СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра дизайну та індустрії моди

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
ІІ освітнього рівня магістр

спеціальності 182 Технології легкої промисловості

освітньої програми Технології легкої промисловості

на тему

Дослідження проникання вологи крізь текстильні матеріали

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТЛП-23дм

Уляна Морозова (підпис)
(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник к.т.н., Євген МАЗНЄВ (підпис)
(науковий ступінь, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

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

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

Київ – 2024

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра дизайну та індустрії моди

Освітній рівень магістр

Галузь знань 18 Виробництво і технології
(шифр і назва)

Спеціальність 182 Технології легкої промисловості
(шифр і назва)

освітня програма Технології легкої промисловості

З А Т В Е Р Д Ж У Ю

Завідувачка кафедри ТЛП

Галина РІПКА

«22» грудня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Морозова Уляна Дмитрівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема:
Дослідження проникання вологи крізь текстильні матеріали

спеціальне завдання:
Проведення експерименту проникнення вологи крізь поглинаючі структурні медичні матеріали

керівник роботи Мазнєв Євген Олександрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи 10.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1) наукова література
2) спеціальні матеріали
3) міжнародні та державні стандарти України
4) Інтернет-джерела, матеріали наукових конференцій, семінарів, періодичні видання

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

1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПРОЄКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЖІНОЧИХ ГОЛОВНИХ УБОРІВ

2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА ДОСЛІДЖЕННЯ

3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА ЙОГО АНАЛІЗ

5. Перелік графічного матеріалу (слайдів презентації):

Назва роботи. Мета дослідження. Методи дослідження

Характеристика властивостей перев'язувальних матеріалів

Пробна модель проходження рідин крізь текстильні матеріали

Методика побудови моделі проходження рідини крізь матеріал

Проведення експерименту та його аналіз

Загальні висновки

6. Дата видачі завдання 25.09.2024

К А Л Е Н Д А Р Н И Й П Л А Н

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

Здобувач вищої освіти _____ Уляна МОРОЗОВА
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____ Євген МАЗНЄВ
(підпис) (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Актуальність роботи. Проблема проникання вологи крізь текстильні матеріали є важливою для багатьох галузей, таких як легка промисловість, медицина, будівництво, спортивна індустрія та військова справа. Текстильні вироби повинні забезпечувати комфорт, захист, довговічність і функціональність, що значною мірою залежить від їх здатності взаємодіяти з вологою.

У медичній сфері текстильні матеріали використовуються для виготовлення перев'язувальних засобів, компресійних виробів та індивідуальних засобів захисту, де важливим є регулювання вологовідведення, проникності та утримання рідин. Невідповідність цих властивостей може призводити до дискомфорту, інфікування або зниження ефективності лікування.

В індустрії спортивного та спеціального одягу тканини повинні забезпечувати ефективне відведення вологи для підтримки терморегуляції організму, що є критичним для професійних спортсменів та працівників, які працюють у складних умовах. Низька здатність матеріалів до "дихання" або відведення вологи може знижувати продуктивність і викликати небажані наслідки, такі як перегрів або переохолодження.

Зростає попит на текстильні матеріали зі спеціальними властивостями, такими як водовідштовхувальні покриття, мембранні тканини та матеріали з гібридними структурами, які забезпечують високий рівень водонепроникності, зберігаючи водночас паропроникність. Це важливо для виробництва одягу для екстремальних умов, наметів, навісів і захисних покриттів.

Сучасні кліматичні зміни та посилення екологічних вимог також актуалізують питання дослідження вологопроникності текстильних матеріалів. Використання біорозкладних або перероблених матеріалів зі збереженням необхідних функціональних характеристик потребує додаткових досліджень.

Таким чином, дослідження проникання вологи крізь текстильні матеріали є актуальним завданням, яке спрямоване на підвищення ефективності та функціональності текстильних виробів, адаптацію їх властивостей до різних умов

експлуатації та задоволення сучасних потреб ринку. Це сприятиме вдосконаленню технологій виробництва, розробці нових матеріалів і підвищенню їх конкурентоспроможності.

Метою роботи є дослідження механізмів проникання вологи крізь текстильні матеріали, визначення впливу їх структури, складу та обробки на вологовідведення, поглинання та утримання рідини, а також розробка рекомендацій щодо вдосконалення матеріалів для забезпечення їх оптимальних експлуатаційних характеристик у різних галузях застосування.

Об'єкт дослідження. Текстильні матеріали різного складу, структури та обробки, що використовуються у виробництві одягу, медичних виробів.

Предмет дослідження. Процеси проникання вологи крізь текстильні матеріали, їх залежність від структурних параметрів, фізико-хімічних властивостей матеріалів, умов експлуатації та технологій обробки

Задачі дослідження:

- Проаналізувати сучасний стан досліджень у сфері проникання вологи крізь текстильні матеріали.
- Вивчити вплив структури волокон, пористості та капілярності на здатність матеріалів поглинати та утримувати вологу.
- Визначити залежність характеристик проникності вологи від технологій обробки текстильних матеріалів (гідрофільна, водовідштовхувальна, мембранна обробка).
- Дослідити поведінку текстильних матеріалів під впливом різних умов експлуатації (температура, вологість, механічне навантаження).
- Розробити практичні рекомендації щодо вдосконалення текстильних матеріалів для покращення їх експлуатаційних властивостей.

Методи дослідження.

Експериментальні дослідження фізико-механічних і гідрофільних властивостей текстильних матеріалів. Лабораторні випробування на проникність вологи, зокрема методи вимірювання швидкості поглинання, утримання та випаровування рідини. Оптичні та мікроскопічні методи аналізу структури матеріалів. Комп'ютерне

моделювання капілярно-дифузійних процесів у текстильних матеріалах. Статистичний аналіз отриманих даних для визначення основних закономірностей та залежностей.

Наукова новизна. Розроблено теоретичну модель проходження вологи через багатошарові текстильні структури, яка враховує капілярно-дифузійні властивості та взаємодію шарів.

Практичне значення роботи.

Результати дослідження проникання вологи крізь текстильні матеріали мають важливе практичне значення для розробки та вдосконалення матеріалів із покращеними експлуатаційними властивостями. Вони можуть бути використані в таких напрямах: Медична сфера: (розробка перев'язувальних матеріалів, компресійних виробів та підкладок для медичних застосувань, які забезпечують оптимальне вологовідведення, захист ранової поверхні та прискорення процесу загоєння), Спортивна та спеціалізована екіпіровка: **(**створення спортивного одягу, взуття та аксесуарів, які забезпечують комфорт при підвищених фізичних навантаженнях, ефективно відводять вологу та сприяють терморегуляції), Текстиль для екстремальних умов: **(**виготовлення матеріалів для використання в екстремальних умовах (робочий одяг, військова форма, туристичне спорядження), які поєднують водонепроникність із паропроникністю для збереження функціональності вологи під час дощу, високої вологості або інших несприятливих умов).

Ключові слова: текстильні матеріали, проникання вологи, капілярність, гідрофільність, поглинання, вологовідведення, структурні параметри, обробка матеріалів, мембранні тканини, фізико-хімічні властивості.

.

ЗМІСТ

стор.

ЗАВДАННЯ ……..……..... 2

АНОТАЦІЯ…….……. 4

ЗМІСТ……..... 7

ВСТУП…….. 8

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ПРОНИКАННЯ ВОЛОГИ КРІЗЬ ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ …….. 10

1.1. Аналіз сучасних підходів до вивчення проникання вологи крізь текстильні матеріали ……. 10

1.2. Інноваційні технології обробки текстильних матеріалів для регулювання вологопроникності …… 12

1.3. Використання текстильних матеріалів із контрольованою вологопроникністю в різних галузях …… 14

1.4. Вплив структури волокон, пористості та капілярності на здатність матеріалів поглинати та утримувати вологу …….…… 16

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ …….……... 20

2.1. Характеристика властивостей перев’язувальних текстильних матеріалів ……..... 20

2.2. Пробна модель проходження рідин крізь текстильні матеріали…… 24

2.3. Методика побудови моделі проходження рідини крізь матеріал …….. 28

3. РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА ЙОГО АНАЛІЗ …… 31

3.1. Експериментальні дослідження проникнення вологи крізь поглинаючі структурні медичні матеріали …….. 31

3.2. Розробка рекомендацій щодо оптимізації властивостей матеріалів для покращення їхньої функціональності у медичних застосуваннях ……. 46

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ……..……..... 49

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……. 50

ВСТУП

Текстильні матеріали відіграють важливу роль у забезпеченні комфорту, функціональності та захисту в багатьох сферах життя людини. Однією з ключових властивостей текстильних виробів є їх здатність взаємодіяти з вологою, яка впливає на експлуатаційні характеристики матеріалу та його придатність для використання в конкретних умовах.

Проникання вологи через текстиль є складним фізико-хімічним процесом, що залежить від структури матеріалу, його волокнистого складу, технологій обробки та умов експлуатації. Ця властивість визначає ефективність текстилю у створенні спортивного, медичного, захисного одягу, побутових виробів та інших текстильних продуктів, що вимагають вологовідведення, водонепроникності чи паропроникності.

У медичній сфері текстильні матеріали використовуються для виготовлення перев'язувальних засобів, компресійних виробів та захисного одягу. Їх здатність регулювати вологу є критичною для прискорення загоєння ран, забезпечення стерильності та запобігання розвитку інфекцій. Водночас спортивний одяг та екіпірування мають відводити піт, забезпечуючи терморегуляцію тіла та комфорт під час фізичних навантажень.

Сучасні виклики, такі як зміни клімату, розвиток нових технологій і зростаючий попит на екологічні матеріали, вимагають вдосконалення текстильних виробів із високими вологовідвідними та водонепроникними властивостями. Вирішення цих завдань потребує детального дослідження механізмів проникання вологи, а також створення матеріалів, що відповідають вимогам різних галузей.

Вивчення взаємодії текстилю з вологою дозволяє не лише підвищити якість та довговічність виробів, але й сприяє розвитку нових технологій у текстильній промисловості, зокрема впровадженню наноматеріалів, мембранних тканин та біополімерів. Такі інновації відкривають широкі можливості для створення матеріалів, які одночасно забезпечують комфорт, функціональність та екологічну безпеку.

Таким чином, дослідження проникання вологи крізь текстильні матеріали є важливим науковим завданням, яке спрямоване на вдосконалення властивостей текстилю, задоволення потреб сучасного ринку та підвищення його конкурентоспроможності в глобальному масштабі.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ПРОНИКАННЯ ВОЛОГИ КРІЗЬ ТЕКСТИЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

1.1. Аналіз сучасних підходів до вивчення проникання вологи крізь текстильні матеріали

Аналіз сучасних підходів до вивчення проникання вологи крізь текстильні матеріали є актуальним напрямом наукових досліджень, який поєднує фізику, хімію, матеріалознавство та технології виробництва. Розуміння механізмів проникання вологи та факторів, що впливають на цей процес, є основою для створення текстильних матеріалів із покращеними функціональними властивостями. Здатність текстильних матеріалів взаємодіяти з вологою визначає їхню ефективність у забезпеченні комфорту, теплопровідності, стійкості до впливу навколишнього середовища та інших експлуатаційних характеристик.

Проникання вологи через текстильні матеріали є складним багатофакторним процесом, що залежить від таких параметрів, як структура волокна, капілярність, пористість, гідрофільність, наявність покриттів або спеціальних обробок, товщина матеріалу та вплив зовнішніх умов. У сучасних дослідженнях широко застосовуються експериментальні, теоретичні та комп’ютерні методи для аналізу цих характеристик. Експериментальні методи включають вимірювання капілярного підняття, визначення швидкості поглинання води, аналіз утримання вологи та випаровування. Лабораторні випробування проводяться з використанням таких пристроїв, як гравіметричні аналізатори, прилади для вимірювання паропроникності, контактні кути змочування тощо.

Сучасні дослідження приділяють значну увагу вивченню впливу мікроструктури матеріалу. Використання електронної мікроскопії дозволяє аналізувати капілярні системи, оцінювати розміри пор, однорідність поверхні та взаємодію волокон із рідинами. Окрім цього, застосування спектроскопічних методів дозволяє визначати хімічні характеристики волокон і їхню здатність до утримання молекул води.

