологи матеріалом використовувались методи математичної статистики; для обробки результатів експериментальних досліджень застосовано методи теорії імовірностей із залученням програмного комплексу Mathcad.

Наукова новизна. Удосконалено алгоритм прогнозування властивостей текстильних матеріалів для розробки багатошарових пакетів із заданими характеристиками.

Практичне значення роботи. Запропоновано ресурсозберігаючі перев'язувальні засоби і ранові покриття для раціонального використання лікарських препаратів.

Результати роботи впроваджені у навчально-методичне забезпечення кафедри технологій легкої промисловості Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля.

Ключові слова: пакети матеріалів, медичні вироби, масоперенесення рідини.

SUMMARY

Relevance of work. In international practice, the use of multi-layer composite materials is widespread. This process is due to qualitatively new properties of heat and moisture transfer in materials. One of the important areas of application of multilayer textile materials is medical products, in particular dressings and wound coverings.

When there is a war going on in the country, the research of these products is an urgent problem that needs an immediate solution.

The development of new generation wound dressings is one of the priority areas of scientific and commercial activity of manufacturing companies in all developed countries. The development of this area is of great socio-economic interest. Despite the fact that in the treatment of wounds of various etiologies, medical bandages retain their priority, the use of traditional dressing materials has become less and less effective in recent years.

This is due to the fact that the action of many of them does not meet the requirements of modern medicine. One of the reasons that reduce the effectiveness of wound dressings is the unidirectionality of their action in the wound. This shortcoming can be overcome by creating complex wound coverings that have several properties at the same time. The modern practice of studying the pathogenesis of the wound process made it possible to scientifically substantiate the requirements for medicinal products and coatings used for the treatment of wounds.

In global practice, the use of wound dressings with prolonged healing and antimicrobial effects is widespread. Creation of wound dressings of a new generation is today in the focus of production leaders of technologically developed countries of the world. In fact, these are composite materials that consist of at least three components: a textile base, a polymer layer, and a drug. A comprehensive solution to this issue will improve the effectiveness of treatment of patients with wounds of various nature.

The goal of the work. Determination of the properties of medical products based on the specified moisture transfer characteristics, taking into account the operating conditions.

Object of study. The process of mass transfer of moisture in packages of materials for medical devices.

Subject of study. Packages of materials for medical products

Research objectives:

- to analyze the main problems of creating multi-layer dressings;
- to analyze the general methods of calculations and creation of models of the passage of liquid through medical materials;
- to determine the physical and chemical properties of dressing textile materials based on linear and non-linear distributions of liquid;
- create a simplified 3d model of textile material, analyze experimental data to determine real indicators.

Research methods. The work uses 3D scanning methods to determine the structure of materials and three-dimensional graphics packages for their analysis; methods of mathematical statistics were used to model the process of moisture diffusion through the material; the methods of probability theory with the involvement of the Mathcad software complex were used to process the results of experimental studies.

Scientific novelty. The algorithm for predicting the properties of textile materials for the development of multilayer packages with specified characteristics has been improved. Practical meaning of work. Resource-saving dressings and wound dressings for the rational use of medicines are proposed. The results of the work are implemented in the educational and methodological support of the Department of Light Industry Technologies of the Eastern Ukrainian National University named after Volodymyr Dahl.

Key words: packages of materials, medical products, fluid mass transfer.

ЗМІСТ

	стор.
ЗАВДАННЯ	2
АНОТАЦІЯ.....	4
ЗМІСТ.....	8
ВСТУП.....	9
1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СТВОРЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПЕРЕВ'ЯЗУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	10
1.1. Проблеми розробки і функціонування медичних матеріалів	10
1.2. Аналіз структури пакетів текстильних матеріалів	11
1.3. Основні вимоги до текстильних медичних матеріалів	23
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	26
РОЗДІЛ 2. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСОПЕРЕНОСУ ЛІКУВАЛЬНОЇ РІДИНИ КРІЗЬ ПАКЕТИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	27
2.1. Методологія масопереносу в одно- та багатошарових текстильних матеріалах.....	27
2.2. Фотограмметричні методи дослідження масопереносу	29
2.3. Якісні переходи при створенні моделей масопереносу в багатошарових текстильних матеріалах	31
2.4. Напрямки моделювання властивостей текстильних матеріалів.....	35
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	38
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МАСОПЕРЕНОСУ В ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ	39
3.1. Вихідні дані для проведення експериментів	39
3.2. Побудова лінійних залежностей розповсюдження рідини	42
3.3. Наближена модель проходження рідин крізь текстильні матеріали	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61

ВСТУП

Під час агресивної війни з РФ найактуальнішим та найвостребуваним завданням стає збереження життя та здоров'я військовослужбовців при виконанні бойових завдань, волонтерів, а також значайних мирних людей, які вимушено потрапляють в епіцентр масованих ракетних атак ворога.

Держава потребує розробки більш сучасних методів обробки та медичних пакетів текстильних матеріалів ранових покриттів нового покоління, що є одним із пріоритетних напрямів наукової та комерційної діяльності фірм-виробників у всіх розвинених країнах.

У світовій практиці поширюється використання ранових пов'язок з пролонгованою лікувальною та антимікробною діями. Створення ранових пов'язок нового покоління сьогодні в центрі уваги лідерів виробництва технологічно розвинених країн світу. Фактично – це композиційні матеріали, які складаються, принаймні, з трьох складових: текстильної основи, полімерного шару і лікарського препарату. Комплексне вирішення цього питання дозволить підвищити ефективність лікування пацієнтів з ранами різної етіології.

Уповільнення процесів розробки подібних матеріалів обумовлено комплексом протиріч. З одного боку, спостерігається розширення асортименту багат шарових текстильних матеріалів і напрямів їх використання у медицині. З іншого боку, існує певна невизначеність методик прогнозування властивостей матеріалів, яка обумовлює інтуїтивний підхід до їх розробки і експлуатації. Поєднання властивостей суцільності і дискретності (пористості) матеріалів створює можливість для розробки надійних методик прогнозування властивостей текстильних матеріалів і оперативних методів визначення параметрів масоперенесення безпосередньо при використанні.

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ СТВОРЕННЯ БАГАТОШАРОВИХ ПЕРЕВ'ЯЗУВАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1. Проблеми розробки і функціонування медичних матеріалів

Події сьогодення свідчать, що будь-яка країна не гарантована від несподіваної агресії та необхідності проведення бойових дій. Ступінь готовності суспільства до успішного захисту з мінімальними втратами серед військових та мирного населення багато в чому визначається рівнем медичного забезпечення. Сорбційні посттравматичні ранові покриття з пролонгованою лікувальною та антимікробною дією є необхідною складовою для екстреної зупинки кровотечі, лікування ран, опіків, пролежнів, тощо. Всі індивідуальні сучасні аптечки першої допомоги зарубіжного виробництва, пересувні шпиталі та інші мобільні лікувальні заклади укомплектовані саме такими рановими покриттями. Удосконалення ранових пов'язок дозволяє підвищити ефективність лікування пацієнтів з ранами різної етіології, значно зменшити кількість ускладнень, скоротити термін перебування хворих та поранених в стаціонарних медичних закладах, забезпечити можливість їх самообслуговування.

Використання текстильних матеріалів в медичній практиці має досить давню історію. Такі матеріали використовують в лікувальних, гігієнічних антисептичних і інших цілях [3, 4]. Зважаючи на загальну гуманізацію суспільства, існуючу ситуацію зі статистикою ран в Україні, дуже важливою задачею є участь матеріалознавчої науки в сприянні лікуванню ран і травм.

Розробка ранових покриттів нового покоління є одним із пріоритетних напрямів наукової та комерційної діяльності фірм-виробників у всіх розвинених країнах. Щорічний світовий приріст виробництва цього асортименту складає 4,5%. Тому як з комерційних, так й з гуманітарних міркувань розвиток цього напрямку представляє великий соціально-економічний інтерес.

Незважаючи на розробку нових ефективних методів лікування ран різної природи пріоритетну роль в терапії ран зберігають медичні пов'язки. Це пов'язано

з простотою і доступністю їх застосування в різноманітних умовах (побутових, бойових, лікувальних і т.д.) [9, 10]. Крім того, згадані вище методи зазвичай використовуються при лікуванні на певному етапі ранового процесу (частіше - під час першої фази) і не виключають застосування медичних пов'язок.

В даний час в світі відчувається дефіцит натуральних бавовняних виробів [9, 10]. Цим пояснюється їх подорожчання, заміна різними синтетичними і напів синтетичними матеріалами. Завдяки досягненням сучасної науки і виробництва сьогодні розробляють і отримують неткані синтетичні матеріали, придатні для використання в якості перев'язувальних, здатних успішно конкурувати з природними матеріалами і навіть перевершувати їх по ряду параметрів.

Необхідно розмежовувати поняття «пов'язка», «перев'язувальний матеріал» і «перев'язувальний засіб».

У широкому сенсі слова терміном «пов'язка» позначають все те, що накладається для лікування на поверхню рани або взагалі на уражену частину тіла.

У більш вузькому сенсі під пов'язкою розуміють спосіб прикриття поверхні рани або ділянки ураження з конкретною метою – для лікування (лікувальна пов'язка), захисту від зовнішніх факторів, утримання або закріплення на поверхні тіла перев'язувального матеріалу (зміцнююча пов'язка, пов'язка першої медичної допомоги), створення нерухомості в області перелому або вивиху (іммобілізуюча пов'язка), для забезпечення тиску на ту чи іншу частину тіла (стискуюча) і т.д. Цільова установка визначає тактику лікування і, таким чином, вид пов'язки із застосуванням придатного матеріалу.

Перев'язувальні матеріали – це ткани, трикотажні, неткані матеріали, що мають одну або декілька властивостей, необхідних для медичних пов'язок (атравматичність, еластичність, міцність, капілярність, гігроскопічність, гідрофобність, повітропроникність або, навпаки, ізоляція і т.п.).

Перев'язувальні засоби - це вироби з одного або декількох текстильних перев'язувальних матеріалів, що задовольняють конкретні вимоги, в залежності від призначення, тобто від завдань конкретного етапу лікування.

Первинні пов'язки призначаються для надання першої допомоги. Лікувальні пов'язки використовуються на різних етапах лікування ран.

Протягом багатьох століть пов'язки застосовувались головним чином для зупинки кровотечі та захисту рани. В даний час завдяки досягненням науки з'явилися нові можливості цілеспрямованого і диференційованого використання сучасних перев'язувальних засобів на різних етапах процесу ранового загоєння [13].

Своєчасне зупинення кровотечі, обробка відкритих ран антимікробними речовинами, закриття поверхні обпеченої шкіри, зняття болю та набряку, а також інші заходи в екстрених ситуаціях допомагають зберегти життя і мінімізувати інвалідуючі наслідки травм. Першим засобом допомоги в таких ситуаціях на протязі всієї історії людства були і залишаються ранові покриття, що обумовлено доступністю і простотою їх застосування в різних умовах. Протягом багатьох століть пов'язки застосовувались головним чином для зупинки кровотечі та захисту рани [16].

У світовій практиці поширюється використання ранових пов'язок з пролонгованою лікувальною та антимікробною дією. Фактично – це композити, побудовані як мінімум, з трьох складових: текстильної основи, полімерного шару і лікарського препарату. Удосконалення ранових пов'язок дозволить підвищити ефективність лікування пацієнтів з ранами різної природи.

Сучасні перев'язувальні засоби за своїм дизайном і властивостями істотно відрізняються від традиційних (рис. 1.1).

Покриття для рани повинне не тільки дренувати ранену поверхню, але й підтримувати оптимальний мікроклімат, зокрема забезпечувати паро- і повітропроникність.

Умовами, що забезпечують оптимальне загоєння рани, є [25, 26]:

- вологість поверхні рани;
- достатня концентрація кисню в тканинах рани;
- відсутність надмірної кількості ранового ексудату;
- захист від зовнішніх травмуючих впливів;
- запобігання вторинного інфікування;

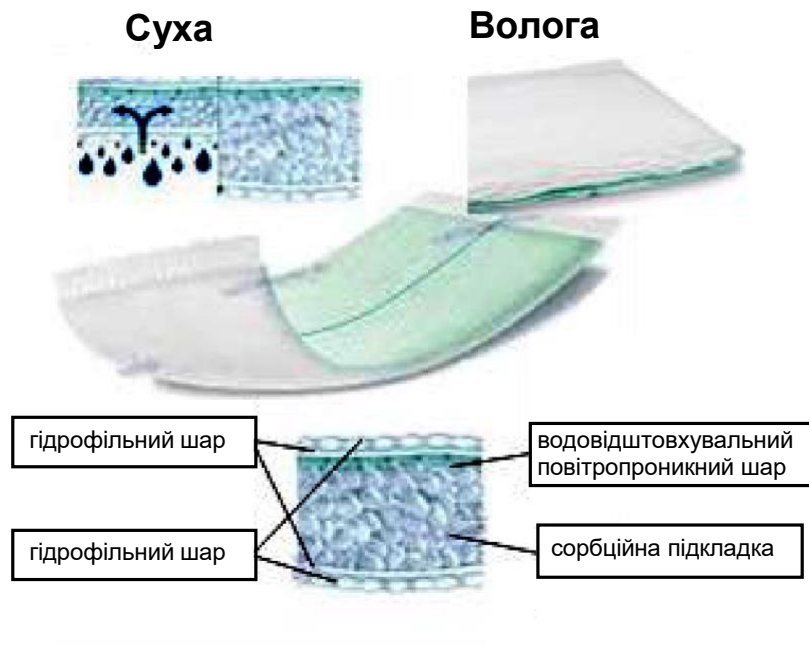


Рис. 1.1. Структура покриття

Виходячи, з цього, сформульовано основні вимоги до сучасної ранової пов'язки [27-29], яка має:

- ефективно видаляти надлишок ранового ексудату та його токсичних компонентів;
- сприяти створенню оптимальної вологості поверхні рани;
- забезпечувати адекватний газообмін між ранною та атмосферою;
- перешкоджати втратам тепла;
- запобігати вторинному інфікуванню рани і контамінації від об'єктів навколишнього середовища;
- бути безпечною для організму хворого;
- не містити токсичні сполуки;
- мати антиадгезивні властивості по відношенню до поверхні рани;
- добре драпіруватися;
- мати достатню механічну міцність;
- не бути легко займистою;
- мати здатність до стерилізації без втрати властивостей;

- мати помірну вартість;
- тривало зберігатися.

Сорбційна здатність ранової пов'язки залежить від швидкості вбирання ексудату і сорбційної ємності перев'язувального матеріалу.