Теоретичні моделі є важливою складовою досліджень, оскільки вони допомагають зрозуміти фізичні механізми проникання вологи та передбачити поведінку матеріалів у різних умовах. Класичні моделі, такі як закон Дарсі, використовуються для опису руху рідини через пористі середовища. Однак сучасні підходи також враховують капілярно-дифузійні процеси, фазові переходи, вплив температури та тиску. Комп'ютерне моделювання є перспективним напрямом у цій сфері, оскільки воно дозволяє створювати тривимірні моделі текстильних структур і симулювати їх взаємодію з рідинами. Це значно скорочує час на розробку нових матеріалів і знижує витрати на експериментальні дослідження.

Інноваційні технології, такі як застосування наноматеріалів, мембранних покриттів і спеціальних хімічних обробок, відкривають нові можливості для регулювання вологовідвідних властивостей текстилю. Наноматеріали, наприклад, дозволяють створювати текстиль із контрольованою гідрофобністю або гідрофільністю, що залежить від потреб споживача. Мембранні тканини забезпечують водонепроникність і водночас високий рівень паропроникності, що є важливим для спортивного одягу та екіпіровки для екстремальних умов.

Дослідження також акцентують увагу на зміні властивостей текстильних матеріалів у процесі експлуатації. Знос, забруднення, прання та вплив зовнішніх факторів, таких як ультрафіолетове випромінювання або хімічні реагенти, можуть суттєво впливати на здатність матеріалу взаємодіяти з вологою. У цьому контексті важливим є розробка методик прогнозування змін характеристик текстилю протягом його життєвого циклу.

Застосування отриманих знань про проникання вологи крізь текстильні матеріали є надзвичайно широким. У медичній сфері вони використовуються для створення перев'язувальних матеріалів, які забезпечують ефективне вологовідведення та комфорт для пацієнта. У спортивній індустрії такі дослідження сприяють розробці одягу, що дозволяє підтримувати оптимальний мікроклімат тіла навіть під час інтенсивних фізичних навантажень. Водночас побутовий текстиль із покращеними вологовідвідними властивостями сприяє підвищенню комфорту та довговічності виробів.

Таким чином, сучасні підходи до вивчення проникання вологи крізь текстильні матеріали базуються на інтеграції експериментальних досліджень, теоретичних моделей і новітніх технологій. Ці дослідження є основою для створення матеріалів із заданими характеристиками, що відповідають вимогам різних галузей, та сприяють розвитку текстильної промисловості в напрямку інновацій та сталого розвитку.

1.2. Інноваційні технології обробки текстильних матеріалів для регулювання вологопроникності

Регулювання вологопроникності текстильних матеріалів є важливим завданням, яке визначає їх функціональність у різних сферах застосування. Інноваційні технології обробки спрямовані на створення текстилю, здатного ефективно взаємодіяти з вологою, забезпечуючи комфорт, захист і довговічність. Одним із ключових напрямів таких технологій є впровадження спеціальних хімічних і фізичних методів, що дозволяють змінювати властивості матеріалів на мікро- та нанорівні.

Серед найпоширеніших інноваційних підходів виділяють мембранні технології, що забезпечують високу паропроникність при одночасній водонепроникності. Мембрани створюються на основі полімерних матеріалів, таких як поліуретан, поліпропілен або фторполімери. Вони працюють за принципом різниці в розмірах молекул водяної пари та рідини, що дозволяє парі вільно проходити крізь матеріал, тоді як краплі води блокуються. Такий текстиль активно використовується для створення спортивного та туристичного одягу, захисних костюмів, а також у медицині, де важливі стерильність і контроль вологовідведення.

Ще одним перспективним напрямом є застосування нанотехнологій для модифікації поверхні текстильних волокон. Наноматеріали, такі як оксиди металів (титану, цинку) або вуглецеві нанотрубки, дозволяють значно змінити гідрофільні або гідрофобні властивості текстилю. Завдяки цьому створюються матеріали, які

можуть ефективно поглинати або відштовхувати вологу залежно від поставлених задач. Нанопокриття також сприяють підвищенню стійкості матеріалів до зношування, ультрафіолетового випромінювання та мікробного ураження, що є важливим для їх тривалого використання в екстремальних умовах.

Іншою інновацією є використання плазмових технологій для модифікації текстилю. Плазмова обробка дозволяє змінювати поверхневу енергію волокон, надаючи їм гідрофільних або гідрофобних властивостей без використання додаткових хімічних речовин. Цей метод є екологічно безпечним, оскільки не вимагає застосування води або токсичних реагентів, і дозволяє створювати функціональні текстильні матеріали для широкого спектра застосувань.

Важливим напрямом є розробка багатофункціональних текстильних матеріалів, які поєднують у собі здатність до контролю вологовідведення з іншими корисними властивостями. Наприклад, інтеграція фазозмінних матеріалів у структуру текстилю дозволяє не лише регулювати вологу, але й підтримувати комфортну температуру, акумулюючи або віддаючи тепло залежно від умов експлуатації. Такі матеріали використовуються у виробництві одягу для зимових видів спорту, термобілизни та медичних виробів.

Особливу увагу привертає створення біорозкладних текстильних матеріалів із регульованою вологопроникністю. В умовах зростаючої екологічної свідомості такі матеріали розробляються на основі натуральних волокон, модифікованих спеціальними біополімерами, які забезпечують їхню функціональність і безпеку для навколишнього середовища. Такі матеріали знаходять застосування у виробництві перев’язувальних засобів, одноразового одягу для медицини та екологічного пакування.

Розвиток інноваційних технологій також охоплює цифрове моделювання та прогнозування поведінки текстильних матеріалів за різних умов. Використання комп'ютерних моделей дозволяє ще на етапі проєктування визначити оптимальні параметри матеріалів, такі як товщина, щільність переплетення, розмір пор, для забезпечення необхідного рівня вологопроникності.

Поряд із технологіями модифікації, важливим аспектом є розробка нових

методів випробування текстильних матеріалів для оцінки їхньої здатності до проникання вологи. Вдосконалення таких методів дозволяє більш точно визначати ефективність нових технологій обробки та забезпечувати високу якість кінцевих виробів.

Таким чином, інноваційні технології обробки текстильних матеріалів для регулювання вологопроникності спрямовані на створення функціональних, екологічно безпечних і довговічних виробів. Вони відкривають широкі можливості для впровадження нових рішень у виробництво текстильних виробів, що відповідають сучасним вимогам комфорту, захисту та екологічності.

1.3. Використання текстильних матеріалів із контрольованою вологопроникністю в різних галузях

Текстильні матеріали з контрольованою вологопроникністю відіграють важливу роль у різних галузях завдяки своїм унікальним властивостям, що забезпечують комфорт, захист і функціональність. Здатність текстилю регулювати вологу залежно від потреб користувача чи умов експлуатації дозволяє значно підвищити ефективність та зручність виробів, виготовлених із таких матеріалів.

Важливим напрямом застосування текстильних матеріалів із контрольованою вологопроникністю є спортивна індустрія. Одяг для спортсменів повинен забезпечувати ефективне відведення поту, що сприяє підтриманню температурного балансу тіла під час інтенсивних фізичних навантажень. Такі властивості забезпечуються за рахунок використання матеріалів із гідрофільною або капілярною структурою, які поглинають вологу з поверхні шкіри та виводять її на зовнішній шар для випаровування. Інноваційні технології, такі як мембранні тканини або матеріали з покриттями на основі наноматеріалів, дозволяють створювати екіпіровку, яка поєднує вологовідвідність із водонепроникністю, що особливо важливо для використання у складних погодних умовах.

У медичній сфері текстильні матеріали з контрольованою вологопроникністю знаходять широке застосування у виготовленні

перев’язувальних засобів, компресійного одягу та підкладок для медичних апаратів. Їхня здатність регулювати рівень вологості на поверхні шкіри є критично важливою для попередження мацерації тканин, зменшення ризику інфекцій та забезпечення оптимального мікроклімату в рановій зоні. Наприклад, перев’язувальні матеріали з багатошаровою структурою, що мають гідрофобний зовнішній шар і гідрофільний внутрішній, забезпечують захист від зовнішньої вологи та ефективно відводять ексудат із рани. Це сприяє пришвидшенню загоєння та підвищенню комфортності для пацієнтів.

Захисний одяг і екіпірування для працівників у складних умовах експлуатації також широко використовують текстиль із регульованою вологопроникністю. Для робочого одягу, який застосовується в умовах високої вологості, високих або низьких температур, важливим є поєднання водонепроникності з паропроникністю. Такі властивості дозволяють уникнути накопичення вологи всередині одягу, що забезпечує комфорт і знижує ризик перегрівання або переохолодження. Наприклад, у військовій формі та туристичному спорядженні застосовують мембранні тканини, які блокують проникнення дощу та снігу, але дозволяють пароподібній волозі, що виділяється тілом, виходити назовні.

Побутовий текстиль, зокрема постільна білизна, рушники, меблеві оббивки, також виготовляється з матеріалів, що мають контрольовані вологовідвідні властивості. Постільна білизна з матеріалів, що швидко поглинають і випаровують вологу, забезпечує комфортний мікроклімат під час сну, знижує ризик розвитку бактерій і грибків, а також сприяє продовженню терміну експлуатації виробів. У меблевих оббивках із текстилю з водовідштовхувальним покриттям забезпечується захист від випадкових забруднень та вологи, що важливо для тривалого збереження їх зовнішнього вигляду.

Текстильні матеріали з регульованою вологопроникністю також застосовуються у виробництві продукції для дітей, зокрема підгузків, одягу та постільної білизни. Ці вироби повинні забезпечувати максимальний комфорт для шкіри, запобігати подразненням та утримувати вологу подалі від тіла.

Використання багатошарових матеріалів із високою сорбційною здатністю є ключем до створення дитячих виробів із підвищеними гігієнічними властивостями.

Окремо варто зазначити застосування текстильних матеріалів у сфері екологічних рішень, наприклад, у створенні фільтрувальних тканин або матеріалів для утримання вологи в сільськогосподарських технологіях. Фільтрувальні тканини, що регулюють проникність води та повітря, застосовуються для очищення води, вентиляційних систем і промислових процесів. У сільському господарстві текстиль із високою здатністю до поглинання й утримання вологи використовується для створення субстратів, що покращують збереження вологи в ґрунті, зменшують втрати води та сприяють раціональному використанню ресурсів.

Інноваційні підходи до створення текстилю з регульованими вологовідвідними властивостями включають впровадження нанотехнологій, використання біополімерів та розробку матеріалів із змінними функціональними властивостями. Наприклад, створення розумних текстильних матеріалів, здатних реагувати на зміну рівня вологості чи температури, відкриває нові можливості для розвитку виробів, які адаптуються до потреб користувача в реальному часі.

Таким чином, текстильні матеріали з контрольованою вологопроникністю є важливим компонентом сучасного життя, забезпечуючи комфорт, ефективність і захист у різних галузях. Їх розвиток та вдосконалення сприяють вирішенню широкого спектра завдань у медицині, спорті, побуті та промисловості, а також відкривають перспективи для нових інноваційних застосувань.

1.4. Вплив структури волокон, пористості та капілярності на здатність матеріалів поглинати та утримувати вологу

Вплив структури волокон, пористості та капілярності на здатність текстильних матеріалів поглинати та утримувати вологу є однією з основних характеристик, що визначає їх експлуатаційні властивості. Ці фактори суттєво

впливають на функціональність матеріалів у різних сферах, таких як спортивний одяг, медичні перев'язувальні засоби, виробництво одягу для специфічних умов, а також текстильні матеріали для побутового використання. Важливість цих властивостей обумовлена необхідністю створення матеріалів, які здатні ефективно взаємодіяти з вологою, забезпечуючи комфорт та захист користувача в різноманітних умовах.

Одним із найважливіших аспектів є структура волокон текстильного матеріалу, яка визначає його здатність до поглинання вологи. Волокна текстильних матеріалів можуть бути як природними, так і синтетичними, і їхня структура значною мірою впливає на їх взаємодію з водою. Природні волокна, такі як бавовна, льон чи вовна, здатні поглинати вологу завдяки своїм гігроскопічним властивостям, що обумовлені наявністю гідрофільних груп, які утримують молекули води. Зокрема, бавовна здатна поглинати вологу в обсязі до 20% від своєї ваги, завдяки чому вона використовується в одязі для літніх місяців або в медичних перев'язувальних матеріалах. Волокна, що мають природну пористість, здатні вбирати вологу з навколишнього середовища і утримувати її в своїй структурі, що дозволяє матеріалу зберігати певний рівень комфорту для користувача, особливо в умовах високої вологості або потовиділення.