1.2. Аналіз структури пакетів текстильних матеріалів

Класичними сорбентами, що знайшли широке застосування в медицині є целюлоза та її похідні. До целюлозних матеріалів відносяться марля, вата і алігнін медичної марки А, який випускається у вигляді тонкого крепірованого паперу. Алігнін отримують з деревини хімічним шляхом при виробництві целюлози. Капілярність алігніна становить 85 мм за 30 хв, а вологопоглинання – 1200%. Алігнін дешевше вати, проте його недоліками є низька механічна міцність і розповзання при зволоженні. Марля і вата – це знежирені, вибілені і промиті до нейтральної реакції матеріали із бавовняних волокон з додаванням віскозних, що випускаються в різній формі (від кульок до невеликих рулонів). Спроби поєднати дренажні властивості марлі з абсорбуючими властивостями вати призвели до появи ватно-марлевих пов'язок, що складаються з декількох шарів медичної марлі, між якими прокладають шар медичної вати. Їх застосовують для лікування рясно ексудуючих ран, закриття ран і опіків в якості первинного ранового покриття. Головною перевагою ватно-марлевих пов'язок є їх доступність і дешевизна, однак при цьому, використання подібних традиційних медичних матеріалів стає причиною тривалого процесу загоєння рани, який протікає менш ефективно в порівнянні з використанням сучасних ранових покриттів, зважаючи на те, що згідно з сьогodнішніми уявленнями, загоєння ран оптимально відбувається у вологому середовищі.

Перевагою целюлозних волокнистих матеріалів є наявність сировинної бази і технологічних процесів отримання матеріалів різної форми: тканин (марлі), нетканих і трикотажних полотен, вати і т.п. Хімічне модифікування готових фізичних форм целюлозних волокнистих матеріалів та подальше їх використання в якості носіїв лікарських речовин є найбільш технологічним, тому дозволяє

проводити процес на існуючому обладнанні. Саме у зв'язку з дешевизною, пов'язки на основі целюлозних волокон не втратили свого значення досі. Однак відомо, що марля має високу адгезією до рани, при лікуванні гнійних ран призводить до оклюзії, скупченню під пов'язкою ранового відокремлюваного, розвитку патогенної мікрофлори. В той же час не можна заперечувати високі гігієнічні, сорбційні і фізико-механічні властивості пов'язок на основі целюлозних волокон, що дає їм право на існування поряд з новими перев'язувальними засобами. Тому багато досліджень присвячені модифікації традиційних перев'язувальних засобів на основі целюлозної марлі з метою усунення наявних недоліків і додання нових властивостей.

Недостатня кількість натуральних бавовняних матеріалів, а також необхідність застосування пов'язки з урахуванням фаз ранового процесу зумовлюють розробку нетканих синтетичних матеріалів, що мають деякі властивості, притаманні бавовняним виробам як в чистому вигляді, так і з іммобілізацією на пов'язках різних лікарських препаратів [10, 11]. Так, на основі хімічної модифікації віскозних волокон, розроблена вата медична хірургічна гігроскопічна Вісцелот-ІМ, що має поглинаючу здатність 2000% і краще утримує сорбовані рідини. Прикладом сучасних перев'язувальних засобів є медичне неткане холстопрошивне безниткове полотно, виготовлене на основі бавовняних або модифікованих віскозних волокон, яке має сорбційну здатність 1400-2400% і високу пластичність.

Сучасні покриття з целюлозним сорбентом являють собою вдосконалені ватно-марлеві пов'язки, які мають поглинальну здатність до 3400%. Маючи високу сорбційну здатність, вони повітропроникні, міцні на розрив і при цьому м'які, добре приформовуються. Низька вартість і простота стерилізації обумовлюють поширення целюлозних перев'язувальних матеріалів. Використання в ранових пов'язках замість марлі і вати інших матеріалів, лікарських форм і препаратів є однією з тенденцій вдосконалення і створення нових перев'язувальних засобів. Практично повноцінною альтернативою класичній марлевій пов'язці можуть бути багат шарові пов'язки з нетканого матеріалу, як, наприклад, водозахисна сорбуча

пов'язка Біатравм, пов'язки Tiell і Oprasorb (Німеччина). Пов'язки з нетканого матеріалу типу Medicomp (Німеччина) мають відкриту марлеподібну структуру і складаються на 66% з віскозного волокна і на 34% із поліефірного. Дані пов'язки не містять сполучних речовин, оптичних відбілювачів і відповідають вимогам високої повітропроникності і швидкого поглинання рідини. Однак при застосуванні як марлевих пов'язок, так і пов'язок з нетканого матеріалу слід враховувати можливість їх адгезії до рани. Крім того, неткані пов'язки, являючись механічно скріпленими текстильними виробами, менш міцні на розрив, ніж марлеві.

На основі целюлозного матеріалу створені комбіновані сорбційні пов'язки, що мають тривимірну всмоктувальну здатність. При цьому виділення з рани розподіляються не тільки поверхнево, а й за всім об'ємом пов'язки. Крім збільшення числа шарів целюлозного матеріалу, у пов'язку ще вкладаються спеціальні сорбуючі матеріали, як, наприклад, у перев'язувальному засобі Relis II (США), Melolin (Великобританія). Для сорбційних пов'язок типу Zetuvit і Fil- Zellin (Німеччина) в якості нового виду покриття застосовується атравматичний матеріал, що не прилипає до рани і складається з гідрофобних поліамідних волокон, які всмоктують рідину і тим самим запобігають приклеюванню до рани. Внутрішня сторона нетканого матеріалу, що складається з гідрофобних віскозних волокон, навпаки, має хороший капілярний ефект, внаслідок чого рановий ексудат швидко проникає в сорбційний шар.

В дизайні ранових покриттів активно використовується принцип багат шаровості. При цьому комбінуються полімерні матеріали різної хімічної природи і фізичної форми, оскільки це дозволяє в повній мірі використовувати їх властивості. Зазвичай прилеглий до рани шар є атравматичним, він забезпечує максимальний відтік виділень і утримування його в шарі сорбенту. Найпростішим варіантом таких засобів є пов'язки, що представляють собою комплект матеріалів, де перший шар – поліефірна сітка або медична марля, а сорбційний – неткане полотно. Як правило, один з шарів пов'язки містить антимікробну речовину, кількість і швидкість десорбції якої регулюють, варіюючи будову лікарської речовини, тип волокнистого матеріалу і хімічного

зв'язку між активним компонентом і матеріалом. Для підвищення атравматичності на сітчасту основу наносять воскове покриття і мазь з лікарською речовиною (наприклад, пов'язки «Воскопран В») [42, 43].

В іншому типі багатошарових пов'язок шари не можна відокремити, тому один з них (марля, трикотажне полотно і т.п.) є носієм іншого полімерного шару, частково проникаючого в перший. Полімерний шар у рановому середовищі перетворюється в гель. Цей принцип використовується при створенні біологічно активних пов'язок з колагеновим, полісахаридним (альгінат, карбоксиметилцелюлоза) або іншим покриттям (наприклад, "Колетекс", "Активтекс") [14-16]. Дозволені до застосування лікувальні пов'язки містять фурагин або хлоргексидину біглюконат, диметилсульфоксид, метронідазол, мексидол та ін.

Для деяких пов'язок на текстильній основі з полімерним покриттям характерна відсутність яскраво вираженої двошаровості, оскільки в результаті імпрегнування вихідної марлі розчином колагену з гентаміцину сульфатом або модифікованим крохмалем з лізоцимом компоненти проникають всередину волокна. Обробка матриці полімерною композицією надає їй підвищену змочуваність і забезпечує пролонговану лікувальну дію протягом 2-3 діб.

Для підвищення лікувального ефекту пов'язок в них включають лікарські препарати різної спрямованої дії [7-9]. Медикаменти можна вводити в пов'язку *ex tempore*, тобто безпосередньо перед перев'язкою. В останні роки розроблені технології фізичної та хімічної модифікації перев'язувальних матеріалів з іммобілізацією на них лікарських препаратів, що забезпечують їх повільне вивільнення і пролонговану лікувальну дію. В якості носіїв для іммобілізації лікарських речовин служать різні текстильні матеріали.

Змінюючи фізичну форму матриці та технологічні прийоми її обробки, вдається змінювати об'ємний розподіл функціональних груп і, як наслідок, біологічно активної речовини, іммобілізованої на ній [15], а також змінити ряд властивостей готових виробів – капілярність, жорсткість, розривне навантаження, еластичність, ємнісні і кінетичні характеристики.

Для боротьби з інфекцією до складу ранових покриттів вводять антисептики

(діоксидін, хлоргексидін, капатол, мірамістін); сульфаніламід, антибіотики, використовуються також іони металів. При введенні лікарських препаратів в пов'язки все частіше використовують їх комбінації. Так, наприклад, антисептики комбінують з антиоксидантами, анестетиками, наприклад, іммобілізуючи їх за допомогою «зшитого» полівінілового спирту на нетканих полотнах з віскози і поліефіру. Отримані результати відкривають перспективи для розробки і виробництва матеріалів з широким спектром біологічно активних властивостей.

У ряді випадків виникає необхідність у локальному застосуванні покриттів, що мають гемостатичну дію, наприклад, після обширної хірургічної обробки рани, коли має місце дифузна кровоточивість тканин. Для цієї мети можливе застосування ранових пов'язок, що містять желатин (Gelfoam (США), тромбін (Trombinar, Trombostat - США, Великобританія). В якості гемостатичних матеріалів використовується марля, що розсмоктується, отримана з окисленої целюлози (Поликапран, Білорусь), пористе покриття (альгіпор) і нетканий волокнистий матеріал із змішаної натрієво-кальцієвої солі альгінової кислоти, покриття з колагену і желатину. Для лікування гнійно-запальних захворювань м'яких тканин застосовуються перев'язувальні матеріали, що мають поряд з антибактеріальною також анестезуючу здатність – модифіковані анестезином і лідокаїном целюлозні, полівінілспіртові і поліметилсилоксанові покриття (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Використання перев'язувальних матеріалів

Серйозним недоліком багатьох пов'язок є їх прилипання до рани, в результаті чого перев'язки стають болючими, а головне - при цьому відбувається травмування регенеруючих тканин. Для усунення цього недоліку використовуються марлеві пов'язки, імпрегновані парафіном, – Jelonet (Данія), Lomatuell (Німеччина), ланоліном – Sofratulle (Індія). Однак такі пов'язки непроникні для повітря і не відрізняються високими сорбційними властивостями. В деякі покриття введено Lumiere – широкопетлисту бавовняну сітку, імпрегновану м'яким парафіном, воском і перуанським бальзамом.

Посттравматичні властивості мають сучасні пов'язки з поглинаючим шаром з целюлози, що не приклеюється внутрішнім шаром і зовнішнім водовідштовхувальним шаром, що перешкоджає просочуванню секрету, як, наприклад, пов'язка Zeruvit (Німеччина). В даний час випускаються ранові целюлозні пов'язки типу Cosmopor steril (Німеччина) с гідрофобною мікросіткою з боку рани, всмоктуючої подушечкою з чистої вати і м'якою основою з нетканого матеріалу, покритого гіпоалергенним поліакрілатним клеєм. Такі пов'язки завдяки гідрофобній мікросітці швидко відводять рановий секрет в поглинаючий шар, що не приклеюється до рани, вони проникні для повітря і водяної пари [5-8].

Принцип конструювання непріліпаючих полімерних пов'язок полягає в тому, що поверхня целюлозного або синтетичного матеріалу, зверненого до рани, покривають тонкою плівкою гідрофобного полімеру, а для того, щоб перев'язувальний засіб не втратив сорбційну активність, плівку зазвичай перфорують, як в пов'язках HA Dressing (США), Melolin (Великобританія). З цією ж метою можливе застосування сітки, як, наприклад, в пов'язці Vastigras (Канада). Однак невеликий розмір отворів в перфорованій плівці або мала їх кількість різко знижують всмоктувальну здатність пов'язки. При великих же кількостях і розмірах отворів покриття прилипає до рани. У ряді випадків використовують два або більше шарів перфорованої плівки, накладених один на одного так, щоб перфорації не уклали прямого каналу [5].

Основними текстильними носіями антимікробних матеріалів, які використовують в медичній практиці в нашій країні і за кордоном, є тканини,

трикотаж, неткані полотна, які отримують за різними технологіями.

У виробках медичного призначення багаторазового використання широко використовують тканини з приєднаними хімічним зв'язком антимікробними агентами. Такі матеріали характеризуються здатністю зберігати стійкий бактерицидний ефект після багаторазового прання, стерилізації, автоклавування та ін. Для цього целюлозу піддають попередній обробці з метою введення в макромолекулу реакційноздатних функціональних груп, здатних взаємодіяти з бактерицидними або фунгіцидними препаратами. Найбільш стійкий антимікробний ефект досягається при введенні реакційних груп у молекулу целюлози методами алкілування або синтезу прищеплених сополімерів целюлози. Антимікробні тканини з целюлозних волокон, вироблені простими (головними) переплетеннями з гладкою однорідною поверхнею в якості носіїв антимікробних матеріалів – бавовняні бязі, мадаполам, міткалі, лляні та напівлляні полотна – знайшли застосування у виробництві медичних пов'язок, серветок, санітарно-гігієнічних виробів, натільної і постільної білизни та ін. [9-11].

Ефективними носіями антимікробних препаратів є штучні і синтетичні волокна і нитки. Так, вводячи в прядильний розчин або розплав полімеру різні бактерицидні речовини, можна отримати матеріали з антимікробними властивостями, однак їх недоліком є нестійкість наданого ефекту до багаторазового прання. Тому такі тканини можуть використовуватися для виробів, розрахованих на невелику кількість циклів прання, або призначених для умов, в яких вони не піддаються водним обробкам. Можна вводити препарати на стадії обробки. Наприклад [12, 13], при створенні двошарового перев'язувального матеріалу, що складається з сорбційного шару полотна нетканого холстопрошивного безниткового з віскозного або бавовняного волокна і атравматичного шару з синтетичного волокна (поліпропіленового, поліефірного і ін.), комбінованого з марлею медичною або з сітчастим трикотажним поліефірним полотном, антимікробний препарат (хлоргексидинбіглюконат, амфолан, полігексаметиленгуанідин фосфат, катамин АБ та ін.) вводиться на стадії обробки.

Крім тканин, в якості текстильних носіїв антимікробних матеріалів,

застосування отримали трикотажні полотна. Трикотажне полотно, на відміну від тканин, має високу рухливість, гнучкість, еластичність, розтяжність, що дозволяє отримувати вироби у вигляді трубок різних діаметрів і форм. Вид переплетення трикотажу є однією з основних характеристик, що визначають його властивості: розтяжність, розпускаємість, формостійкість та ін. Найбільше поширення в медицині отримали трикотажні полотна головних переплетень (гладь, ластик, трико та ін.). Бавовняні трикотажні матеріали з комплексом лікувальних і антимікробних речовин застосовуються в медичних пов'язках і серветках. Вони добре сорбують ранові відокремлювані, мають виражені антимікробні властивості, характеризуються підвищеним лікувальним ефектом, забезпечують динамічне очищення інфікованих ран, потребують пролонговану лікувальну дію і менш часту зміну пов'язок при практично повній атравматичності.

Бавовняний трикотаж використовується в антимікробних пов'язках «АКТИВТЕКС», призначених для лікування трофічних виразок і виразкових дефектів при синдромі діабетичної стопи. Текстильна основа просочується лікарськими засобами місцевоанестезуючої, антисептичної і ранозагоювальної дії в комплексі з біосумісним полімером - полісахаридом, який при змочуванні водою набухає, утворюючи гель, що забезпечує пролонгований вихід лікарських препаратів в рану. На першій стадії використання поєднання антиоксидантної і антимікробної дії призводить до поліпшення результату лікування, а на другій – поєднання антимікробної і ранозагоювальної дії природного походження – до скорочення терміну загоєння.