Синтетичні волокна, такі як поліестер, нейлон або акрил, мають інші властивості, що стосуються взаємодії з вологою. Вони, зазвичай, менш гігроскопічні, оскільки не мають природних гідрофільних груп, які б сприяли поглинанню води. Синтетичні матеріали часто використовуються для створення тканин, які мають водовідштовхувальні властивості або для тих, які не потребують значного поглинання вологи, наприклад, для верхнього одягу або для виготовлення мембранних матеріалів. Проте, завдяки сучасним технологіям модифікації, синтетичні волокна можуть бути оброблені таким чином, щоб покращити їх здатність до вбирання вологи, наприклад, за допомогою спеціальних покриттів або застосування нанотехнологій.

Не менш важливою характеристикою є пористість матеріалу, оскільки вона безпосередньо впливає на його здатність утримувати вологу. Пористість

текстильних матеріалів визначається кількістю і розмірами пор в структурі тканини. Це залежить від типу волокон, щільності плетіння та способу обробки матеріалу. Матеріали з високою пористістю здатні утримувати більший обсяг води або водяної пари, що робить їх корисними для створення тканин, які використовуються в умовах високої вологості або для медичних перев'язувальних засобів. Водночас, висока пористість може знижувати міцність матеріалу і його здатність утримувати форму, що важливо враховувати при виборі матеріалу для конкретних застосувань.

Крім того, пористість також впливає на швидкість поглинання вологи. Матеріали з великими порами можуть швидко поглинати вологу, але також швидше її втрачають. У той час як матеріали з дрібнішими порами, навпаки, можуть утримувати вологу довше, але й процес поглинання буде більш поступовим. Вибір між такими матеріалами залежить від конкретної мети використання, наприклад, для спортивного одягу важлива швидкість виведення вологи, а для медичних виробів важливіші властивості утримання вологи для забезпечення комфортного загоєння ран.

Крім пористості, на здатність матеріалу поглинати і утримувати вологу значно впливає капілярність. Капілярні сили дозволяють воді проникати всередину волокна або матеріалу, навіть проти сили тяжіння. Це явище особливо важливе для тканин, що використовуються для медичних та гігієнічних цілей. Наприклад, для тканин, які використовуються в бандажах чи перев'язувальних матеріалах, важливо, щоб матеріал був здатний ефективно поглинати рідини, що виділяються з рани, і сприяти їх розподілу по всій поверхні. Такий механізм поглинання забезпечує швидке всмоктування вологи та запобігає її накопиченню на поверхні тканини, що допомагає уникнути інфекційних ускладнень і прискорює процес загоєння.

У спортивному текстилі капілярність також відіграє важливу роль. Тканини з високою капілярною активністю здатні швидко відводити піт від тіла користувача, що допомагає підтримувати оптимальну температуру і комфорт під час фізичних навантажень. Такий текстиль швидко виводить вологу на поверхню

тканини, де вона випаровується, не накопичуючи вологу на тілі. Це дозволяє спортсменам залишатися сухими і знижує ризик перегріву чи розвитку мікробних інфекцій.

Ще одним важливим аспектом, що визначає здатність матеріалу утримувати вологу, є його обробка та модифікація. Сучасні методи обробки тканин, такі як водовідштовхувальні покриття, мембранні технології та використання наноматеріалів, дозволяють створювати матеріали, які мають унікальні властивості в контексті вологовідведення та утримання вологи. Наприклад, водовідштовхувальні покриття не дозволяють волозі проникати всередину матеріалу, створюючи ефект водонепроникності, що важливо для верхнього одягу або одягу, призначеного для дощових умов. У той же час мембранні матеріали дозволяють виводити водяну пару зсередини, що робить такі тканини ідеальними для спортивного одягу, який має забезпечувати комфорт при інтенсивних фізичних навантаженнях.

Загалом, вплив структури волокон, пористості та капілярності на здатність текстильних матеріалів поглинати та утримувати вологу є важливим аспектом у створенні матеріалів для різних застосувань. Вивчення цих факторів дає можливість розробляти текстильні вироби з покращеними властивостями, що відповідають вимогам сучасного ринку і специфічним умовам експлуатації. Крім того, це дозволяє вдосконалювати технології обробки матеріалів, що сприяє розвитку інноваційних рішень у текстильній промисловості.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Характеристика властивостей перев'язувальних текстильних матеріалів

Характеристика властивостей перев'язувальних текстильних матеріалів включає оцінку їхніх фізико-механічних, хімічних, біологічних та експлуатаційних характеристик. Ці матеріали використовуються у медичних цілях для захисту, лікування ран та підтримання стерильності, тому їхні властивості мають відповідати суворим вимогам.

Основні властивості перев'язувальних текстильних матеріалів

1. Абсорбційні властивості

- Здатність поглинати вологу, рідину (кров, лімфу) є однією з найважливіших характеристик. Тканини мають забезпечувати швидке вбирання рідини, не допускаючи її зворотного виділення, що запобігає розвитку інфекцій і підтримує сухість у зоні контакту.
- Бавовняні та віскозні матеріали зазвичай мають високу абсорбційну здатність, тоді як синтетичні волокна (наприклад, поліестер) потребують спеціальної обробки для покращення цієї властивості.

2. Повітропроникність

- Забезпечення газообміну між раною та зовнішнім середовищем є важливим для швидкого загоєння. Матеріали мають бути достатньо повітропроникними, щоб уникнути мацерації тканин та створення умов для розмноження бактерій.
- Перев'язувальні матеріали з відкритою структурою (наприклад, марля) добре пропускають повітря.

3. Механічна міцність

- Матеріали повинні мати високу міцність, щоб витримувати механічний вплив під час застосування, зберігати свою цілісність при маніпуляціях, а також витримувати стерилізацію.
- Важливо, щоб тканина не розривалася та не залишала волокон у рані.

4. Еластичність

- Перев’язувальні матеріали повинні мати певний рівень еластичності, щоб адаптуватися до форми тіла, не викликаючи дискомфорту. Для досягнення цієї властивості часто використовуються матеріали з додаванням синтетичних еластомерів.

5. Стерильність

- Всі перев’язувальні матеріали мають бути стерильними або легко піддаватися стерилізації. Ця властивість забезпечує зниження ризику інфікування та забезпечує безпеку для пацієнта.
- Натуральні волокна (наприклад, бавовна) легко стерилізуються парою чи радіаційним методом.

6. Біосумісність

- Матеріали повинні бути гіпоалергенними та не викликати подразнення шкіри або інших побічних реакцій.
- Часто використовуються бавовняні та віскозні волокна, оскільки вони мають високу біосумісність.

7. Гідрофільність та гідрофобність

- Залежно від призначення матеріалу, можуть використовуватися гідрофільні тканини для абсорбції рідини або гідрофобні для забезпечення водонепроникності.

8. Антибактеріальні властивості

- Сучасні перев’язувальні матеріали часто обробляються спеціальними антибактеріальними компонентами (наприклад, сріблом, хлоргексидином), щоб знижувати ризик розвитку інфекцій.
- Полімерні плівки з антибактеріальними покриттями також застосовуються як зовнішній шар.

9. Стійкість до стерилізації

- Матеріали мають зберігати свої властивості після обробки хімічними, температурними чи радіаційними методами стерилізації.

Класифікація перев’язувальних матеріалів за властивостями

1. За призначенням:

- Первинні: матеріали, що контактують безпосередньо з раною (марля, неткані матеріали).
- Вторинні: використовуються для фіксації первинних матеріалів (еластичні бинти, стрічки).

2. За структурою:

- Ткані: марля, бинти з бавовняних або віскозних ниток.
- Неткані: матеріали, виготовлені методом термоскріплення або спанбонду.

3. За функціональністю:

- Абсорбуючі: забезпечують всмоктування рідини.
- Бар'єрні: створюють захисний шар від зовнішніх факторів.
- Антисептичні: з вмістом антибактеріальних компонентів.

Перспективи вдосконалення властивостей

Інноваційні технології дозволяють покращувати характеристики перев'язувальних матеріалів:

- Використання наноматеріалів для підвищення міцності та антибактеріальних властивостей.
- Застосування інтелектуальних матеріалів, які змінюють свої властивості під впливом температури або вологості, дозволяючи ефективніше загоювати рани.
- Розробка матеріалів із біорозкладних волокон, що зменшує екологічний вплив.
- Інтеграція гідрогелів для регулювання вологості рани.

Сучасні перев'язувальні текстильні матеріали відповідають високим стандартам завдяки багатофункціональності та адаптації до різноманітних медичних потреб. Вони продовжують удосконалюватися відповідно до зростаючих вимог до безпеки, комфорту та екологічності.

Сучасні перев'язувальні засоби для лікування хронічних ран мають відповідати ряду вимог, що спрямовані на забезпечення ефективного лікування, комфорту пацієнта та попередження ускладнень. Основна мета таких засобів –

створення сприятливого мікроклімату в зоні рани, який сприяє загоєнню, а також захист від зовнішніх факторів. До них пред'являються вимоги щодо функціональності, біосумісності, гігієнічності та адаптивності (рис. 2.1).

Рис. 2.1. Клінічне застосування інтерактивних пов'язок [3]

Перев’язувальні матеріали повинні забезпечувати оптимальну вологість у зоні рани, яка є важливою для прискорення регенеративних процесів і попередження утворення струпів. Водночас вони мають запобігати надмірному накопиченню рідини, щоб уникнути мацерації шкіри навколо рани. Це досягається завдяки використанню матеріалів з високою абсорбційною здатністю або гідрогелевих покриттів.

Стерильність є обов’язковою вимогою до перев’язувальних засобів. Вони повинні забезпечувати захист рани від інфекцій, перешкоджаючи проникненню бактерій та інших патогенів. У зв’язку з цим часто використовуються антимікробні покриття з додаванням срібла, хлоргексидину або інших бактерицидних компонентів. Такі засоби мають бути безпечними для пацієнта, не викликати алергічних реакцій та подразнень, що вимагає їхньої повної біосумісності.

Одним із ключових критеріїв є повітропроникність. Перев’язувальні засоби мають забезпечувати доступ кисню до рани, що сприяє метаболічним процесам у клітинах і стимулює загоєння. Водночас вони мають залишатися бар’єром для забруднень та підтримувати цілісність поверхні.

с Матеріали повинні зберігати свої властивості після багаторазової обробки та не втрачати функціональності в процесі експлуатації. Це є особливо актуальним для засобів, які застосовуються в умовах довготривалого лікування (рис. 2.2).

Рис. 2.2. Використання нановолокнистих ранових покриттів [3]

Перев’язувальні матеріали для хронічних ран також мають враховувати естетичні та психологічні аспекти. Вони повинні бути максимально непомітними, щоб забезпечувати комфорт пацієнта в соціальному середовищі. Крім того, їхня структура та зовнішній вигляд мають сприяти почуттю безпеки й довіри до засобу.

Вимоги до сучасних перев’язувальних засобів постійно удосконалюються відповідно до новітніх технологій та потреб медичної практики. Інноваційні розробки, такі як використання наноматеріалів, гідрогелів, інтелектуальних тканин та біорозкладних матеріалів, дозволяють створювати перев’язувальні засоби, які відповідають найвищим стандартам ефективності та безпеки.

2.2. Пробна 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. 2.3.

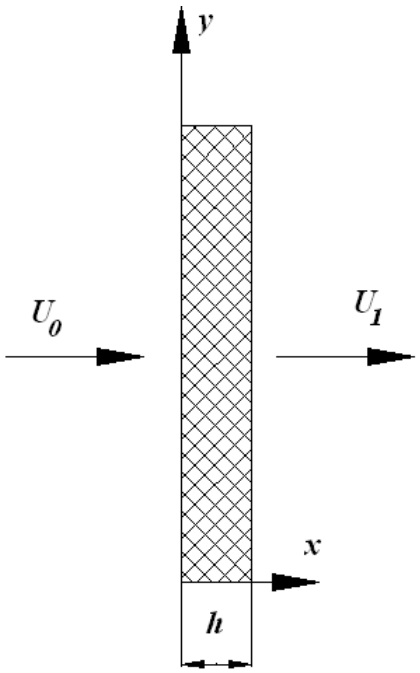


Рис. 2.3. Загальна модель проходження рідини крізь текстильні матеріали

На початковому етапі будемо вважати шукану функцію *U* незалежною від вертикальної координати. Будемо вважати відомою зовнішні фактори *U0*. Вважаємо важливим шуканим експлуатаційним параметром внутрішнє значення параметру *U1* (вологість).

Зміна вологості в різні моменти часу для кількості десяти членів ряду наведена на рис. 2.4.

Наближена модель проходження рідин крізь текстильні матеріали дозволяє описати та прогнозувати процес взаємодії рідини з пористою структурою тканини. Цей процес є складним і залежить від фізико-хімічних характеристик матеріалу, властивостей рідини, а також зовнішніх умов, таких як тиск, температура і навантаження.

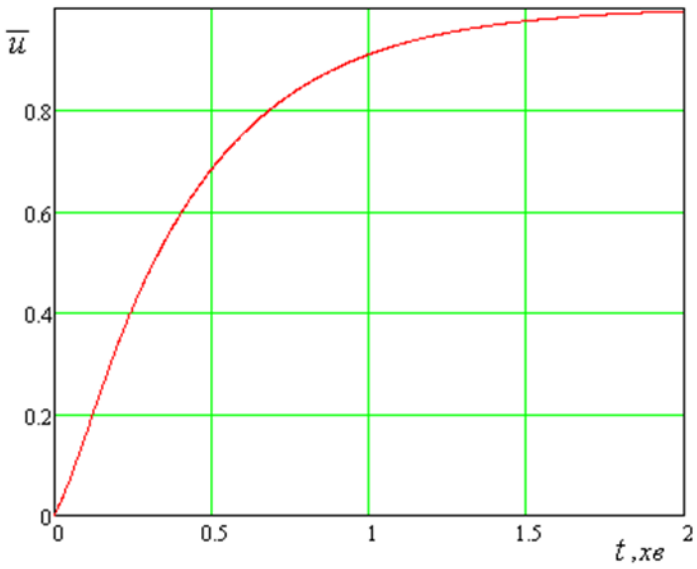


Рис. 2.4. Середнє значення вологості за товщиною

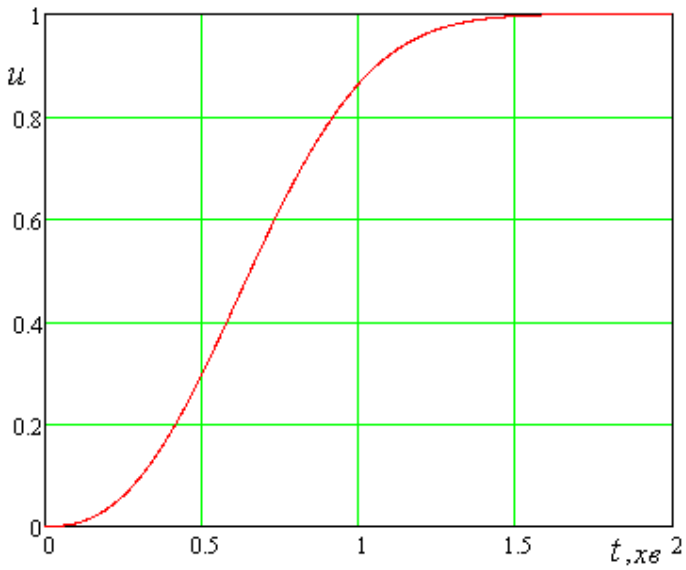


Рис. 2.5. Крива накопичення вологи в матеріалі

Текстильний матеріал можна розглядати як пористе середовище, що складається з волокон, ниток і пор, через які рідина рухається. Рідина, проникаючи в текстиль, проходить кілька стадій:

1. Всмоктування поверхнею: на перших етапах контакт рідини з текстилем визначається змочуванням, яке залежить від гідрофільності або гідрофобності волокон.
2. Поглинання в пори: рідина проникає в капілярні простори, утворені

волокнами та нитками. Цей етап підпорядковується законам капілярного підняття.

3. Розподіл по структурі: після проникнення в пори рідина поширюється під впливом сил адгезії, когезії та гравітації.

Основні параметри моделі

1. Капілярний тиск: Важливу роль відіграє капілярний тиск, який залежить від розміру пор, їхньої форми та поверхневого натягу рідини. Він описується рівнянням Лапласа:

$$\text{Pc} = \frac{2\gamma cos\theta}{\text{r}}, \quad (1)$$

де Pc – капілярний тиск, γ – поверхневий натяг рідини, θ – кут змочування, r – радіус капіляра.

2. Коефіцієнт проникності текстильного матеріалу визначається його проникністю, яка залежить від пористості структури та розмірів волокон. Для оцінки використовують закон Дарсі:

$$Q = \frac{kA\Delta P}{\mu \text{L}} \quad (2)$$

де Q – об'ємний потік рідини, k – коефіцієнт проникності, A – площа перерізу, ΔP – перепад тиску, μ – в'язкість рідини, L – товщина матеріалу.

3. Гідрофільність матеріалу: змочуваність визначає швидкість і глибину проникнення рідини. Гідрофільні матеріали поглинають рідину швидше, тоді як гідрофобні створюють бар'єр, зменшуючи проникність.
4. Динаміка поширення рідини: розподіл рідини всередині текстилю моделюється за допомогою рівнянь масопереносу, які враховують капілярні ефекти, адсорбцію на поверхні волокон та випаровування.

Фактори, що впливають на проходження рідини:

- Пористість: збільшення пористості сприяє швидшому проходженню рідини.
- Розмір і форма пор: вузькі пори сприяють капілярному підняттю, тоді як широкі полегшують потік.
- Матеріал волокон: гідрофільні волокна, такі як бавовна, активно поглинають рідини, тоді як синтетичні (поліестер, нейлон) можуть бути гідрофобними.
- Обробка поверхні: просочення текстилю спеціальними речовинами (наприклад, тефлоном або гідрофільними полімерами) може змінювати його взаємодію з рідинами.
- В'язкість рідини: менш в'язкі рідини легше проникають у структуру тканини.

Для опису процесу проходження рідин застосовують комбіновані моделі, що враховують капілярні ефекти, гідродинаміку та поверхневі взаємодії. Зокрема:

- Капілярно-пористі моделі: використовуються для передбачення абсорбції рідин тканинами.
- Комп'ютерні симуляції: дозволяють візуалізувати розподіл рідини в структурі текстилю.
- Емпіричні підходи: передбачають експериментальне визначення ключових параметрів.

Ці моделі широко застосовуються в розробці текстильних матеріалів для медичних, технічних і побутових потреб, таких як перев'язувальні матеріали, фільтри, водонепроникний одяг або абсорбуючі вироби. Врахування фізичних, хімічних і механічних властивостей дозволяє створювати тканини з оптимальними характеристиками для взаємодії з рідинами.

2.3. Методика побудови моделі проходження рідини крізь матеріал

Як вже було зазначено, для розв’язання задачі поглинання за товщиною бажано розв’язати рівняння дифузії. Вище було показано, що методи розв’язку таких рівнянь дуже громіздкі, використання їх в реальних інженерних задачах знаходиться під великим питанням. Між тим треба враховувати, що товщини матеріалів, що досліджуються, досить малі. Розповсюдження вологи в них

приблизно можна вважати лінійним. В цих умовах можна визначити чотири можливі етапи процесу проходження рідини крізь матеріал (Рис. 2.6). На всіх етапах вважаємо концентрацію рідини на поверхні, що змочується 100%.

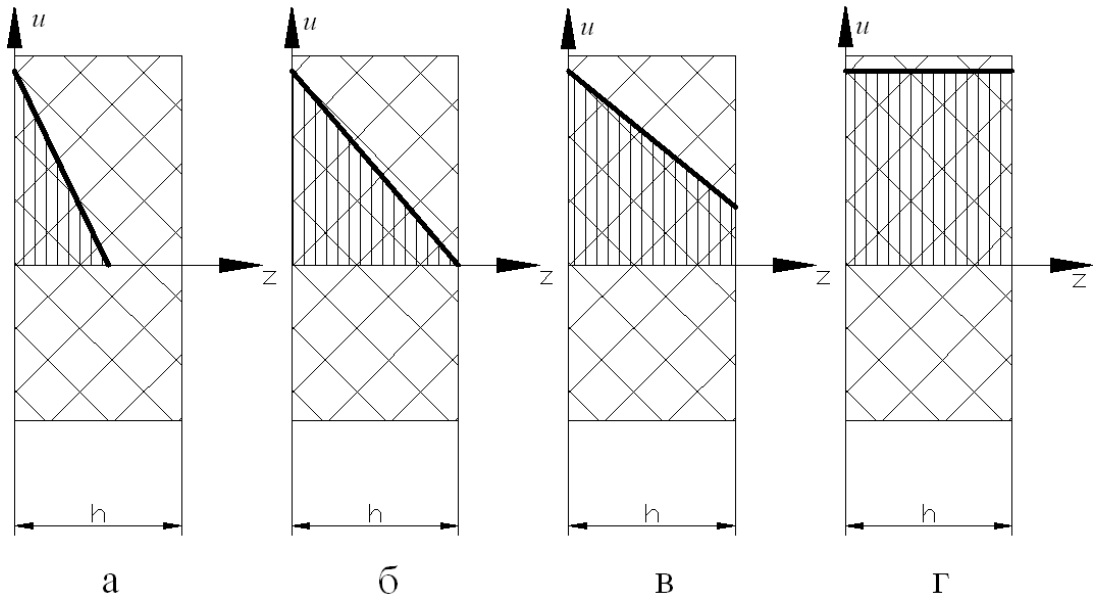


Рис. 2.6. Етапи проходження рідини крізь матеріал

Перший етап (рис. 2.6, а) відзначає поступове проходження вологи крізь матеріал. Концентрація вологи в матеріалі визначається лінійною залежністю. Середня концентрація вологи в матеріалі визначається, як площа закресленої фігури, що уявляє з себе трикутник. Введемо додаткові означення:

u1 – концентрація вологи на зовнішній поверхні. Для зовнішнього шару матеріалу u1=1

u2 – концентрація вологи на внутрішній поверхні. Експериментально визначити досить складно. Однак ця концентрація є визначальною, що характеризує комфортність особи, яка використовує матеріал.

Другий етап (рис. 2.6, б) визначає досягнення вологою внутрішньої поверхні матеріалу. Загальна концентрація визначається площею трикутника (закреслена фігура). Умова визначає час досягнення вологою внутрішньої поверхні матеріалу.

Після досягнення цього часу волога починає концентруватися на внутрішній поверхні (рис. 2.6, в). Загальна концентрація знаходиться, як площа трапеції:

$$u = \frac{\mathrm{u1}+u2}{2} \quad (3)$$

Граничну комфортну концентрацію bo (від boundary – граничний) бажано визначати методом експертних оцінок для певної кількості споживачів, або виходячи з санітарно-гігієнічних вимог. Для цієї граничної величини можна знайти відповідний граничний час комфортного перебування.

Залежність для різних рівнів комфортної концентрації наведена на рис. 2.7.

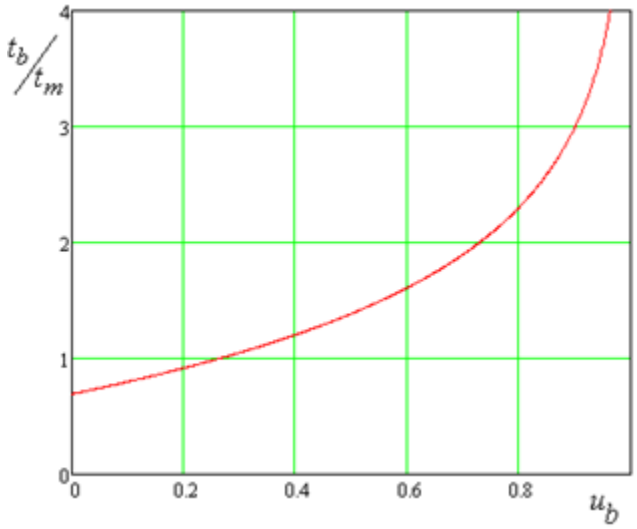


Рис. 2.7. Знаходження часу функціонування від різних параметрів концентрації

Дані результати можна використовувати для прогнозування часу використання виробу з даного матеріалу. При цьому умовою закінчення експлуатації може бути досягнення вологою границі матеріалу або досягнення концентрації вологи граничного значення.

РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ТА ЙОГО АНАЛІЗ

3.1. Експериментальні дослідження проникнення вологи крізь поглинаючі структурні медичні матеріали

Для проведення експериментів обиралися такі матеріали: медична вата згідно Міждержавного стандарту 5556-91 «Вата медична гігроскопічна», при цьому визначалися властивості вати, виготовленої з бавовни і льону, медичний алігнин, застосовуваний в якості перев'язувального матеріалу замість вати згідно Міждержавного стандарту 12923-82, стерильні перев'язувальні медичні пакети, призначені для надання само- і взаємодопомоги при пораненнях і опіках згідно Міждержавного стандарту 1179-93, ватно-марлеві медичні вироби: подушечки і стрічку, які призначаються для перев'язки ран і опіків згідно Міждержавного стандарту 22379-93. Загальна схема випробування наведена на Рис. 3.1.

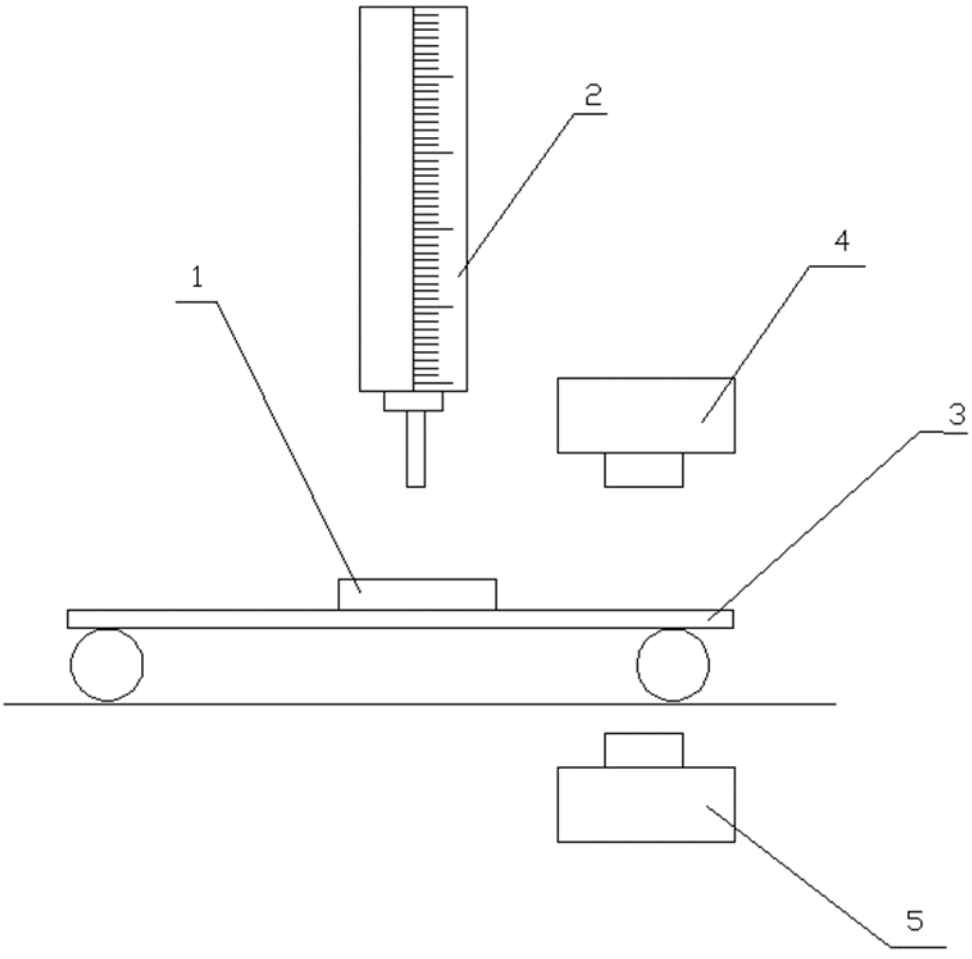


Рис. 3.1. Схема проведення експерименту

Процес експерименту включає закріплення зразка матеріалу 1 на прозорому експериментальному столі 3, що має змогу переміщуватись. Дозатор 2 подає досліджувану рідину в заданому обсязі на досліджуваний матеріал. Процес розповсюдження рідини фіксується двома камерами 4, 5.

На основі схеми розроблена експериментальна промислова установка для масових досліджень матеріалів (Рис. 3.2).

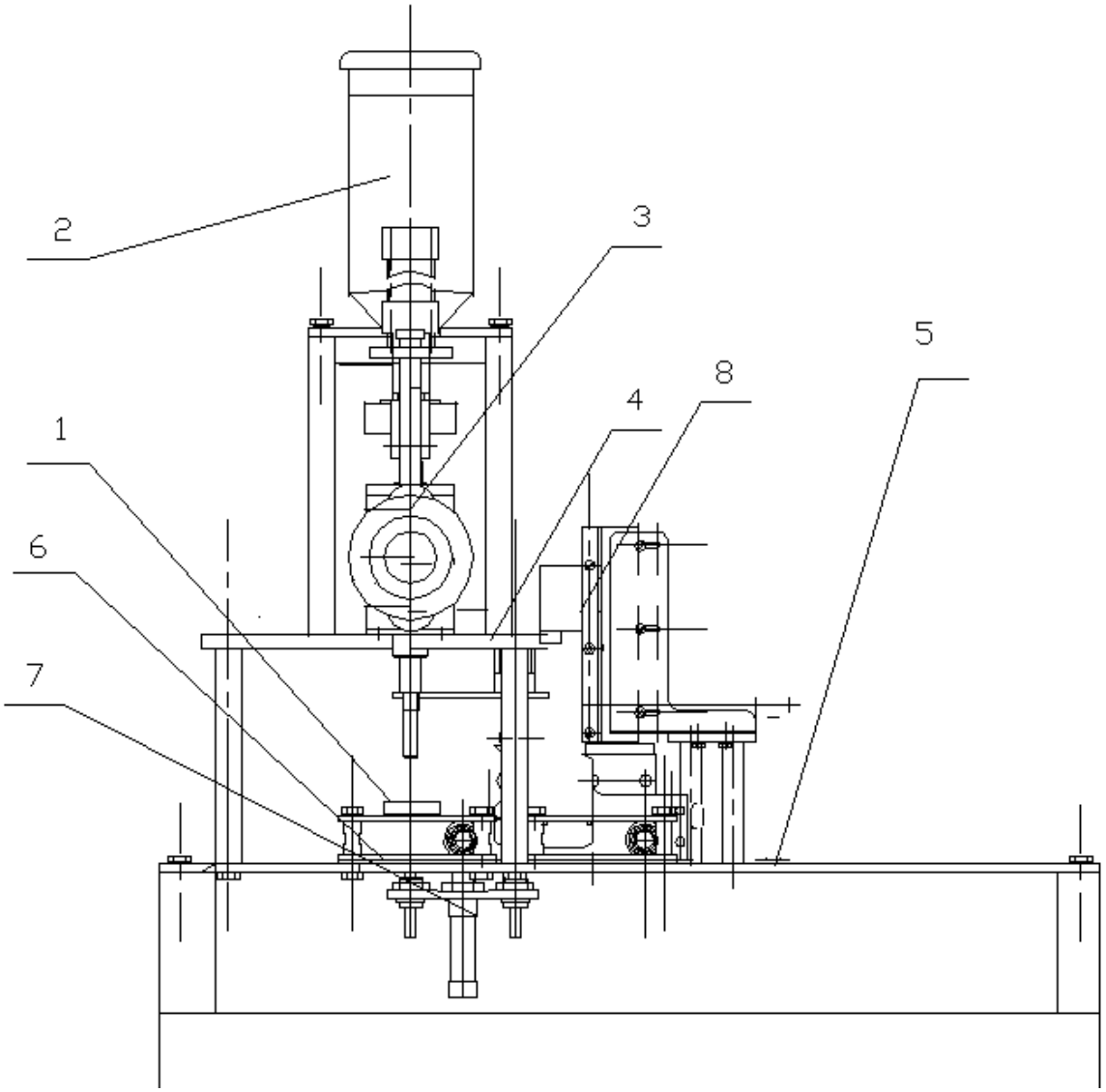


Рис. 3.2. Експериментальна установка для масових досліджень

В такій установці закріплюється експериментальний зразок 1. Рідина зберігається в сосуді 2 і подається дозатором 3. Дозатор встановлено на кронштейні 4, що закріплений на робочому столі 4. Експериментальний зразок може переміщуватись за допомогою пристрою 6, параметри розповсюдження рідини

фіксуватися за допомогою нижньої 7 і верхньої 8 камер.

Для експерименту вибиралися зразки різної товщини (рис. 3.3-3.6).

Рис. 3.3. Зразок товщиною 2 мм

Рис. 3.4. Зразок товщиною 5 мм

Рис. 3.5. Зразок товщиною 7 мм

Рис. 3.6. Зразок, товщиною 10 мм

Була зроблена спроба визначення розповсюдження рідини всередині матеріалу методом його розділення (Рис. 3.7). Такого роду дослідження провести досить важко у зв’язку з продовженням процесу розповсюдження з одночасним порушенням вісі симетрії зразку.

Рис. 3.7. Визначення розповсюдження рідини всередині матеріалу

Були проведені дослідження динаміки зміни розповсюдження рідини на прямому і зворотному боці зразків (3.8-3.9).

Для кожного зразку на протязі часу експерименту визначалися розміри розтікання рідини на прямому та зворотному боках. Результати наведені на Рис. 3.10