Для виготовлення перев'язувальних матеріалів почали широко застосовувати також неткані матеріали, які є перспективними носіями антимікробних препаратів. На відміну від тканин і трикотажу, виготовлення нетканих медичних матеріалів не вимагає застосування складного обладнання, їх можна отримувати з відходів виробництв волокон і ниток. Неткані полотна мають високу вбиральність, що дозволяє полегшити процес їх обробки лікарськими препаратами, забезпечити легкість проходження і утримування пото-і раневих виділень [4-6]. Вони легко

ріжуться в будь-яких напрямках, не порушуючи структури матеріалу, краї в них не осипаються, можуть вільно контактувати з відкритими раневими поверхнями. При цьому використання тканих і трикотажних полотен не завжди бажано в медичній практиці через високу розтяжності трикотажу. Так само воно обмеженою рухливістю і осипальністю країв тканин. Неткані полотна легкі і зручні в експлуатації, приємні і м'які на дотик, характеризуються невисокою вартістю. Відмінною особливістю виробів з нетканих полотен є їх висока здатність зберігати на рані свою цілісність і структуру. Як і ватно-марлеві серветки, вони швидко вбирають ранове відокремлюване і мають хороші дренажні характеристики, можуть застосовуватися з мазями. На їх основі можливо створення багатошарових високосорбційних ранових покриттів багатофункціональної дії.

Введення лікарських речовин в структуру сучасних ранових покриттів проводиться різними методами. Одним з найбільш поширених є метод друкування, який надає можливість отримувати вироби з високою концентрацією лікарських препаратів, в тому числі, малорозчинних, на текстильному носії. З точки зору ефективного загоєння ран текстильна матриця в цьому випадку розглядається як лікувальний депо-матеріал і біпористий суперсорбент, в якому повинна бути рівномірно розподілена лікувальна полімерна композиція – аналог друкарської фарби, а полімер є загусником, в який за аналогією з барвником введено лікарській препарат [6-7].

Таким способом формується композиційний матеріал, що складається з декількох шарів: перший шар – текстильна основа, функція якої – захист поверхні рани від зовнішнього впливу і роль «депо» для другого шару – полімерного. Виходячи з цього, формуються як вимоги до хімічного складу і будови цього шару, так і до можливості необхідного кількісного розподілу другого шару в структурному об'ємі першого [6-8].

Другий шар – полімерний – є «депо» для введених в нього лікарських препаратів. Перебуваючи в структурі першого шару, набухаючи під дією ранового середовища або при змочуванні, він забезпечує пролонгований вихід у зовнішнє середовище лікарських препаратів. Третій шар композиційного текстильного

матеріалу після висушування знаходиться на зовнішній поверхні перев'язувального матеріалу, складаючи частину другого шару, він містить «ударну» дозу лікарських препаратів, які першими переходять в ранові відокремлюване, тому що є авангардом в лікувальному впливі. Такий розподіл лікарських препаратів в текстильній серветці створює високий градієнт їх концентрації на кордоні серветки – біологічне середовище (рана, опік) і забезпечує пролонгований дозований масоперенос лікарських препаратів до місця ураження.

1.3. Основні вимоги до текстильних медичних матеріалів

Вимоги до медичних матеріалів визначаються особливостями протікання лікувального процесу.

Однією з основних вимог до цих матеріалів є їх сорбційні властивості. Сорбенти вітчизняного та зарубіжного виробництва все ширше використовуються для лікування гнійних ран. В ідеалі, ці матеріали повинні не тільки забезпечувати відтік ранового ексудату, але й евакуювати в пов'язку мікробні тіла [6-9].

За ступенем спорідненості до води все сорбенти діляться на такі, що набухають у воді та гідрофобні. Сорбційна здатність сорбентів, що набухають у воді, порівняно вище. Вони реалізують свою активність за рахунок поєднаної дії трьох основних факторів – капілярності, високої пористості і ефекту функціональних гідрофільних груп, що зв'язують воду і компоненти ранового ексудату [10-12]. Водонабухаючі сорбенти відповідають багатьом вимогам, що пред'являються до лікарських засобів для лікування ран в I фазі ранового процесу: мають високу осмотичну активність, незворотню сорбцію токсинів і бактерій, протинабрякову дію. Пов'язки, які використовуються для цієї мети – Гелевін (Росія), Debrisan (Швеція), Deshisan (Німеччина), Sorbilex (Сербія), не є рановим покриттям в чистому вигляді і повинні застосовуватися з марлевою пов'язкою.

Гідрофобні сорбенти в порівнянні з водонабухаючими мають меншу здатністю до поглинання рідини, проте активно сорбують мікроорганізми і деякі малогідратовані високомолекулярні сполуки. Серед гідрофобних сорбентів

розрізняють вуглецеві, кремнійорганічні, поліуретанові, поліметилсилоксанові та ін. [7]. Із синтетичних полімерних сорбентів велике поширення одержав гідрофільний пінополіуретан. Даний матеріал має безворсову пористу структуру. Поліуретанові губки мають високу проникність для повітря і водяної пари, вони еластичні і м'які, як, наприклад, Sys-pur Derm (Німеччина). Сорбційна здатність поліуретану складає 1800-2000%. Недолік даного покриття – виявлення сорбційних властивостей тільки відносно ексудату і прилипання до поверхні рани, що при зміні пов'язки викликає травматизацію грануляційної тканини і біль [4].

Захисні пов'язки виконують функцію ізоляції, запобігаючи проникненню мікроорганізмів у рану, а також обмежують вологовтрати. Основним, а іноді і єдиним структурним елементом таких покриттів, є еластична полімерна плівка. Ці пов'язки умовно поділяються на дві групи:

- покриття, що застосовуються у готовому вигляді;
- покриття, що утворюються безпосередньо на рані.

Для покриттів першої групи застосовують поліетилен, поліпропілен, полівінілхлорид, полісілоксани, поліетилентерефталат, силікон і поліетілакрілат. Поряд з гідрофобними полімерами використовують гідрофільні плівки, нерозчинні в рановому ексудаті, на основі сополімерів акрілакрілата з вінілацетату та іншими мономерами, або плівки з полівінілового спирту і полівінілпіролідону. Такі полімерні прозорі плівки, що прикріплюються до здорової частини тіла за допомогою адгезивів, не прилипають до рани і дозволяють спостерігати за її станом без видалення покриття. Властивості ізолюючих покриттів мають пов'язки Duoderm (США), Opraflex (Німеччина), Epigard (США), Sys pur Derm (Німеччина), Sincrit (Чехія), що забезпечують щільний контакт з раною, що загоюється. Такі покриття особливо ефективні на стадіях перебігу ранового процесу, коли не спостерігається рясне виділення ексудату.

Ізолюючі покриття другої групи утворюються безпосередньо на поверхні рани. Для цієї мети запропоновані аерозольні композиції, при нанесенні яких на рану протягом 1-2 хв. створюється плівкове покриття за рахунок випаровування розчинника. Acutola (Чехія), Plastubol (Угорщина), Nobecutan (Швеція), Linqidoplast

T (Німеччина). При нанесенні на шкіру і ранову поверхню розпорошується препарат Ліфузол (3 рази по 1-2 с., з невеликими паузами) через 1-2 хв. утворюється прозора, блискуча, зі злегка жовтуватим відтінком плівка, що захищає рану від забруднення. Завдяки наявності антисептика препарат чинить також антибактеріальну дію. Час збереження захисної плівки на поверхні – 6-8 діб, проникність для водяної пари – 14 мг/см²/24 год. Плівка, що утворюється при висиханні препарату, стерильна і непроникна для мікроорганізмів. Прозорість плівкового покриття дозволяє здійснювати контроль за раною без зняття пов'язки. Застосування плівкоутворюючих покриттів протипоказано при кровоточивих, ексудуючих ранах і анаеробній інфекції, так як при наявності ексудату під плівкою вона відшаровується і руйнується.

Шкірні рани, вкриті традиційними марлевими пов'язками, мають тенденцію до висихання, що призводить до уповільнення процесу загоєння і погіршення косметичного результату. Використання оклюзійних пов'язок, що повністю виключають випаровування вологи з поверхні рани, викликає мацерацію шкіри і сприяє зростанню чисельності бактерій на 4-5 порядків.

В останні роки з'явилися захисні ранові покриття з хітозану, що містять набір функціональних груп, в тому числі основного типу, і мають власну біологічну активність [8-10]. Вони складаються з деривата хітину омарів і представляють собою напівпроникну біологічну мембрану, пористість якої можна контролювати шляхом відповідної модифікації. Покриття з хітозану повітря - і паропроникні, перешкоджають інвазії рани мікроорганізмами ззовні, створюють оптимальний мікроклімат, сприяють клітинному росту і проліферації в рані.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. В роботі зроблено аналіз асортименту сучасних перев'язувальних засобів та ранових покриттів різного походження
2. Встановлено, що більшість з перев'язувальних засобів та ранових покриттів є багатошаровими текстильними матеріалами
3. Однією з провідних вимог до функціональної придатності перев'язувальних засобів та ранових покриттів є високі задані вологотрансферні властивості.
4. Сучасні наукові підходи не в змозі передбачити властивості багатошарових матеріалів в зв'язку з відсутністю теоретичних моделей проходження рідини.

2. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАСОПЕРЕНОСУ ЛІКУВАЛЬНОЇ РІДИНИ КРІЗЬ ПАКЕТИ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

2.1. Методологія масопереносу в одно- та багат шарових текстильних матеріалах

Однією з основних вимог до медичних матеріалів є їх сорбційні характеристики. Але процеси трансферу рідини крізь текстильні матеріали вивчені недостатньо, а визначення основних характеристик проходження рідини з використанням відомих способів ускладнено. Горизонтальна швидкість проходження вологи оцінюється відповідно до стандартного середовища за умов ($20 \pm 2^{\circ}$ C і $65 \pm 2\%$ вологості повітря). У горизонтальному вбираючому пристрої, крихітні краплі води в контакті з горизонтально розташованим зразком ($200\text{mm} \times 200\text{mm}$), що призводить до абсорбції води і змочуванню матеріалу через пори. Воду подають безперервно з резервуара за допомогою сифона. Матеріал витримували на електронних вагах, що дозволило реєструвати масу води, що поглинуто тканиною. Оскільки маса, що поглинається зразком, пов'язана з товщиною зразка, поглинання води із розрахунку на одиницю товщини використовується для оцінки горизонтальної здатності до вологовбирання. Вологу вимірювали після кожної хвилини до 10 хвилин. Типові характеристики збільшення концентрації вологи в текстильних зразках представлені на рис. 2.1.

В [11] проведено дослідження властивостей вихідних текстильних матеріалів за переліком визначених показників, що дало змогу створити базу даних їх фізичних властивостей (табл. 2.1).

В роботі [4] проведені дослідження з метою визначення впливу типу волокна (тонка вовна, напівтонка вовна, акрил), типу пряжі (високої та похилої крутки, одиночна пряжа), і структури тканини (джерсі, напівмахрові, махрові) на тепловий опір, опір водяної пари, теплопровідність, паропроникність, здатності абсорбувати рідину, і відновити структуру тканин. Відзначено, що саме структура тканини мала найбільший вплив на тепловий опір, опір водяної пари, паропроникність, здатності

абсорбувати рідину, і теплопровідність.

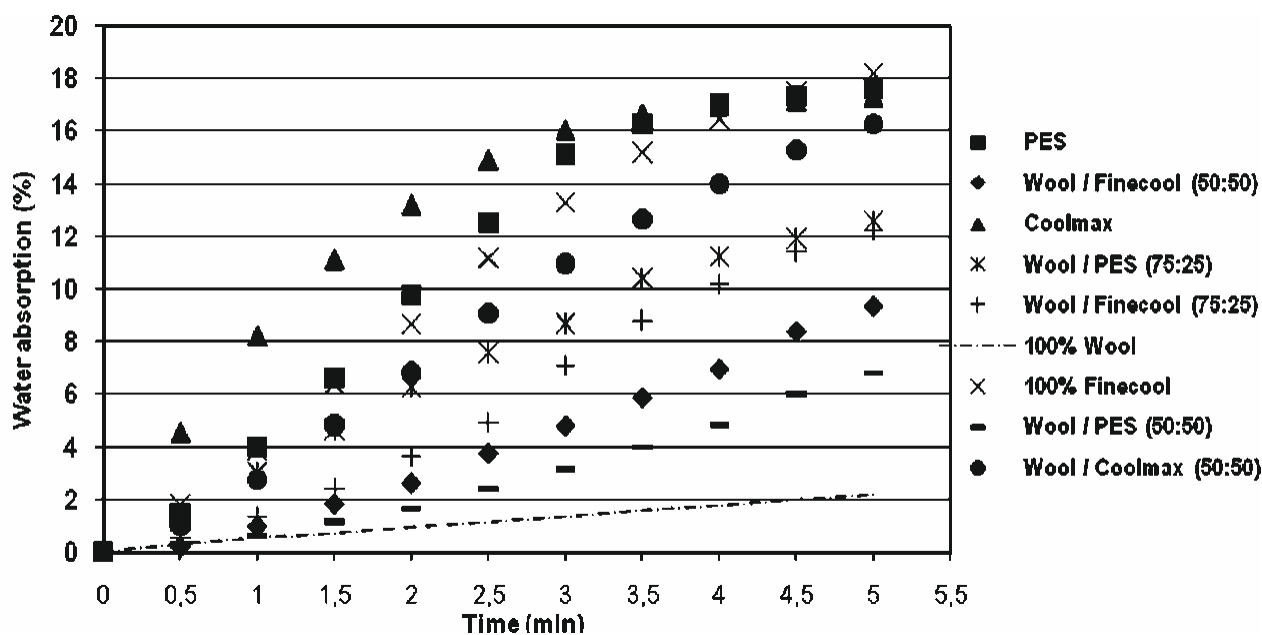


Рис. 2.1. Експериментальні залежності поглинання вологи в текстильних матеріалах (R.M. Sousa Figueiro)

Таблиця 2.1

Показники фізичних властивостей вихідних текстильних матеріалів

№	Як показника, одиниці вимірювання, методики дослідження	Інтервал значень для 26 досліджених
1	Кондиційна вологість, W_k , % (ГОСТ 3816-81 (ISO 811-81))	0,2 - 8,8
2	Гігроскопічність, H , % (ГОСТ 3816-81 (ISO 811-81))	0,6 - 21,5
3	Крайовий кут змочування, θ , град	39 - 130
4	Час до повного зникнення краплі, ϕ , с	0,2 - більше 600
5	Капілярність, K , мм (ГОСТ 3816-81 (ISO 811-81))	0 - 200
6	Площа розтікання води по горизонтальній поверхні ТМ, S , мм ²	0 - 8990
7	Водовбиральність, $П_v$, % (ГОСТ 3816-81 (ISO 811-81))	0 - 570
8	Коефіцієнт водомісткості, B_c , г/м ² (ГОСТ 3816-81 (ISO 811-81))	0 - 1060
9	Час висихання, ϕ , хв	10 - 50
10	Водотривкість, $B_{тр}$, Па (ГОСТ 3816-81 (ISO 811-81))	0 - 4900
11	Водопромоклість в статичних умовах, W_c , год (ГОСТ 938.21-71)	0 - більше 3
12	Водопромоклість в динамічних умовах, W_d , хв (ГОСТ 938.22-71)	0 - 105
13	Водопроникність в динамічних умовах, U_d , г/м ² ·год (ГОСТ 938.22-71)	0 - 770
14	Коефіцієнт теплового поглинання, b , Вт·с ^{1/2} /м ² ·К	94 - 250
15	Коефіцієнт теплопровідності, λ , Вт/(м·К)	$22,2 \cdot 10^{-3}$ - $77,9 \cdot 10^{-3}$
16	Коефіцієнт температуропровідності, a , м ² /с	$0,02 \cdot 10^{-6}$ - $0,29 \cdot 10^{-6}$
17	Тепловий опір, R , К· м ² / Вт	$4,8 \cdot 10^{-3}$ - $30,5 \cdot 10^{-3}$

В роботах [5, 6] відзначено, що транспортування вологи і пари через текстильні структури ускладнюється і залежить від багатьох факторів, в тому числі, наскрізної пористості, товщини тканини, розміру пор і особливих властивостей волокон.

В [7] розглянуто метод визначення часу висушування, що використовується для порівняння здатності різних тканих матеріалів розсіювати пари вологи з насиченого середовища текстильного матеріалу до навколишньої атмосфери. Зроблено порівняльний аналіз даних, отриманих цим новим способом, у порівнянні з загальними методами випробувань. Останні включають в себе вимірювання швидкості передачі парів вологи з вертикального сосуду.

Отже, можна зробити висновок про досить великий обсяг експериментальних досліджень в даній галузі (Власенко В.І., Супрун Н.П., R.M. Sousa Fangueiro, Rita M. Crow), який поки що, не знайшов необхідного рівня математичного моделювання, що могло б дати можливість проектувати матеріали, виходячи з вимог експлуатації, а також прогнозувати характеристики композицій з різних матеріалів.

2.2. Фотограмметричні методи дослідження масопереносу

З аналізу досліджених джерел видно, що визначення вологотрансферних характеристик текстильних матеріалів уявляє на сьогодні дуже складну задачу. Це пов'язано зі складністю визначення реальних параметрів концентрації рідини і неможливістю визначити ці параметри всередині матеріалу.

Сучасні цифрові і комп'ютерні технології дозволяють візуалізувати подібні процеси, після чого вони становляться придатними для аналізу і визначення параметрів трансферу рідини стає реальним.

Як правило, подібні методи об'єднують сучасні методи тривимірного сканування сумісно з методами комп'ютерної кольорової графіки, спроможної визначити яскравості і складові кольорів вимірювальних об'єктів.

Методи тривимірного сканування, придатні до дослідження характеристик

текстильних матеріалів описані в [10-12].

Результатом тривимірного сканування повинні бути зображення структури текстильного матеріалу такі, як одержані в [13] (рис. 2.2).

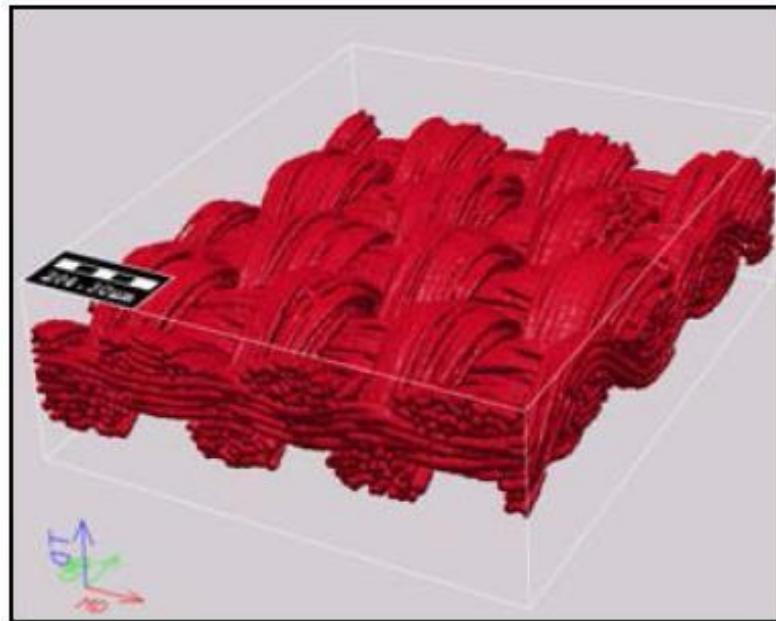


Рис. 2.2. Тривимірне зображення полотняного переплетення зі структурою

В останні роки з'явилися роботи, присвячені візуальним методам дослідження руху рідин [15, 16]. Засоби візуалізації передбачають для отримання картини перебігу газу або рідини на поверхні об'єкту реєструють при складному режимі потоку газу або рідини два або більше послідовних зображення розподілу часток на досліджуваній поверхні об'єкта (рис. 2.3).

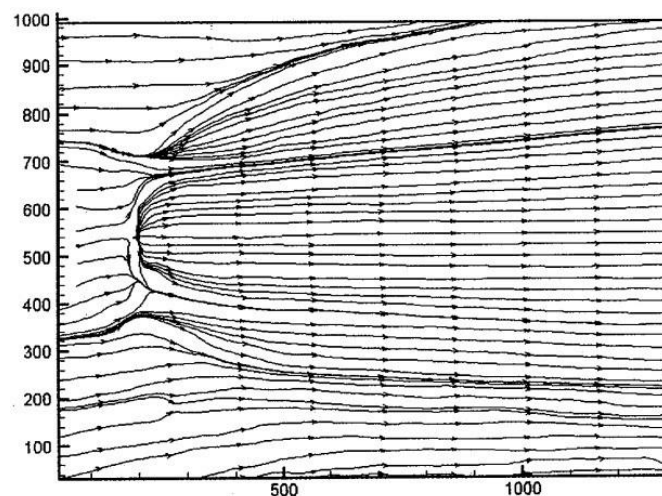


Рис. 2.3. Візуалізація течії рідини на поверхні

Після проведення фотограмметричної зйомки отримане зображення необхідно оцифрувати, для подальшої роботи і отримання інформації про вироби за допомогою цифрових методів. Як відзначалось в роботі Іванівського В.І. [19], на це перетворення впливають форма і колір виробу, якість проведеної зйомки, а також безліч інших чинників.

Однією з найважливіших характеристик зображення є параметр яскравості, а точніше контрастність вимірювального параметру по відношенню до основного матеріалу. «Яскравість – відношення сили світла, випромінюваного поверхнею, до площі її проекції на площину, перпендикулярну осі спостереження» [13].

2.3. Якісні переходи при створенні моделей масопереносу в багат шарових текстильних матеріалах

Сьогодні на світовому ринку доступні наступні функціональні текстильні матеріали: бар'єрні (проти мікроорганізмів, хімікалій, рідини, радіації та ін.); антистатичні або електропровідні; антимікробні або бактериостатичні; водовідштовхувальні; високосорбційні і висококапілярні (виготовлені з ультратонких волокон) [26]; дихаючі мембрани [27]; металеві та металізовані; тривимірні (3D) трикотажні полотна; ламіновані зі специфічними обробками [28-29]. Цей попит послужив стимулом для виробників текстилю. І як показує аналіз наукової та патентної літератури, останнім часом у всьому світі різко зріс інтерес до створення багатфункціонального текстилю.

Найпростіші способи отримання багатфункціональних текстилей (змішання волокон, модифікація ниток, модифікація будови і поверхні текстильних полотен) не можуть дати бажаних результатів. Більш широкі можливості при виробництві товарів з високими споживчими властивостями лежать в переході до складних шаруватих композиційних текстильних структур. Такі структури містять у необхідному, заданому порядку різні функціональні шари. Ці розробки в останні

п'ять років у всьому світі є пріоритетними і безпосередньо пов'язані із створенням так званого розумного текстилю.

Шлях для переходу від емпіричної побудови моделі функціонування багат шарового текстильного композиту до загальної теорії полягає в розробці програм, які базуються на принципі багаторівневого моделювання. Подання композиту у вигляді багаторівневої ієрархічної системи дозволяє виявити зв'язки між сусідніми шарами [21, 22]. Можна моделювати кожен рівень окремо, проте важливо прагнути до урахування прикордонних явищ. Глибина вивчення різних процесів приймається залежно від конкретного завдання.

Розробкою багат шарових текстильних композиційних матеріалів займалися ряд дослідників, такі як М.П. Березненко, В.І. Власенко, J. Randall. Такі структури містять у необхідному, заданому порядку різні функціональні шари. Створення таких матеріалів залишається досі на інтуїтивному рівні.

Спроби деяких дослідників [22-24] теоретично обґрунтувати їх створення слід признати спрощеними, такими що не враховують реальні нелінійні процеси накопичення вологи в матеріалі.

З середини 1960-х років, промислові тканини зробили швидкий прогрес [25]. Використання спеціальних тканих, трикотажних або нетканих матеріалів замість класичних матеріалів постійно збільшується [26]. Водонепроникні - повітропроникні багат шарові тканини використовуються в різних галузях [27].

Різні типи повітропроникних тканини можуть бути розділені на наступні групи: закриті тканини; мікропористі мембрани і покриття; гідрофільні мембрани і покриття; поєднання мікропористої і гідрофільних мембран; світлоповертаючі мікрокульки; розумні повітропроникні тканини; тканини на основі біоміметики.

Одним з найбільш значних досягнень в повітропроникних водонепроникних матеріалів було введення, яке являє собою мікропористу полімерну плівку, виготовлену з політетрафторетилену (PTFE).

В даний час, дихаюча плівка в комплексі з тканиною отримала широке застосування і використовує вибірково непромокальні але дихаючі бар'єрні властивості [29]. При визначенні характеристик двошарових матеріалів

використовуються методи визначення паропроникності [23] і дифузії водяної пари через текстиль [21]. Передача вологи пари через тканину зростає зі збільшенням вмісту вологи в результаті конденсації води в тканини [22]. Це означає, що за допомогою гігроскопічного волокна підсилюється потік перенесення водяної пари до навколишнього середовища порівняно до звичайної тканини [23-26]. Передача вологи також залежить від конструкції тканини. Робота [29] повідомляє про результати водо проникнення крізь шаруваті тканини, що складаються з простих тканих простих переплетень (звичайна, саржа) і мікропористої повітропроникненої плівки. Попередньо оброблені тканини були оброблені водовідштовхувальним шаром хімічних речовин. Потім, були отримані шаруваті структури шляхом приведення тканини і мікропористої плівки разом. За результатами досліджень визначені гідростатичні результати проникнення рідини.

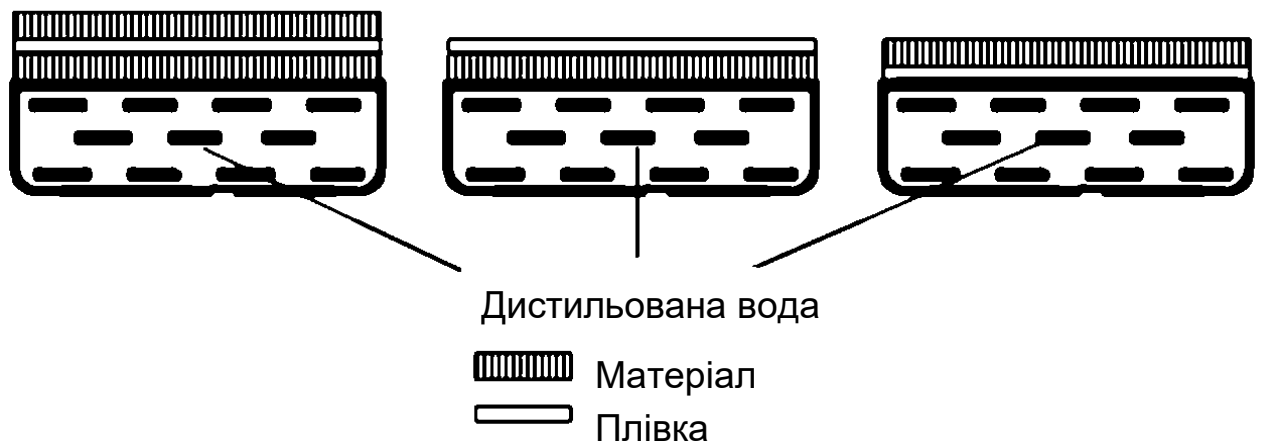


Рис. 2.4. Схеми матеріалів з мікропористою плівкою

Результати визначення гідростатичного опору для різних матеріалів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Гідростатичний опір для різних матеріалів, см водяного стовпчика

Номер зразка	Одношаровий	Двошаровий
1	46,8±2,3	73,7±0,6
2	22,6±1,2	43,4±0,9
3	49,5±3,1	88,3±0,1
4	35,3±0,6	44,0±0,2

Нажаль, реальних робіт, що визначають властивості багатошарових текстильних матеріалів не дуже багато. Розробка загальної моделі їх функціонування дозволила б значно підвищити ефективність їх розробки і експлуатації.

2.4. Напрямки моделювання властивостей текстильних матеріалів

В аналітичних моделях трансферу рідини в текстильних матеріалах не завжди враховується їх реальна структура. В ряді робіт визначається важливість врахування реальної структури матеріалу на процеси проходження рідини [20-24] і реальність визначення цієї структури за допомогою сучасних цифрових і комп'ютерних методів [24-26].

Пориста морфологія текстильних структур визначає численні функціональні властивості в кінцевому продукті. Бар'єрні характеристики (непроникність і утримання часток) і якість комфорту (повітря і вологоникність) – це основні властивості таких матеріалів.

На сьогоднішній день фундаментальні дослідження не призвели до вирішення проблеми, ні теоретично, ні експериментально, при описі складної кореляції між 3D-пористою структурою тканого матеріалу, проникності і бар'єрних властивостей. Це можна пояснити тим фактом, що до сих пір вплив структурних і ткацьких параметрів на параметри водопоглинання для тривимірної структури тканого матеріалу не був пророблений. Крім того, на сьогоднішній день, немає чіткої інформації про вплив механічного навантаження на морфологію пор і, отже, проникність і стабільність властивості високої щільності тканого матеріалу. Щоб зрозуміти цей зв'язок, необхідно не тільки знати мікро- і мезо пористу структуру, а й характеристики деформації нитки в поперечному перерізі за межами шаблону повторення.

Характеристика мікроструктури тканини з багатьох ниток і грубої моделі сітки в одному моделюванні обмежена досі, так як до тепер немає відповідного програмного забезпечення з достатньою функціональністю і ефективністю.

Метод кінцевих елементів для визначення властивості текстильного матеріалу опору потоку рідини не ефективний для генерування моделювання тканини. Через це для проектування і розробки багатьох технічних продуктів (наприклад, хірургічних захисних текстильних виробів), як і раніше, необхідні інтенсивні експериментальні зусилля, щоб відрегулювати проникність і бар'єрні властивості методом випробування і помилок. Є невирішені наукові проблеми, які необхідно вивчити щодо передбачуваності 3D пористої структури тканого матеріалу в залежності від конструктивних і технологічних параметрів, які згодом привести до визначення властивостей проникності і утримання (рис. 2.5).