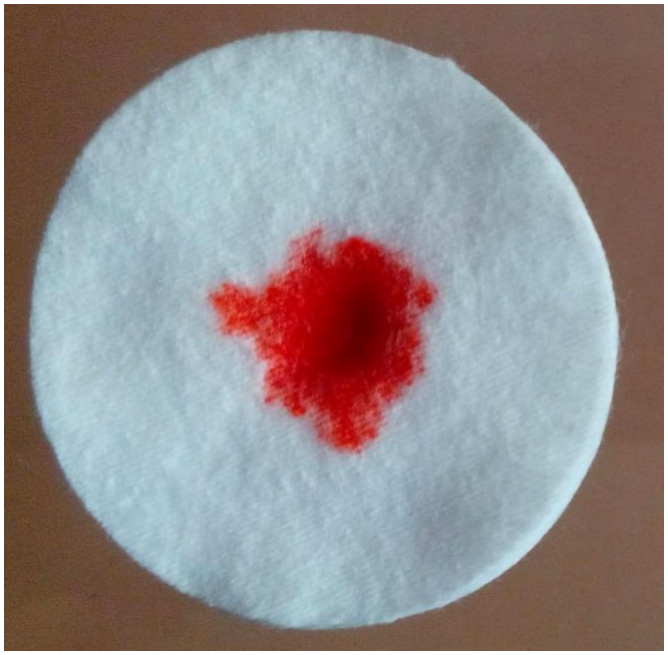


Рис. 3.8. Розповсюдження рідини на зовнішньому боці

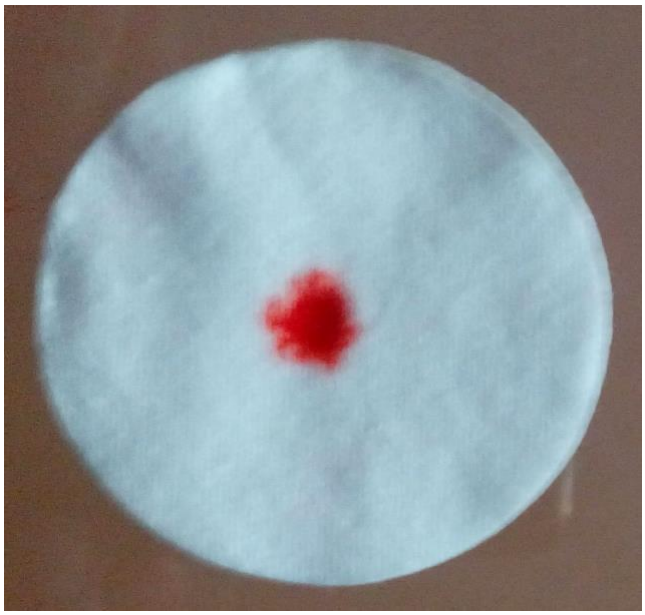


Рис. 3.9. Розповсюдження рідини на зворотному боці

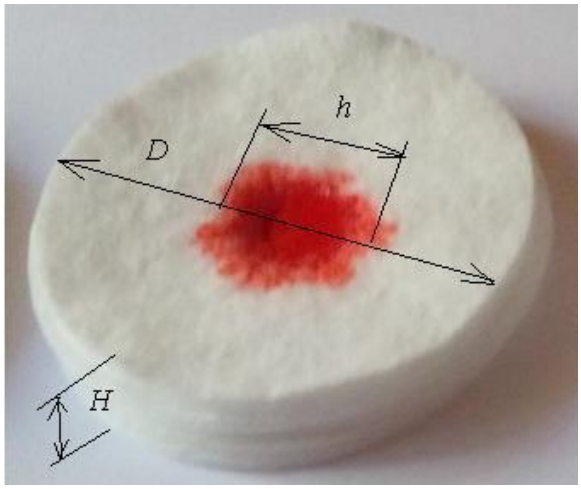


Рис. 3.10. Означення, використані при проведенні експериментів

Результати досліджень для різних товщин матеріалів наведені на Рис. 3.11-3.12

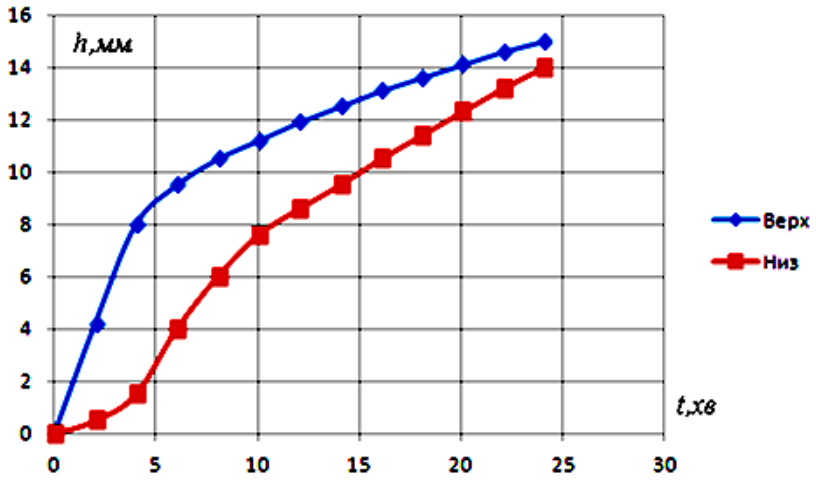


Рис. 3.11. Розміри змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 10 мм

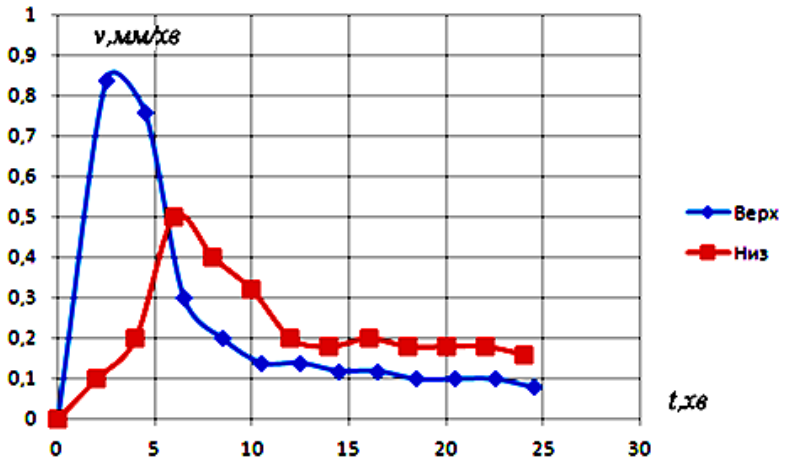


Рис. 3.12. Швидкість зростання змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 10 мм

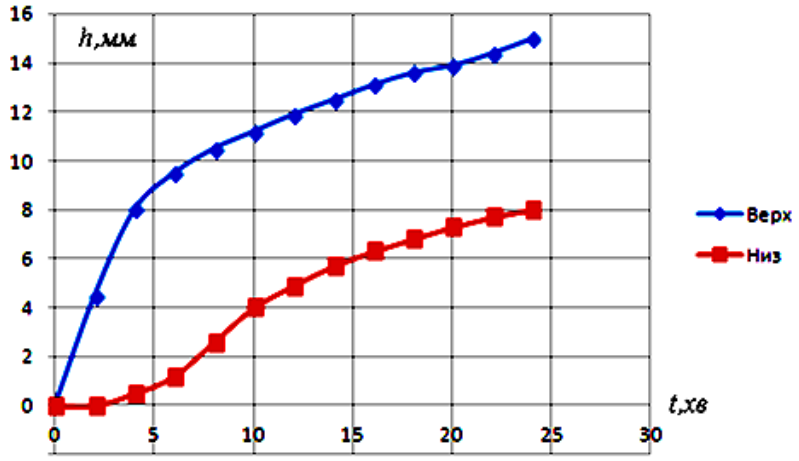


Рис. 3.13. Розміри змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 7 мм

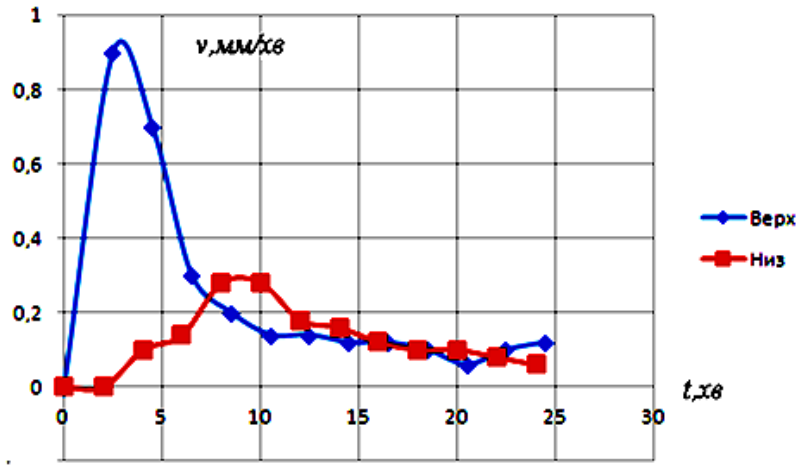


Рис. 3.14. Швидкість зростання змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 7 мм

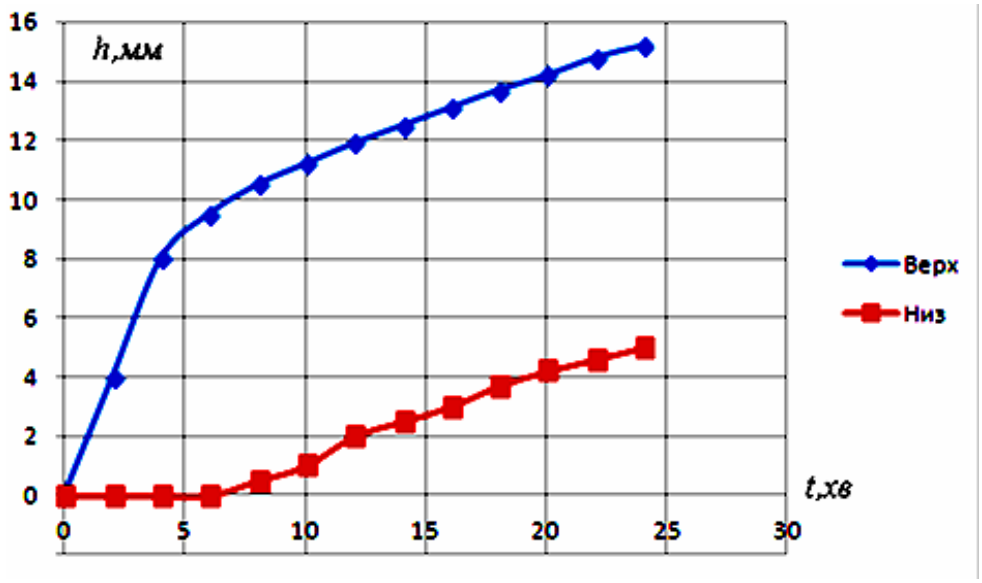


Рис. 3.15. Розміри змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 5 мм

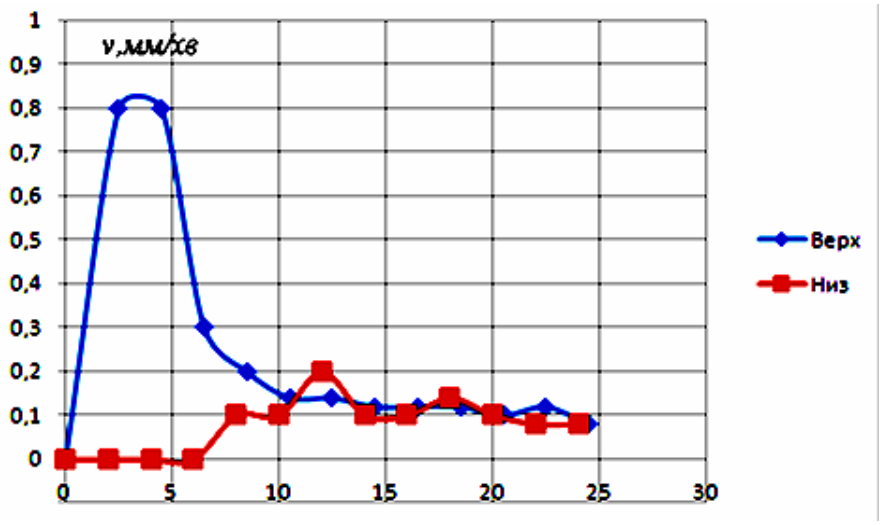


Рис. 3.16. Швидкість зростання змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 5 мм

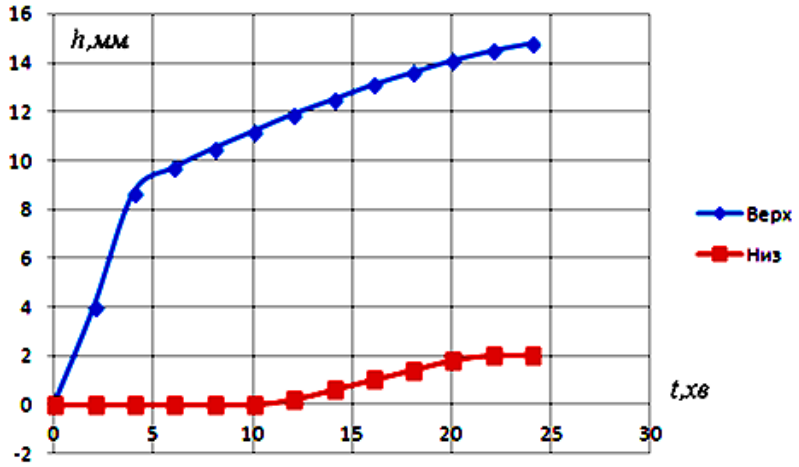


Рис. 3.17. Розміри змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 2 мм

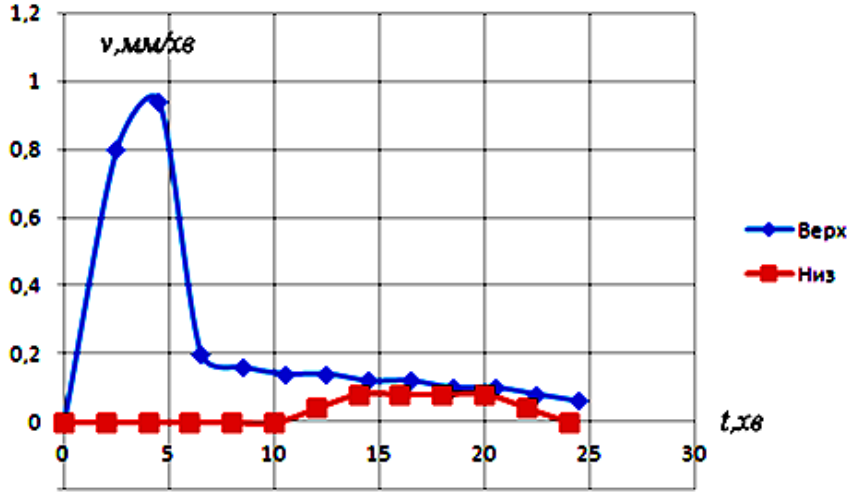


Рис. 3.18. Швидкість зростання змоченої зони для зразка з бавовняної вати товщиною 2 мм

Для різних товщин змочення нижньої поверхні матеріалу «відстає» від верхньої. Означивши $h_в$ – розмір змоченої ділянки на верхній поверхні, $h_н$ розмір змоченої ділянки на нижній поверхні, можна знайти залежність ефективності проходження рідини крізь матеріали різної товщини (Рис. **3.19**).