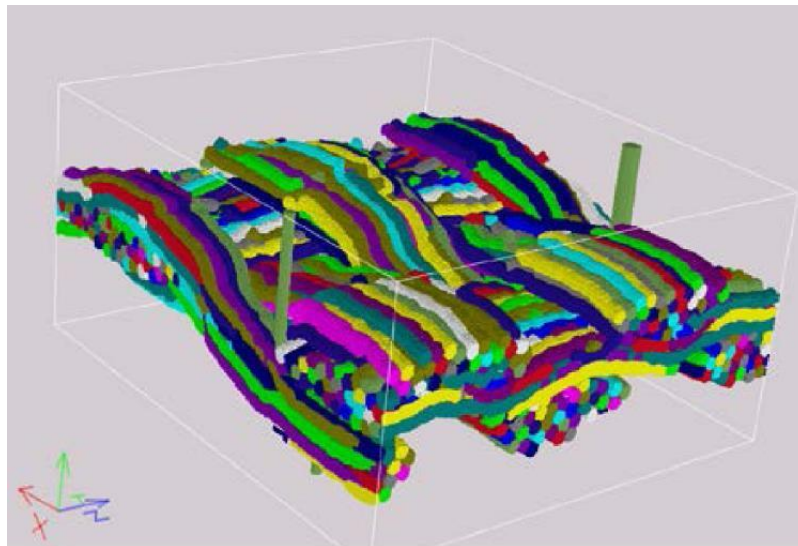


Рис. 2.5. 3D-ткана структура з максимальним потоком частинок в точках перетину

У різних дослідженнях [24-25] моделі тканини були складені з урахуванням властивостей нитки і пряжі, яке безпосередньо може виникнути в результаті деформації нитки основи і утока в процесі ткацтва. В даний час процес виробництва тканини може бути змодельований чисельними методами, в яких розглянуті конструктивні параметри текстильного матеріалу і механічні параметри верстата. Традиційно макроскопічні ефективні моделі були реалізовані для моделювання проникності і утримання часток в рідинах і газах через пористі середовища [24-26]. Математично, ефективні рівняння потоку були сформульовані на основі рівнянь Нав'є-Стокса з використанням відповідних методів усереднення [21]. Ці методи

показують важливість і значення структурного моделювання, як інструмента для аналізу проникності і утримання. Кореляції між властивостями тканого матеріалу, особливо проникності і утримання, тобто проходження рідини, не була знайдена до сих пір.

Врахування структури матеріалу зустрічається у деяких роботах. Відзначається важливість отриманих результатів, але трудомісткість їх одержання стримує впровадження цих методів.

В роботі [22] тканий матеріал розглядається як один шар матеріалу, який утворює унікальну тривимірну (3D) архітектуру з перевернутими пірамідальними ямками на поверхні тканини і тетраедричного замкнутого простору всередині тканини, це значно відрізняється від традиційних 3D моделей тканини, даючи хорошу перспективу для геотекстильних, медичних текстильних виробів, повітряних фільтрів і нижньої білизни. У цій роботі пропонується аналітична модель для характеристики геометричної форми і положення кожної нитки в елементарній комірці тканини і об'єму внутрішнього простору. Модель складається з геометричних параметрів, включаючи ширину нитки, товщину матеріалу, відстань і кількість ниток в тканині елементарної комірки.

У роботі [23] розглянуто властивості структури тканини з використанням методу кінцевих елементів. Точна геометрія структури зовнішнього шару тканини була вперше отримана за допомогою мікро рентгенівської комп'ютерної томографії сканування, а потім вводилася в якості вхідних параметрів програмного забезпечення ANSYS 13.0 для створення геометричних моделей.

В роботі [24] відзначено, що геометрична структура тканини впливає на зовнішній вигляд і фізичні властивості, що може бути використане для прогнозування ефективності її використання.

Точний опис структури необхідний для прогнозування характеристик і зовнішнього вигляду матеріалу. Мета дослідження полягає в тому, щоб побудувати адекватну тривимірну геометричну модель структури, засновану на механіці тканих матеріалів. Випробування показують, що алгоритм відповідає принципам ткацтва.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Побудова математичних моделей багатошарових матеріалів дає змогу передбачати строк функціонування сучасних перев'язувальних засобів, прогнозувати динаміку проходження рідини (лікарських засобів), а також надавати рекомендації по створенню багатошарових матеріалів з заданими функціями проходження рідини.

2. Відомі експериментальні методи визначення дифузійних властивостей досить складні і не забезпечують визначення констант мікроструктури.

3. Існуючі фотохроматичні методи дослідження підтвердили можливість і доцільність їх використання. Використання для їх аналізу комп'ютерних графічних засобів може значно підвищити їх ефективність.

4. Існуючі аналітичні моделі розв'язання нелінійних задач дифузії в текстильних матеріалах не доведені до інженерних методик і в існуючих пропозиціях не можуть розглядатися, як методи для реального визначення параметрів матеріалів.

5. Аналогічні висновки стосуються моделей багатошарових матеріалів. У зв'язку з відсутністю даних, щодо внутрішніх характеристик матеріалів, використання моделей, є проблематичним у зв'язку з відсутністю методів одержання необхідних характеристик.

6. Встановлено, що трансфер рідини виникає також під час сушіння, змочування, фарбування, тому бажано враховувати процеси зменшення витрат енергії.

7. В процесі трансферу рідини в перев'язочних матеріалах зменшення витрат енергії при проходженні рідини сприяє стабільності температури матеріалу і запобігає його охолодженню.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МАСОПЕРЕНОСУ В ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

3.1. Вихідні дані для проведення експериментів

Лікування гнійних ран і відновлення втраченого шкірного покриву при інфекційних захворюваннях та пошкодженнях різної природи залишається однією з найважливіших проблем медицини, яка має велику соціально-економічну значимість. Своєрідною лікарською формулою для лікування хворих в результаті гнійної інфекції м'яких тканин є ранові покриття з певним механізмом дії, правильний вибір яких дозволяє істотно підвищити ефективність лікування гнійних ран [28-29].

Завдяки ефективності та простоті застосування сучасних пов'язок, а також їх значним економічним перевагам у порівнянні з традиційними методами лікування, використання таких перев'язувальних матеріалів стало поширеним методом лікування хронічних ран. В даний час успіхи у вивченні молекулярної біології ранового процесу дозволили значно підвищити клінічну ефективність як самих пов'язок, так і місцевого лікування ран у цілому [20, 21].

Вимогам, що пред'являються до сучасних перев'язувальних засобів для лікування хронічних ран, найбільшою мірою відповідають так звані інтерактивні пов'язки, здатні протягом тривалого часу підтримувати необхідні параметри ранового середовища і стимулювати загоєння ран тільки за рахунок власних фізичних властивостей без участі хімічних і біологічно активних компонентів. Особливо актуальні вони в амбулаторній практиці, так як здатні не тільки очищати рану і стимулювати загоєння, але і, при необхідності, ефективно застосовуватися в поєднанні з компресійними методами лікування вторинних хронічних ран, що утворюються внаслідок лімфо- венозної недостатності [22].

Клінічне застосування інтерактивних пов'язок дозволяє підтримувати функціонально значущі елементи рани в асептичному і вологому стані (рис. 3.1, а), безболісно видаляти пов'язку з поверхні рани (рис. 3.1, б), здійснювати надійну

профілактику вторинного інфікування великих ранових поверхонь (рис. 3.1, в) [29].



Рис. 3.1. Клінічне застосування інтерактивних пов'язок

Основною задачею пов'язки на першому етапі лікування є видалення ексудату з рани, що пов'язано, перш за все з проходженням рідини крізь неї. Прикладом проходження рідини крізь сучасні ранові покриття може бути використання нановолокнистих ранових покриттів (рис. 3.2), перевагами яких є [24] підвищена волого- і паропроникність, захист від контамінації, гемостатична активність, антибактеріальна активність.



Рис. 3.2. Використання нановолокнистих ранових покриттів

На 3.3 представлена динаміка заживлення опікової рани при використанні пов'язки з нановолокон хитозану [25]. Вищенаведені приклади свідчать про важливість характеристик матеріалів медичного призначення, що пов'язані з проходженням рідини крізь них.

У якості перев'язувального матеріалу, який накладається безпосередньо на рану, тривалий час використовувалися в основному стерильні марлеві серветки, просочені різними лікувальними препаратами або з нанесеними на їх поверхню

мазями і порошками. Марля, як і інші текстильні матеріали, добре поглинає, але погано пов'язує ексудат і має високі адгезивні властивості. Тому до недоліків таких пов'язок відносяться швидке їх просочування рановим виділенням і значна адгезія до поверхні рани.



Рис. 3.3. Динаміка заживлення опікової рани при використанні пов'язки з нановолокон хитозану: вихідне становище рани (а), накладення покриття (б), стан рани через 8 днів (в), стан рани через 14 днів (г)

Сучасні матеріали для ранових покриттів мають більш складну структуру, однак до найважливіших відносять їх властивості, які забезпечують здатність проходження і розповсюдження вологи (рис. 3.4).

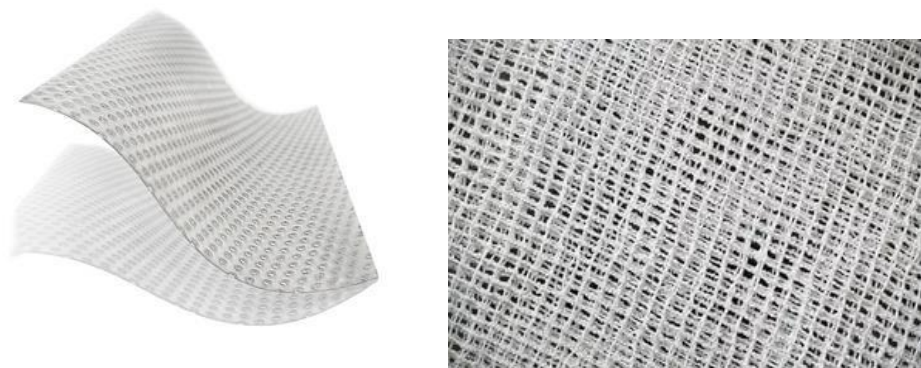


Рис. 3.4. Структура ранових пов'язок

3.2. Побудова лінійних залежностей розповсюдження рідини

З метою визначення параметрів розповсюдження рідини в лінійних зразках був проведений комплекс експериментів по визначенню динаміки зміни концентрації. Слід відзначити, що концентрацію в прямий спосіб визначити досить важко. Тому використовувався метод зміни яскравості рідини.

Одна з границь досліджуваного матеріалу приводилася в контакт з пофарбованою рідиною. Завдяки дифузійним властивостям матеріалу рідина розповсюджувалась вздовж зразка, змінюючи свою яскравість.

Яскравість джерела світла – це світловий потік, що посилюється в даному напрямку, поділений на елементарний тілесний кут поблизу цього напрямку і на проекцію площі джерела на площину, перпендикулярну осі спостереження. Тобто це відношення сили світла, випромінюваного поверхнею до площі її проекції на площину, перпендикулярну осі спостереження.

$$J(\theta) = \frac{dI(\theta)}{d\sigma \cos\theta} \quad (3.1)$$

В адитивній системі RGB, яка використовується в більшості сучасних комп'ютерів, яскравість одного мінімального елемента «пікселя» визначається, як

$$J = 0,222 * R + 0,707 * G + 0,071 * B. \quad (3.2)$$

де R - відсоток червоного кольору в точці (вимірюється від 0 до 255), G і B зеленого і синього відповідно. Набір колірних складових в кольорах спектру показано на рис. 3.5. Значимість кольорів при визначенні яскравості представлена на рис. 3.6. Значимість кольорів будемо визначати, як відношення складу окремого кольору з номером i до загальної яскравості

$$\zeta = \frac{J_i}{J} \quad (3.3)$$

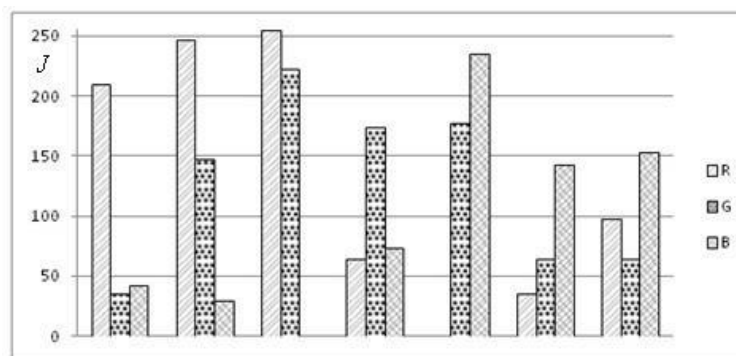


Рис. 3.5. Набір кольірних складових в кольорах спектру

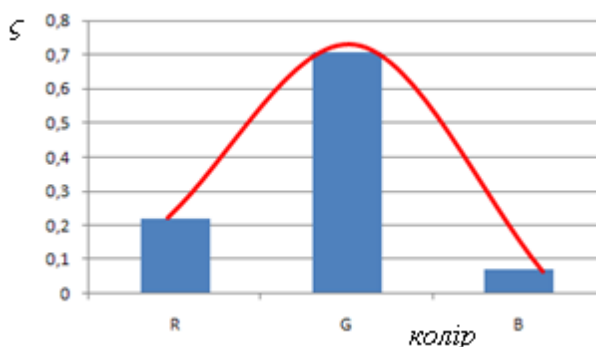


Рис. 3.6. Значимість кольору при визначенні яскравості

Таким чином, найбільше значення для яскравості має відсоток зеленого кольору в кольорі пікселя. Сучасні програмні комп'ютерні засоби мають широкий спектр можливостей для визначення яскравості зразка в точці.

Розвиток фотограмметрії від появи фотографії як засобу отримання зображень до недавнього часу йшов по лінії вирішення завдань, що виникають при проведенні наземних зйомок і аерофотозйомок для цілей картографування. Використання фотограмметрії для вимірювань об'єктів на близькій відстані (інженерної фотограмметрії) обмежувалося необхідністю використання дорогої і низькопродуктивної аналогової вимірювальної техніки (стереокомпараторів, стереопланіграфів). Однак, поширення високопродуктивної обчислювальної техніки, з одного боку, та вдосконалення засобів отримання цифрових зображень, з іншого боку, зумовили передумови для появи високоефективних цифрових апаратно-програмних комплексів для практичної інженерної фотограмметрії. В останні десятиліття стало можливим застосовувати машинні методи для вирішення завдань

безконтактних вимірювань і, тим самим, забезпечувати високу точність і високу ступінь автоматизації вимірювань в промисловості і на виробництві [26-28].

Нами були запропоновані фотограмметричні методи визначення вологотрансферних характеристик текстильних матеріалів, призначених для медичних цілей. Визначення проходження рідини крізь лінійні зразки текстильних матеріалів медичного призначення проводилося за схемою, представленою на рис. 3.7.

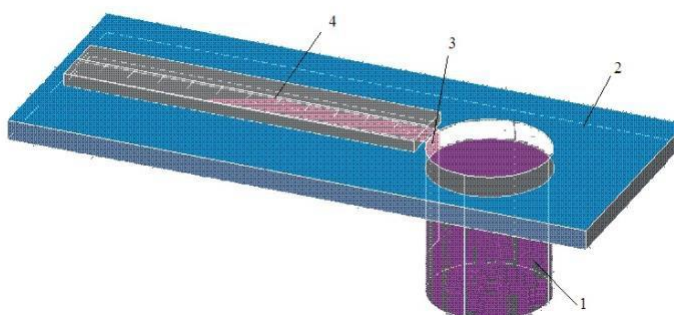


Рис. 3.7. Схема визначення зміни концентрації рідини в текстильному матеріалі: ємність з кольоровою рідиною – 1, лабораторний стіл – 2, зразок матеріалу – 3, прозора лінійка – 4

Порядок експерименту складався з фіксації яскравостей розповсюдження рідини, переведення зображення в комп'ютерний вигляд, розташування елементів з різною яскравістю, визначення яскравості кожного елементу в графічній програмі Adobe Fotoshop, визначення різниці яскравості вихідного матеріалу і зафарбованої частини (рис. 3.8).

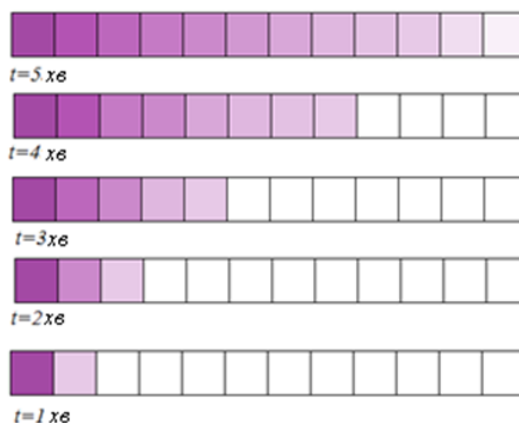


Рис. 3.8. Зміна яскравості при розповсюдженні рідини в лінійних зразках

Яскравість рідини визначає концентрацію рідини в матеріалі. Для різних моментів часу зміна яскравості по довжині зразка визначається залежністю, що показана на рис. 3.9.

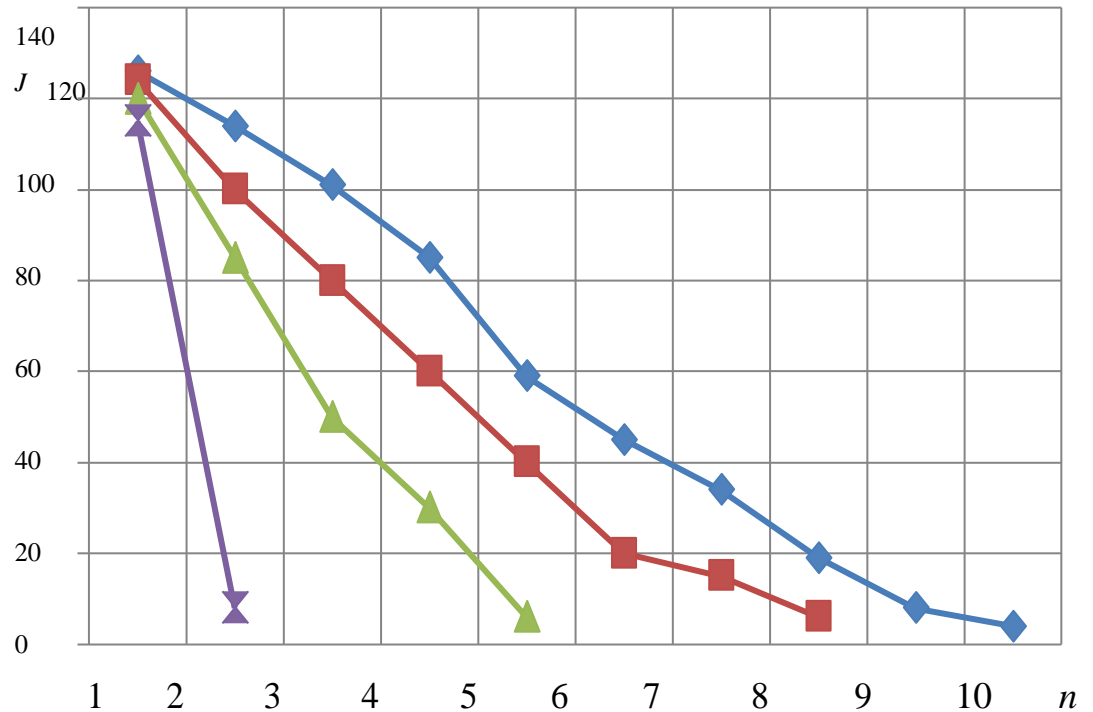


Рис. 3.9. Зміна яскравості по довжині для різних моментів часу

Гіпотеза про відповідність яскравості змоченої зони концентрації рідини в ній передбачає визначення концентрації, як відношення поточної яскравості до максимально можливої:

$$u = \frac{J}{J_{\max}} \quad . \quad (3.4)$$

Вводимо безрозмірну координату, що дорівнює відношенню поточної координати до максимальної, що досягла рідина:

$$\bar{x} = \frac{x}{X} \quad . \quad (3.5)$$

Для випадку максимального розповсюдження рідини яскравість визначається емпіричною залежністю, відображеною на рис. 3.10.

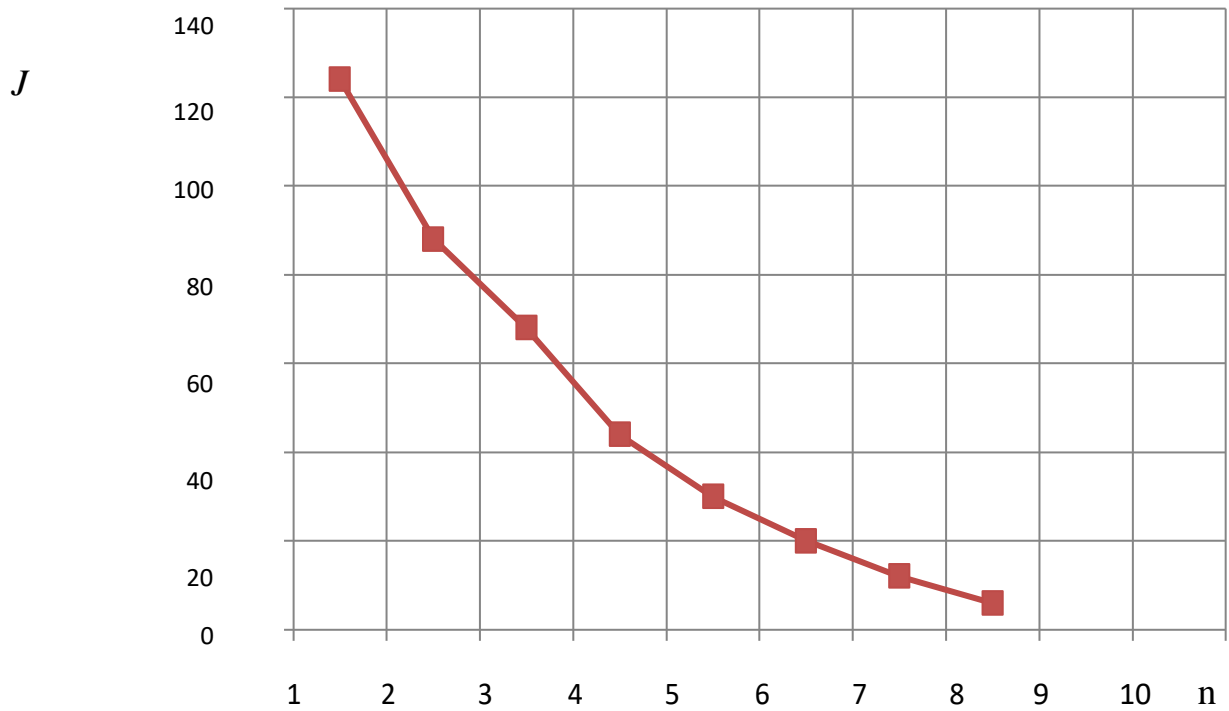


Рис. 3.10. Зміна яскравості для поперечного напрямку

Змочена зона в поперечному напрямі змінюється за закономірністю, що показано на рис. 3.11.

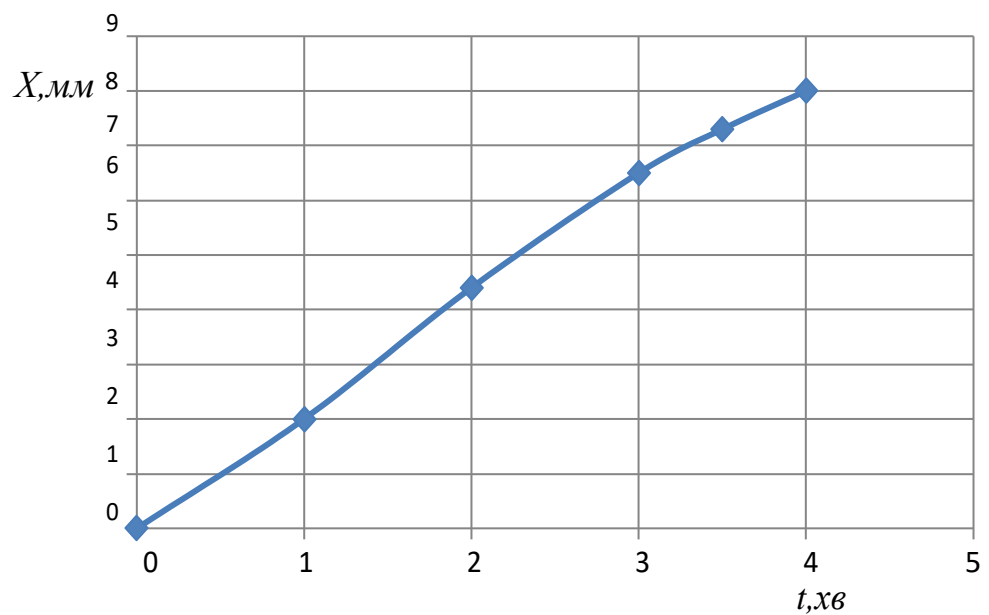


Рис. 3.11. Зміна змоченої зони

Лінійна функція зміни границі у поперечному напрямі має вигляд (рис. 3.12), а саме:

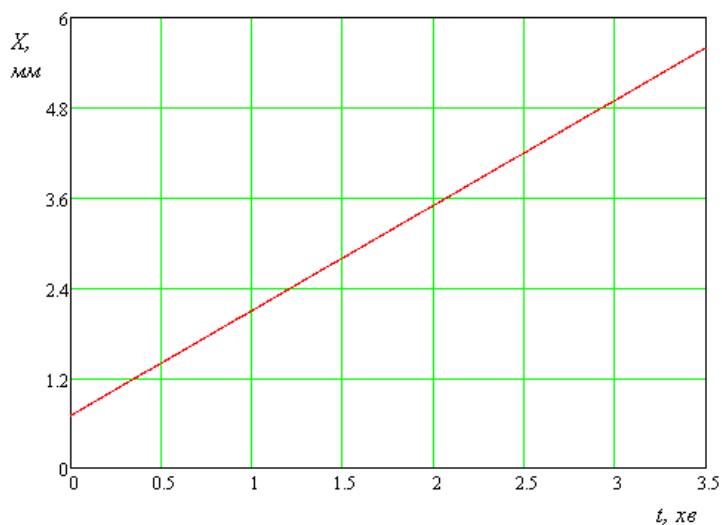


Рис. 3.12. Лінійна функція зміни границі у поперечному напрямі

Для подальшого використання було проаналізовано ряд медичних матеріалів, структурні характеристики яких наведено в таблицях 3.1, 3.2. Для порівняльного аналізу було обрано тканини, трикотажні одно- та двошарові полотна (рис. 3.13)

Таблиця 3.1

Структурні характеристики тканин

№	Назва зразку	Товщина, мм	Вміст складників сировинного складу, %	Поверхнева густина Ms, г/м ²	Кількість ниток на 10 см по основі (По)/по утку(Пу)
1 П	Тканина лляна	0,30	Льон – 100%	157	220/160
2 П	Тканина лляна (набивна) Арт 5С108	0,50	Льон – 100%	175	190/170
3 П	Тканина лляна Арт 07С179	0,70	Льон – 100%	212	180/115
4 П	Тканина лляна арт 4С33	1,30	Льон – 100%	151	190/160

5 П	Тканина конопляна І	1,20	Конопля - 100%	492	117/90
6 П	Тканина конопляна ІІІ	1,30	Конопля - 100%	294	123/150

Таблиця 3.2

Структурні характеристики трикотажних полотен

Умовне позначення зразка	Переплетення	Вміст складників сировинного складу, %	Поверхня густина, Ms, г/м ²	Товщина, мм	Число петельних рядків і стовп. на 100 мм	
Тр1	Гладь	Бавовна – 100	109	0,7	90	150
Тр2	Ластик	НПП – 100	231	0,9	120	110
Тр3	Комбіноване	НВіс–50, НПП–50	143	0,9	100	110
Тр4	Комбіноване	НВіс – 100	137	0,8	95	190
Тр5	Комбіноване	НПП – 100	154	0,8	78	104
Тр6	Просте комбіноване з пресовими петлями	НВіс – 30, НПП – 70	151	0,9	118	200
9Тр	Гладь	100% бавовна	129	0,8	98	150
10Тр	Гладь	100% Віс	131	0,5	110	140
11Тр	Ластик 1x1	100% ПП	231	0,9	120	110
12Тр	Ластик 1x1	100% бавовна	202	0,7	130	150
ТрДв1	Двошарове	ПЕ 100%	482	2,5		
ТрОс2	Основа, язальне клейове трикотажне полотно	ПА 80%, ПЕ 20%	1,7	144		

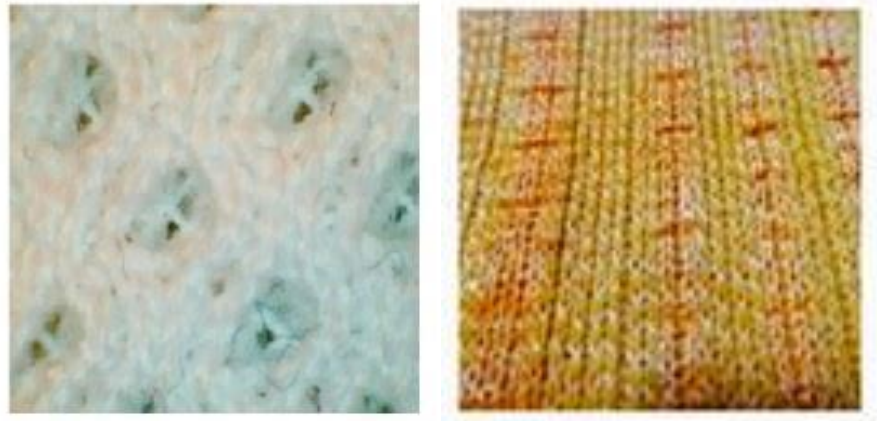


Рис. 3.13. Зовнішній вигляд двошарового матеріалу (зразок ТрДв1) і трикотажного клейового полотна основов'язального (зразок ТрОс2)

В таблиці 3.3 наведені максимальні швидкості розповсюдження рідини в повздовжньому і поперечному напрямках, час, що відповідає максимуму на кривій швидкості розповсюдження рідини, максимальний час розповсюдження. Остання величина бралась з умови, що різниця між попереднім та наступним значенням швидкості не перевищить 5 відсотків від максимального значення.

Максимум швидкості визначався візуально з графіків при апроксимації кривої сплайнами другого порядку. Час, що відповідає максимуму визначався візуально при проектуванні точки максимуму на вісь абсцис.