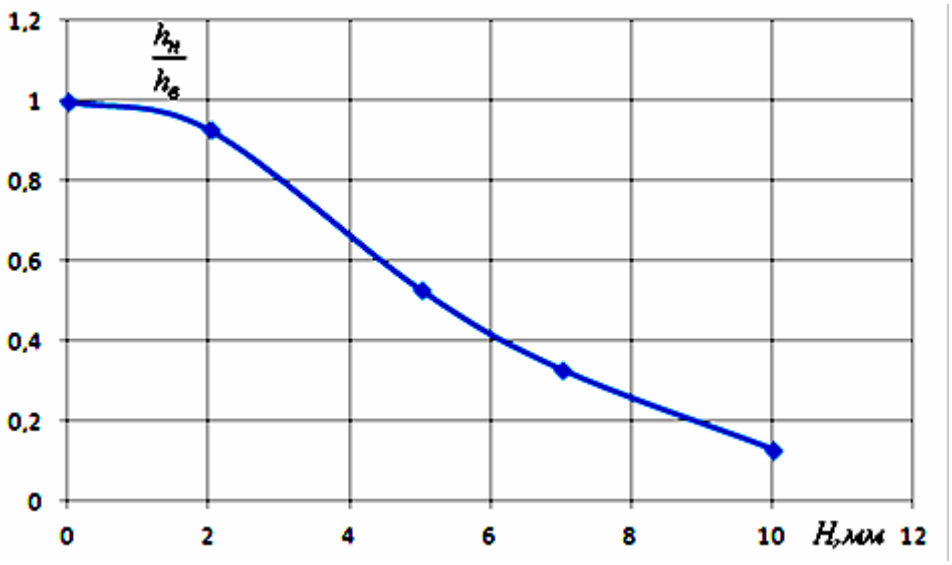


Рис. 3.19. Ефективність проходження рідини в залежності від товщини матеріалу

Дана залежність явно відрізняється від прямої. Проаналізуємо її. У нульовий координаті значення функції дорівнює одиниці. У цій же точці швидше за все спостерігається максимум. Математично це має означати рівність нулю похідної. При збільшенні товщини значення функції прагне до нуля. На проміжку на графіку спостерігається перегин.

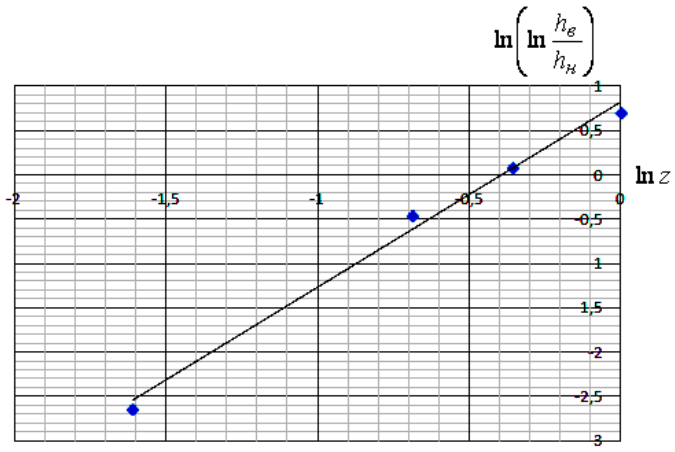


Рис. 3.20. Логарифмічна залежність ефективності проходження рідини

Зіставлення для різних матеріалів дають залежність (рис. 3.30).

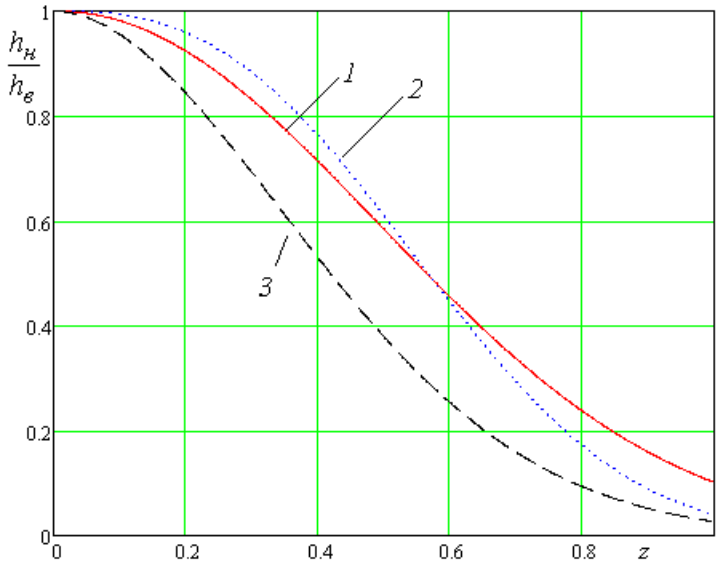


Рис. 3.21. Ефективність проходження рідини для різних матеріалів (вата бавовняна – 1, алігнін медичний – 2, вата лляна – 3)

Таблиця 3.1

Значення коефіцієнтів різних матеріалів

Матеріал	*a*	*b*
Вата бавовняна	2,29	2,09
Алігнін медичний	3,21	2,7
Вата лляна	3,62	1,9

При аналізі залежностей, що характеризують швидкість зростання змочення на нижній і верхній поверхні можна прослідити зміщення максимуму кривої. Визначена залежність близька до лінійної залежності (Рис. 3.22).

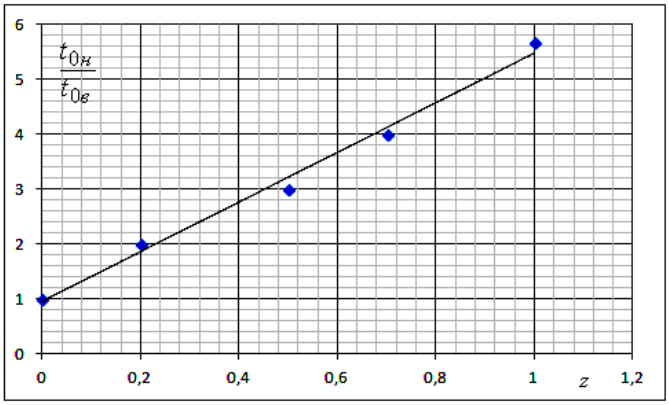


Рис. 3.22. Зміщення максимуму швидкості в залежності від товщини матеріалу

З метою визначення поглинальних властивостей матеріалів був проведений експеримент по визначенню змоченої зони в різних шарах матеріалу. При цьому для певного часу зразок знімався зі столу, розділявся на шари і змочені зони кожного шару аналізувалися окремо. На рис. 3.23 - 3.24 зображені змочені зони різних шарів матеріалу для одного моменту часу.

Рис. 3.23. Зовнішня поверхня матеріалу

Рис. 3.24. Перший шар матеріалу

Рис. 3.25. Другий шар матеріалу

Рис. 3.26. Третій шар матеріалу

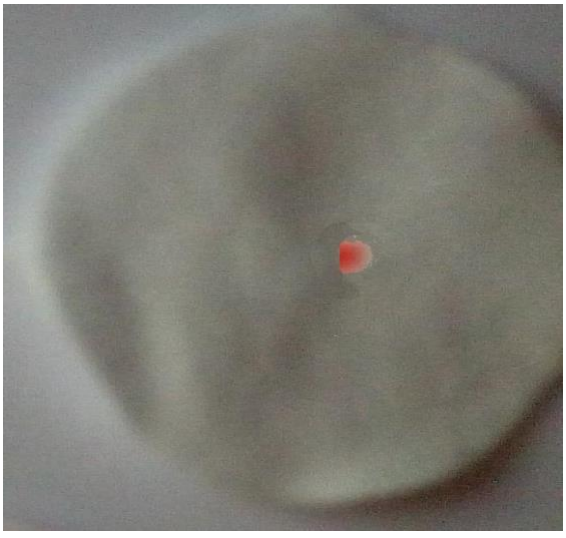


Рис. 3.27. Нижня поверхня матеріалу

Для проведення аналізу визначався еквівалентний діаметр змоченої зони. В результаті складну форму поверхні змінювали умовним колом (рис. 3.29). Визначення умовних розмірів змочених зон наведене в таблиці 3.2.

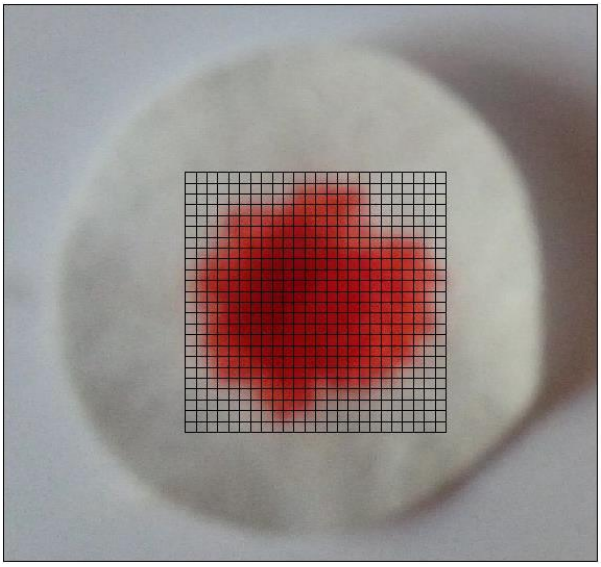


Рис. 3.28. Визначення зони змоченої зони

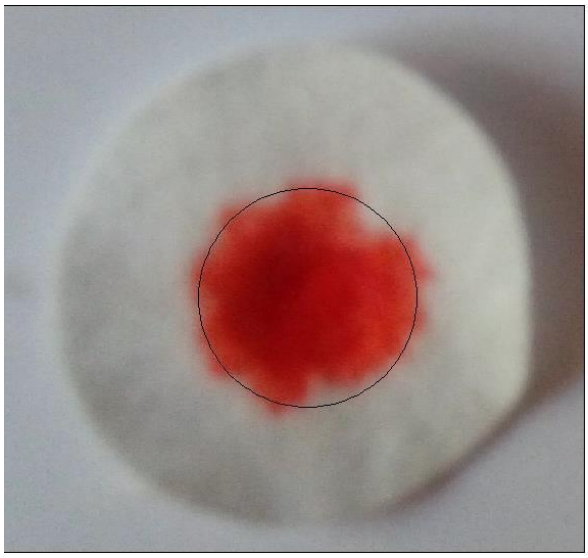
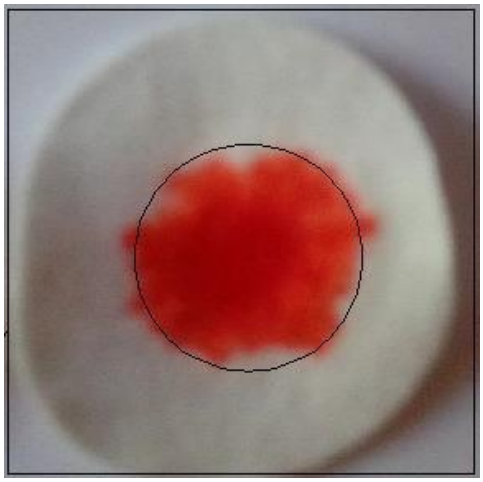
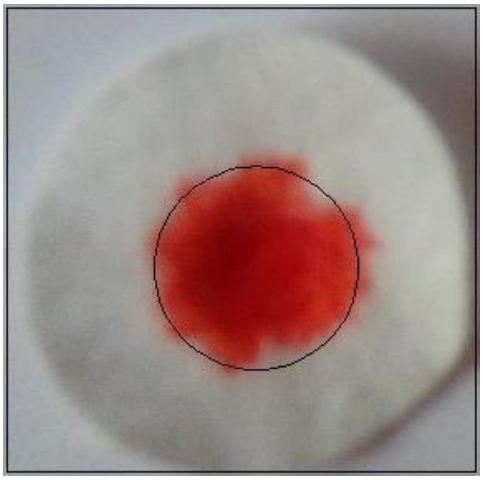
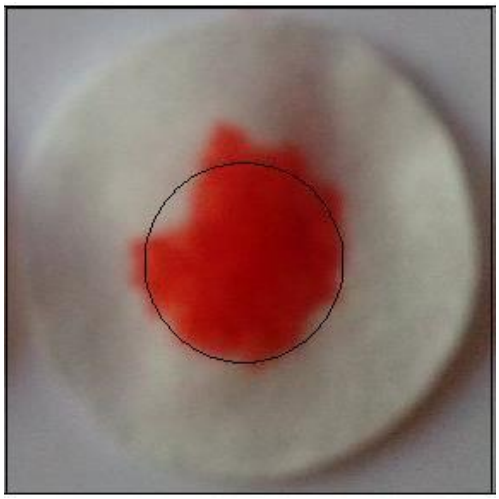


Рис. 3.29. Умовне коло змоченої зони

Таблиця 3.2

Визначення розмірів змоченої зони для різних шарів матеріалів

Верхній шар	Перший шар
	
Другий шар	Третій шар
	

Поверхневе розподілення рідини в матеріалі побудовано методом з’єднання окремих елементарних кіл (рис. 3.30) підтверджує теоретичні результати попереднього підрозділу.