Таблиця 3.3

Константи швидкості розповсюдження рідини в матеріалах

Умовний номер зразка	v_{\max} , мм/хв	t_m , хв	t_0 , хв	v_{\max} , мм/хв	t_m , хв	t_0 , хв
Трикотажні полотна						
Горизонтальний напрям			Вертикальний напрям			
ТР1	0,75	7,00	30,00	0,8	10,00	30,00
ТР2	0,52	12,00	32,00	0,5	12,00	35,00
ТР3	1,2	13,00	42,00	1,2	8,00	36,00
ТР4	1,3	11,00	37,00	1	10,00	44,00
ТР5	0,77	8,00	50,00	0,6	7,00	48,00

TP6	0,87	10,00	45,00	0,9	10,00	40,00
Сер.знач	0,90	10,17	39,33	0,83	9,50	38,83
Тканина						
	По основі			По утку		
T1	1	8,00	45,00	1	7,00	30,00
T2	0,7	11,00	50,00	0,75	13,00	25,00
T3	0,8	10,00	48,00	0,85	12,00	26,00
T4	0,92	9,00	46,00	0,94	13,00	44,00
T5	1	7,00	50,00	1	8,00	40,00
T6	0,62	12,00	50,00	0,9	10,00	40,00
Сер.знач	0,84	9,50	48,17	0,91	10,50	34,17

Значення параметрів, наведені в таблиці, характеризують швидкість розповсюдження рідини в трикотажних і тканих матеріалах. Нижче буде показано їх реальне використання для моделювання процесів розповсюдження рідини в текстильних матеріалах. Результати аналізу багатовимірних розповсюджень рідини в перев'язувальних текстильних матеріалах

Порівняльний аналіз кривих капілярності, визначених за стандартною методикою [11, 13], при розташуванні проб, занурених одним кінцем у рідину, свідчать про те, що цей показник не є досить чутливим до зміни сировинного складу та параметрів будови матеріалів. Значення висоти підйому рідини для таких різних за складом – бавовняних, суміші бавовни у різних пропорціях, лляних та конопляних тканин, а також трикотажних полотен різного складу, не дуже відрізняються між собою, а саме різниця знаходиться в межах 14-18%. Підтвердженням недостатньої чутливості методу є також дані, отримані для трикотажних полотен, які між собою принципово розрізняються за складом, будовою та за органолептичними відчуттями.

Саме тому надалі була використана розроблена нами методика визначення показника «площа розтікання води по поверхні матеріалу». Вона призначена для оцінки капілярності текстильних матеріалів в умовах, наближених до експлуатаційних, тобто, при їх горизонтальному положенні відносно тіла як

джерела зволоження. Суть цієї методики полягає у визначенні, з використанням оптичного приладу, зміни площі мокрої плями, яка утворюється при вбиранні нанесеної краплі води на поверхню проби.

За показник здатності матеріалу розподіляти в свої структурі крапельно-рідку вологу прийнято значення площі розтікання краплі по поверхні матеріалу. Методика полягає в тому, що виконувались заміри площі розтікання краплі підфарбованої води на поверхні текстильного матеріалу. Об'єм краплі при необхідності можна змінювати, в залежності від призначення дослідження. Для нанесення дозованої кількості рідини (вода підфарбована еозином, розчин поту та ін.) здійснювалось за допомогою горизонтально розташованого над поверхнею проби каліброваного скляного циліндра з поршнем. Циліндр закінчується тонким зосередником, з якого спадає крапля. Проба матеріалу круглої форми закріплюється за допомогою притискних кілець і гвинтів у горизонтальному положенні на спеціальних поворотних п'яльцях, на відстані 1 см від наконечника поршня. Система змонтована на підставці, на якій розташований USB-мікроскоп, закріплений в тримачі та підключений до комп'ютера. USB-мікроскоп забезпечує необхідне підсвітлення та чітке збільшення зображення структури матеріалу. Методика вимірювань полягає в нанесенні на поверхню матеріалу краплі рідини і фотореєстрації зміни площі вологої плями в часі. USB-мікроскоп виконує відповідну кількість зображень стадій розтікання краплі. Програмне забезпечення установки дозволяє отримувати як окремі зображення стадій розтікання краплі в ручному режимі, так і проводити зйомку процесу послідовно через заданий інтервал в автоматичному режимі. Крім того, при вивченні швидкопротікаючих процесів можливий запис в режимі відеофільму з послідувачим розподілом їх на окремі кадри. Оцифроване зображення з просторовим розширенням 3000×2208 пікселей та кольоровим розширенням в 256 рівнів сірого, записується на жорсткий диск або інші носії інформації для подальшої обробки. Зберігається зображення в форматі JPEG.



Рис. 3.14. Установка для визначення горизонтального змочування текстильних матеріалів

Був проведений експеримент для плоского зразка при змочуванні його краплею зафарбованою рідиною. При аналізі зафарбованої частини зразка на комп'ютері визначалися границі зон з однаковою яскравістю для визначення розповсюдження рідини і зміни її концентрації. Комп'ютерними засобами визначалася яскравість кожного елемента, яка пов'язувалась з концентрацією рідини в комірці з відповідними координатами. Загальне розповсюдження рідини наведено на рис. 3.15. Зона, виділена для аналізу з визначенням системи координат на рис. 3.16.

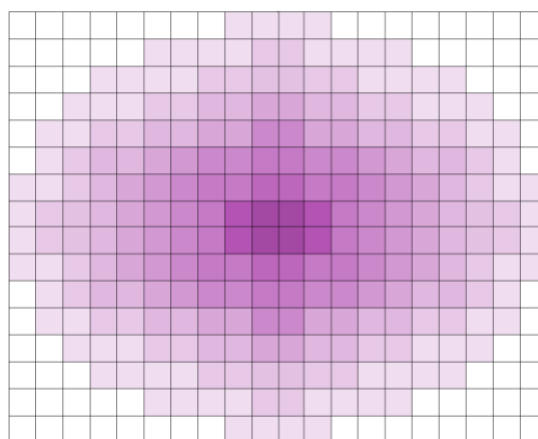


Рис. 3.15. Розповсюдження рідини в плоскому зразку при нанесенні краплі:

Ззовні спостерігається розповсюдження, схоже на комбінацію двох лінійних розповсюджень, які розглядалися в попередньому розділі. Більш прискіпливий аналіз, однак визначає досить принципові відмінності при розповсюдженні одночасно в двох напрямках, що доводить необхідність врахування взаємовпливу при перетіканні рідини у плоских зразках. Для аналізу цих відмінностей спочатку складемо таблицю яскравостей окремих комірок за площиною зразка (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Яскравості плоского змоченого зразка

$y \backslash x$	1	2	3	4	5	6	7	8
1	126	117	92	68	47	29	15	6
2	120	116	90	64	40	21	8	3
3	105	100	82	56	31	12	6	0
4	85	76	54	30	16	10	5	0
5	57	48	31	18	13	8	4	0
6	35	29	20	14	10	6	3	0
7	20	17	10	8	6	4	2	0
8	12	8	6	5	4	2	0	0
9	4	2	0	0	0	0	0	0

Поверхня концентрацій рідини, побудована за цими даними, має трохи інший вигляд, ніж той, що очікується від простої суперпозиції повздовжніх і поперечних концентрацій (рис. 3.17).

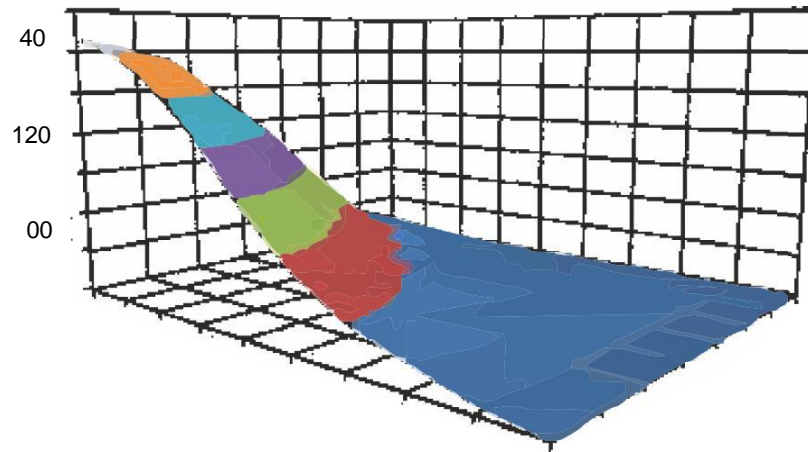


Рис. 3.17. Поверхневий графік зміни концентрацій на площині

Аналіз змін концентрацій повздовжньою і поперечною віссю показав суттєву різницю (Рис. 3.18, Рис. 3.19)

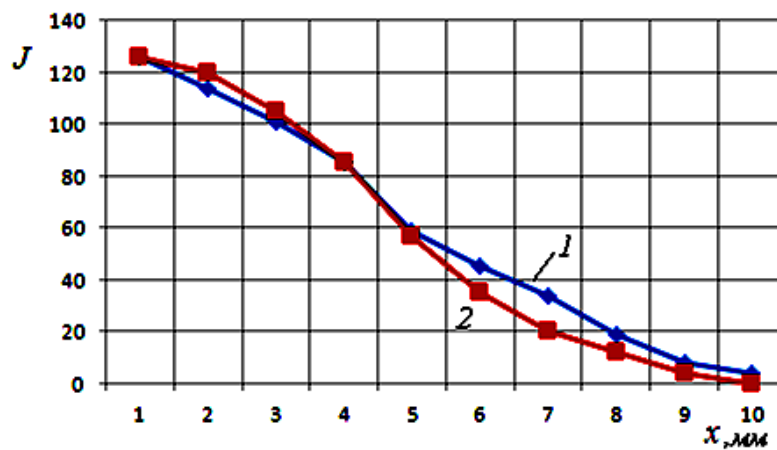


Рис. 3.18. Зміна яскравості за повздовжнім напрямом (лінійний зразок – 1, плоский зразок – 2)

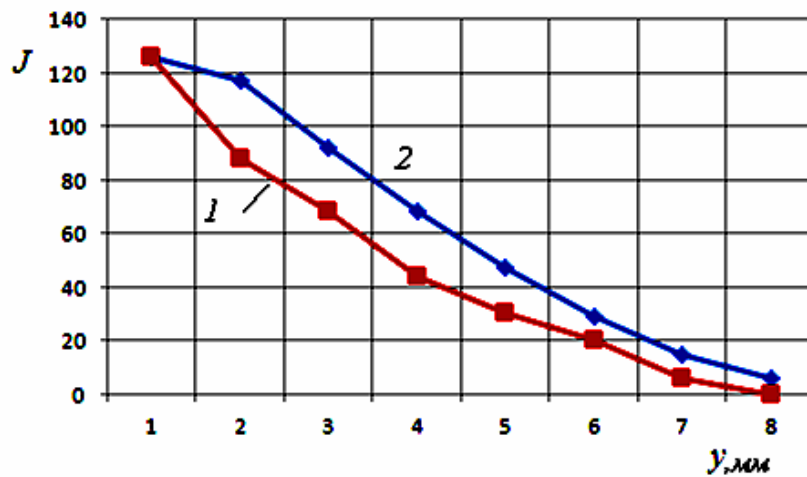


Рис. 3.19. Зміна яскравості за поперечним напрямом
(лінійний зразок – 1, плоский зразок – 2)

Неважко помітити, що ефективність накопичення рідини повздовжнім напрямком зменшується, а поперечним – збільшується, причому загальний вигляд залежності змінюється. Аналогічні результати можна одержати, спостерігаючи за розповсюдженням границі змоченої зони. Швидкість розповсюдження в повздовжньому напрямку зменшується, в поперечному – збільшується. Ці результати свідчать про неможливість автоматичного перенесення результатів лінійних експериментів на розтікання рідини плоскими зразками і досить сильну взаємодію між анізотропними складовими матеріалів (рис. 3.20-3.21).

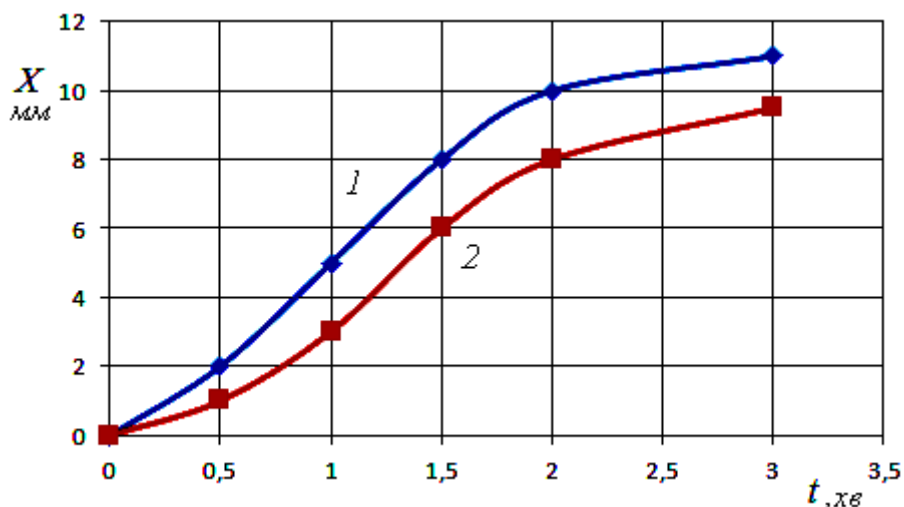


Рис. 3.20. Зміна границі змоченої зони в повздовжньому напрямі
(лінійний зразок – 1, плоский зразок – 2)

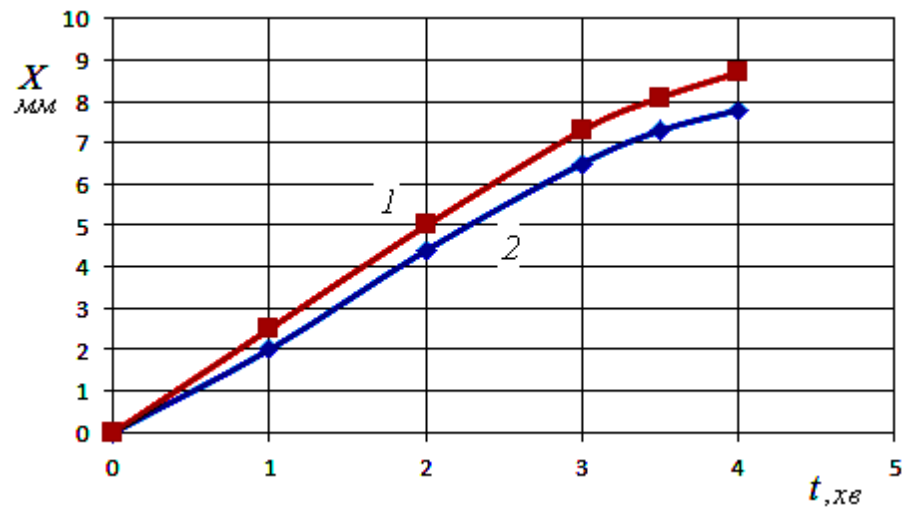


Рис. 3.21. Зміна границі змоченої зони в поперечному напрямі (лінійний зразок – 1, плоский зразок – 2)

Таблиця 3.5

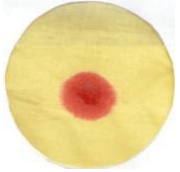


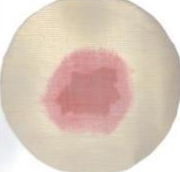


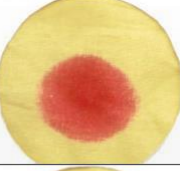


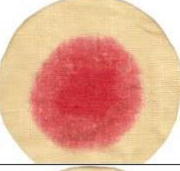






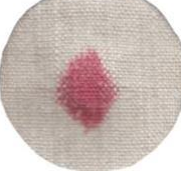





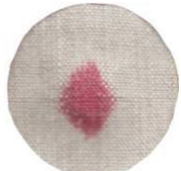

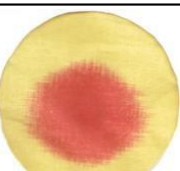


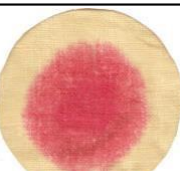
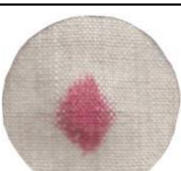
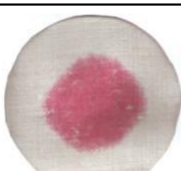

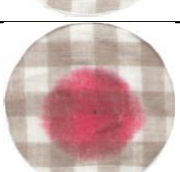

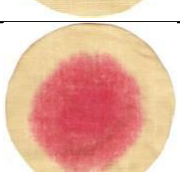
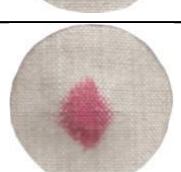

Визначення площі розтікання краплі в тканинах

Умовне позначення зразка	$L_{\text{под.}}, \text{мм}$	$L_{\text{попер}}, \text{мм}$	$L_{\text{ум}}, \text{мм}$	$S, \text{мм}^2$
П1	4,58	3,9	4,23	14,02
П2	3,08	3,73	3,39	9,02
П3	1,86	4,82	2,99	7,04
П4	3,9	3,42	3,65	10,47
П5	2,34	2,4	2,37	4,41
П6	2,74	3,14	2,93	6,75


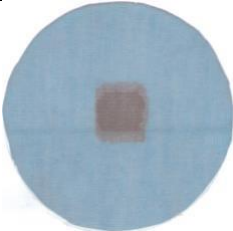

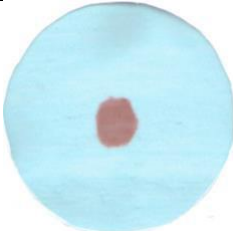

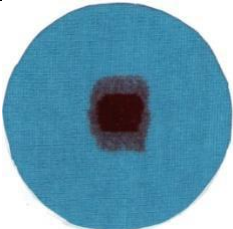

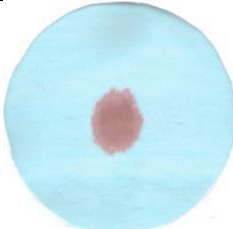

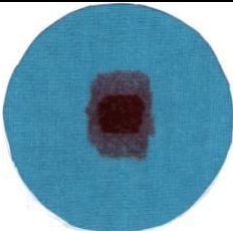

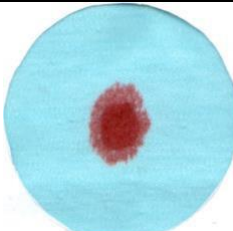

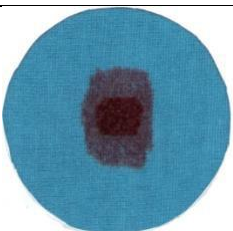

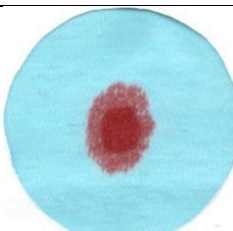

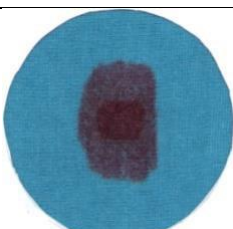

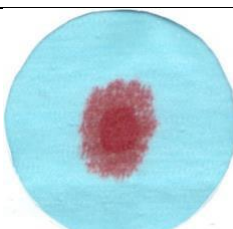

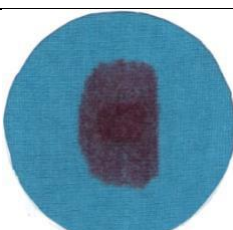

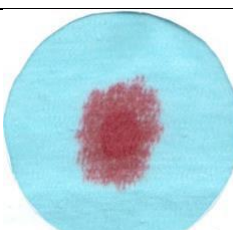
В таблиці 3.5 наведені форми розтікання рідини на тканинах, в таблиці 3.6 – в трикотажних полотнах, в таблиці 3.7 – розрахункові дані для трикотажних матеріалів.

Розтікання тканини в текстильних матеріалах

Таблиця 3.6

час	П1	П2	П3	П4	П5	П6
5 с						
10 с						
30 с						
60 с						
180 с						
210 с						

Розтікання тканини в трикотажних полотнах

Час випробування	1Тр, трикотажне полотно гладь Бавовна – 100%	2 Тр, трикотажне полотно гладь Віс – 100%	3 Тр, трикотажне полотно ластик ПП – 100%	4 Тр, трикотажне полотно гладь Бавовна – 100%
5 с				
10 с				
30 с				
60 с				
120 с				
180 с				

Визначення площі розтікання краплі в трикотажних полотнах

Умовне позначення зразка	$L_{\text{под}}$	$L_{\text{попер}}$	$L_{\text{ум}}$	S
9 Тр	3,0	2,0	2,5	4,9
10 Тр	3,7	2,3	3,0	7,1
11 Тр	Крапля не розтікається	-	-	-
12 Тр	3,0	2,5	2,75	5,9

Порівняльний аналіз отриманих даних показав, що тканини мають хорошу здатність вбирати крапельно-рідку вологу при горизонтальному контакті, причому якісно ці характеристики відрізняються між собою. Крім того, результати двомірних випробувань продемонстрували відмінність від простої суперпозиції двох напрямків розтікання матеріалу, що вимагає врахування анізотропних ефектів при їх проектуванні і експлуатації.

3.3. Наближена модель проходження рідин крізь текстильні матеріали

Матеріали, що використовуються при виготовленні медичних виробів, підлягають різноманітним факторам впливу. Для матеріалів медичного призначення основним фактором є рідина, що проходить крізь нього.

В досліджених джерелах не знайдено загальної моделі проходження рідини крізь матеріали медичного призначення. В даній частині роботи визначаються умови використання математичних моделей масопереносу на основі результатів макроекспериментів.

Будемо вважати один з геометричних параметрів (товщину) багато меншою, ніж довжина і ширина. Загальна модель проходження фізичних середовищ через подібні матеріали буде мати вигляд, показаний на рис. 3.22.

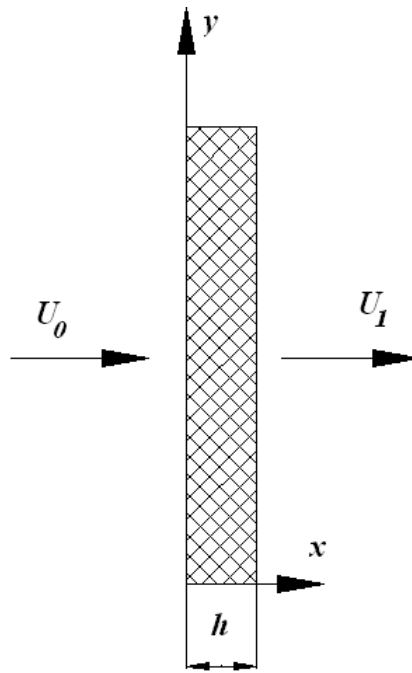


Рис. 3.22. Загальна модель проходження рідини крізь текстильні матеріали

Наведена методика дозволяє створити універсальний апарат розрахунку параметрів текстильного матеріалу при правильному виборі коефіцієнтів, що характеризують одночасно матеріал і процес, що протікає.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Методами фотограмметрії визначено параметри процесу розповсюдження рідини в текстильних матеріалах.
2. Удосконалено методику експрес аналізу, що дозволяє на початковому етапі визначити базові константи матеріалу.
3. Сформовано характеристики матеріалів, що входять складовими до перев'язувальних матеріалів.
4. Визначено основні характеристики, що визначають сорбційні властивості.
5. Визначено, що для опису процесу сорбції достатньо наявність двох параметрів: t_m – максимальний час накопичення рідини в текстильному матеріалі, параметр визначає дифузійні властивості матеріалу; t_0 – час, що відповідає максимуму на кривій накопичення, параметр визначає інтенсивність гальмування процесу проходження рідини у зв'язку з накопиченням певної концентрації в матеріалі.
6. Розроблено універсальну модель проходження рідини крізь медичні матеріали, що дозволяє визначити основні моменти водопоглинання.
7. Визначено основні параметри проходження лікарських препаратів крізь медичні матеріали.
8. Розроблено алгоритм визначення властивостей багатошарових композицій на основі експрес- характеристик окремих шарів.
9. Визначено основні характеристики текстильного матеріалу для терапевтичних ранових покриттів, який складається з текстильного матеріалу, плівки, що контролює інтенсивність проходження лікарського препарату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ріпка Г.А. Технологія виготовлення швейних виробів. Загальні поняття: Навч. посіб. з дисципліни «Технологія швейного виробництва». Сєверодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2021. 175 с.
2. Шейко В.М. Організація та методика науково-дослідної діяльності: Підручник / В.М. Шейко, Н.М. Кушнарєнко. – К.: Знання, 2012. – 295 с.
3. Пат. на корисну модель 105451 України, МПК (2006.01) G01N 25/18. Спосіб оцінки теплозахисних властивостей матеріалів і пакетів / Ріпка Г.А., Мазнєв Є.О., Воробйов О.В., Соколов В.І. № u2015 07692; СНУ ім. В. Даля, заявл. 03.08.2015; опубл. 25.03.2016. Бюл. № 6.
4. Ripka G. Analysis of everyday clothes usage conditions / Ripka G. // Commission of motorization and energetics in agriculture. Teka, Lublin university of technology. Lublin, 2017. Vol. 17. № 1. P. 21-26.
5. ДСТУ 3047-95. Тканини та вироби ткані поштучні. Класифікація та номенклатура показників якості. Чиний від 01.07.1996 р.
6. Vasil'ev G. P., Lichman V. A., Peskov N. V., Semendyaeva N. L. Numerical Modeling of Heat and Moisture Diffusion in Porous Materials. Computational Mathematics and Modeling, 2015. V. 26. Issue 4. P. 501-513.
7. Xinjin Liu, Jianli Liu, Xuzhong Su. A computational model for the sound absorption coefficients of multi-layer non-wovens. Textile Research Journal, 2015. V. 85. P. 1553-1564.
8. Xiaoyan Liu, Xinjin Liu. Numerical simulation of the three-dimensional flow field in four pneumatic compact spinning using the Finite Element Method. Textile Research Journal, 2015. V. 85. P. 1712-1719.
9. Sheng Yan Li, Bin Gang Xu, Xiao Ming Tao, Zhe Ru Chi. An intelligent computer method for automatic mosaic and segmentation of tracer fiber images for yarn structure analysis. Textile Research Journal, 2015. V. 85. P. 733-750.
10. Xinjin Liu, Xiaoyan Liu, Xuzhong Su. Theoretical study on a spinning triangle with fiber superposition. Textile Research Journal, 2015. V. 85. P.1541-1552.

11. Ковтун С.І., Власенко В.І., Мурарова А. Конструювання багат шарових текстильних матеріалів з урахуванням теплових відчуттів споживачів. Вісник Хмельницького національного університету, 2006. №3. С. 180-186.
12. Власенко В.І., Супрун Н.П. Розробка системи показників якості - основа випуску конкурентоспроможного одягу для чистих приміщень. Вісник технологічного університету Поділля, 2001. №2. С. 204-209.
13. Sailen K Chaudhuri. Taking wool into the future - Through innovations, 21 National Textile Technicians, congress. Brazil, 2004. P.187-190.
14. Weiyuan Z., Jun L., Wenfei C. & Shilong. Wetness comfort of fine polypropylene fibre fabrics. Text Inst, 1997, P. 252.
15. Власенко В.І., Ковтун С.І., Березненко Н.П. Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов. Технический текстиль, 2005. №12. С. 23-25.
16. Ковтун С.І., Супрун Н.П., Березненко М.П., Власенко В.І. Вивчення гігієнічних властивостей двошарових композиційних матеріалів медичного призначення. Вісник КНУТД, 2004. №5. С. 132-138.
17. Yoneda M., Mizuno Y., Yoneda J. Measurement of water absorption perpendicular to fabric plane in two- and multi-layered fabric systems. Textile Res. J., 1993. №29(12). P. 940-949.
18. Рябчиков М.Л., Власенко В.І., Ковтун С.І. Нестационарна модель водовбирання текстильними матеріалами по товщині. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. Луганськ:, 2009. №2 (132). С. 325-334.
19. N. Riabchykov, V. Vlasenko, S. Arabuli Linear mathematical model of water uptake perpendicular to fabric plane. Vlakna a textil, 2011. №2 Ročník 18. P. 24-29.
20. Rupp J., "Architectural Textiles: Economical And Ecological Roofing", Textile World Nonwovens. Technical Textiles, 2011. Vol.11. p115-122.
21. Technical Textiles and Nonwovens: World Market Forecasts to 2010, David Rigby Associates, Режим доступу www.davidrigbyassociates.com internet access date: (Дата звернення 01.06.2016).

22. Kang Y.K., Park C.H., Kim J, Kang T.J. “Application of Electrospun Polyurethane Web to Breathable Water-proof Fabrics”. *Fibers and Polymers*, 2007. V. 8/5. P. 564-570.
23. Holms D.A. “Waterproof Breathable Fabrics”, In: Horrocks A.R. and Anand
24. S.C. *Handbook of Technical Textiles*. The Textile Institute. Wood Head Publishing Ltd. Cambridge. England, 2000. P. 282-315.
25. Sen A.K. In “Coated Textiles: Principles & Applications”. Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, Basel, 2001. P. 133-154.
26. Hughs S.E., Valco T.D., Williford J.R. 100 Years of Cotton Production, Harvesting and Ginning Systems Engineering: 1907-2007. *Transactions of the ASABE*, 2008. V. 51 (4). P. 1187-1198.
27. Vanesa Andreu. Gracia Mendoza, Manuel Arruebo and Silvia Irusta. Smart Dressings Based on Nanostructured Fibers Containing Natural Origin Antimicrobial, *Anti-Inflammatory, and Regenerative Compounds. Materials*, 2015. №8. P. 5154- 5193.
28. Pham C. J. Greenwood, H. Cleland Bioengineered skin substitutes for the management of burns: a systematic review. *Burns*, 2007 Dec. Vol. 33, №8. P. 46-57.
29. Adamson R. Role of macrophages in normal wound healing: an overview. *J Wound Care*, 2009. Vol. 18, №8. P. 49-51.
30. J. Montalvo, T. Von Hoven, J. Rodgers. Split-replicates correlation of water content in cotton. *Textile Research Journal*, 2014, V. 84. P. 435-445.