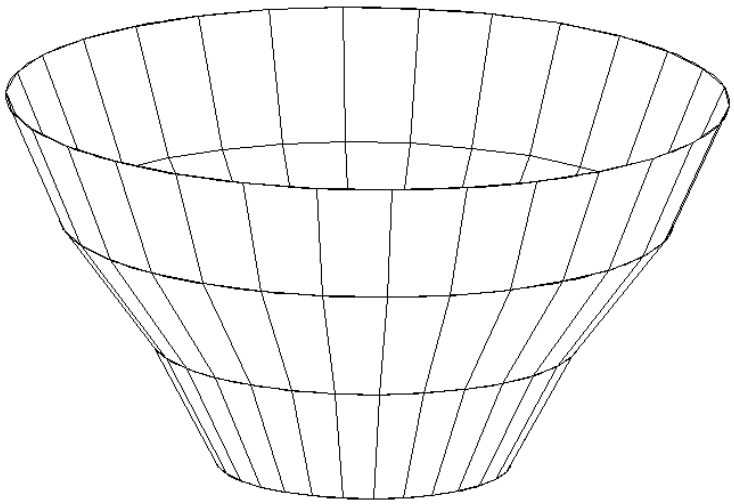


Рис. 3.30. Поверхневе розподілення змоченої зони

Отже, експериментальні дослідження проникнення вологи крізь поглинаючі структурні медичні матеріали дозволили оцінити їх ефективність та придатність для використання в медичних виробах. На основі проведених експериментів можна зробити такі висновки:

1. Здатність до поглинання вологи: Встановлено, що рівень поглинання вологи залежить від структури матеріалу, типу волокон, щільності та пористості. Матеріали з високим рівнем пористості забезпечують швидке поглинання та рівномірний розподіл рідини.

2. Проникність вологи: Виявлено, що швидкість проходження рідини через матеріал зумовлена його капілярною структурою, розміром пор та їх орієнтацією. Більш дрібні пори уповільнюють проникнення, але сприяють утриманню рідини.

3. Вплив складу матеріалу: Матеріали на основі натуральних волокон, таких як бавовна, показали кращу здатність до поглинання, тоді як синтетичні матеріали виявили більшу стійкість до проникнення вологи, що може бути перевагою в певних умовах.

4. Залежність від умов експлуатації: Температура, вологість і рівень механічного навантаження впливають на здатність матеріалів поглинати та пропускати рідину. При підвищеній температурі поглинання може збільшуватися,

але одночасно змінюється механічна стійкість матеріалу.

5. Стійкість до багаторазового впливу рідини: Під час багаторазового змочування і висушування поглинаюча здатність більшості матеріалів зменшувалася через втрату пружності волокон або зміну структури пор.

6. Можливості вдосконалення: Для покращення властивостей матеріалів запропоновано модифікацію їх складу шляхом використання гідрофільних або гідрофобних добавок залежно від вимог до конкретного виробу.

7. Практичне значення: Отримані результати можуть бути використані при розробці перев'язувальних матеріалів, підкладок для абсорбуючих виробів та інших медичних текстильних матеріалів, які повинні забезпечувати оптимальний баланс між проникністю вологи, поглинанням і стійкістю до впливу рідин.

Таким чином, дослідження підтвердили важливість вибору матеріалів з урахуванням їх структурних і функціональних характеристик для ефективного використання в медичній практиці.

Виявлені особливості можуть стати основою для розробки нових високотехнологічних медичних текстильних матеріалів.

3.2. Розробка рекомендацій щодо оптимізації властивостей матеріалів для покращення їхньої функціональності у медичних застосуваннях

Розробка рекомендацій щодо оптимізації властивостей матеріалів для покращення їхньої функціональності у медичних застосуваннях є важливим напрямом сучасних досліджень. Медичні матеріали виконують широкий спектр функцій, починаючи від поглинання рідин і завершуючи захистом від інфекцій, тому їх властивості мають бути ретельно збалансовані, щоб забезпечити високу ефективність і безпеку під час використання. У цьому контексті оптимізація властивостей матеріалів передбачає врахування фізико-хімічних, механічних і функціональних характеристик, адаптованих до умов конкретного медичного застосування.

Одним із ключових аспектів оптимізації є підвищення вологопоглинальної

здатності матеріалів, що є важливим для виробів, призначених для контакту з рідинами, таких як пов'язки, тампони або мембрани для ранового покриття. Ефективність поглинання може бути досягнута завдяки використанню матеріалів із високою пористістю, розгалуженою капілярною структурою та гігроскопічними властивостями. Наприклад, модифікація текстильних матеріалів шляхом додавання суперабсорбентів на основі полімерів дозволяє значно збільшити їхню здатність утримувати рідину. Такі матеріали ефективно вбирають ексудат із рани, сприяючи підтриманню оптимального рівня вологості, що прискорює загоєння.

Для зменшення проникнення мікроорганізмів та забруднювачів важливим є підвищення бар'єрних властивостей матеріалів. Це може бути досягнуто шляхом застосування багатошарових структур, у яких кожен шар виконує окрему функцію, наприклад, забезпечує механічну міцність, поглинання рідини та антибактеріальний захист. Крім того, використання нанотехнологій для створення покриттів з іонами срібла, мідного або цинкового оксиду є перспективним напрямом, оскільки такі матеріали ефективно пригнічують ріст бактерій і запобігають інфекціям.

Покращення механічних властивостей, таких як міцність, еластичність і стійкість до зношування, є важливим для матеріалів, які використовуються в динамічних умовах, наприклад, у хірургічних пов'язках або компресійних виробах. Висока міцність забезпечує тривалий термін служби матеріалу, тоді як еластичність дозволяє забезпечити зручність і адаптацію до форми тіла пацієнта. Використання сучасних композитних матеріалів, що поєднують властивості натуральних і синтетичних волокон, дозволяє досягти балансу між цими характеристиками.

Окрему увагу слід приділити екологічності медичних матеріалів. Зростаючі вимоги до зменшення впливу на довкілля стимулюють розробку матеріалів, що піддаються біологічному розкладанню. Наприклад, біополімери на основі целюлози, хітозану або полілактиду є перспективними для створення одноразових виробів, які не потребують складної утилізації. Водночас необхідно забезпечити їхню стабільність і ефективність у період експлуатації, що досягається

модифікацією їхньої структури або покриттям спеціальними захисними шарами.

Покращення біосумісності матеріалів є критичним для виробів, що перебувають у тривалому контакті з тканинами організму, наприклад, імплантатів або дренажних систем. Використання біосумісних полімерів, таких як поліуретани або силікони, сприяє зниженню ризику відторгнення та запальних реакцій. Крім того, застосування поверхневих модифікацій, таких як функціоналізація поверхні гідрофільними групами, дозволяє зменшити адгезію білків і клітин, що важливо для запобігання утворенню біоплівок.

Значну роль у підвищенні функціональності матеріалів відіграє їхня здатність до адаптації до змінних умов експлуатації. Наприклад, розробка матеріалів із змінною гідрофобністю, які можуть змінювати свої властивості залежно від вологості, температури або рівня pH, є перспективною для створення «розумних» медичних виробів. Такі матеріали можуть автоматично регулювати рівень поглинання або випаровування рідини, підтримуючи оптимальні умови для пацієнта.

Особливу увагу варто приділити підвищенню зручності використання медичних матеріалів. Для цього важливо враховувати не лише технічні характеристики, але й ергономіку, легкість застосування та привабливий зовнішній вигляд. Наприклад, розробка самоклейких пов'язок із високою адгезією до шкіри, які не спричиняють дискомфорту під час видалення, є важливим напрямом для покращення користувацького досвіду.

Таким чином, розробка рекомендацій для оптимізації властивостей матеріалів у медичних застосуваннях є багатогранним процесом, що включає вдосконалення їхніх фізико-хімічних, механічних і біологічних характеристик. Це досягається шляхом використання сучасних матеріалів, інноваційних технологій обробки та врахування специфічних умов експлуатації. Результати таких розробок сприяють створенню високоефективних і безпечних медичних виробів, які відповідають зростаючим вимогам сучасної медицини та суспільства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що проникання вологи через текстильні матеріали є складним багатофакторним процесом, що залежить від таких параметрів, як структура волокна, капілярність, пористість, гідрофільність, наявність покриттів або спеціальних обробок, товщина матеріалу та вплив зовнішніх умов.

2. В роботі зроблено аналіз властивостей перев’язувальних текстильних матеріалів, що включає оцінку їхніх фізико-механічних, хімічних, біологічних та експлуатаційних характеристик.

3. Зроблено загальну модель проходження рідини крізь текстильні матеріали

4. Удосконалено методику побудови моделі проходження рідини крізь матеріал, сутність якої полягає в визначенні чотирьох можливих етапів процесу проходження рідини крізь матеріал, при чому на всіх етапах вважаємо концентрацію рідини на поверхні, що змочується 100%.

5. Наведено загальну схему проведення експерименту.

6. Для проведення експериментів обиралися такі матеріали: медична вата згідно Міждержавного стандарту 5556-91 «Вата медична гігроскопічна», при цьому визначалися властивості вати, виготовленої з бавовни і льону, медичний алігнин, застосовуваний в якості перев'язувального матеріалу замість вати згідно Міждержавного стандарту 12923-82, стерильні перев'язувальні медичні пакети, призначені для надання само- і взаємодопомоги при пораненнях і опіках згідно Міждержавного стандарту 1179-93, ватно-марлеві медичні вироби: подушечки і стрічку, які призначаються для перев'язки ран і опіків згідно Міждержавного стандарту 22379-93.

7. Експериментальні дослідження проникнення вологи крізь поглинаючі структурні медичні матеріали дозволили оцінити їх ефективність та придатність для використання в медичних виробах.

8. Дослідження підтвердили важливість вибору матеріалів з урахуванням їх структурних і функціональних характеристик для ефективного використання в медичній практиці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1 Julivi CAD/ERP System [Електронний ресурс]: Julivi CL3D 3D моделювання одягу. Режим доступу: http://julivi.com/

2 INSPIRE DIGITALLY [Електронний ресурс]: Tap into the power of 3D to revolutionize the way you develop, produce and market fashion. Режим доступу: http://www.optitex.com/

3 САПР Грація: комп'ютерні технології швейної промисловості [Електронний ресурс]: Програма для проєктування одягу. Режим доступу: http://www.saprgrazia.com/artides/programma-dlya-proektirovaniya-odezhdy/

4 Васильєва ОС Удосконалення інформаційних баз даних для дизайн-проектування головних уборів / О.С. Васильєва, М.В. Колосніченко // Теорія та практика дизайну. Технічна естетика. НАУ. - 2015. - №8. - С. 34 - 40.

5 Буханцова Л.В. Антропометричні дослідження опорної поверхні голови / Л.В. Буханцова А.А. Мичко // Вісник Хмельницького національного університету. - 2010. - №4. - С. 198-201/

6 Васильєва О. С. Дослідження розмірно-параметричних трансформацій головних уборів / О. С. Васильєва // Молода мистецька наука України. - 2006. - №9. - С. 37¬38.

7 Костюкевич О.П. Характеристика систем автоматизованого проектування (САПР) одягу / О. П. Костюкевич, К. Л. Процик // Легка промисловість. - 2008. - .№4. - С.33.

8 Процик К. Л. Етапи розробки нових моделей одягу в сучасних САПР / К.Л. Процик // Легка промисловість. - 2007. - №3. - С. 46-47.

9 Одяг. Головні убори. Позначення розмірів (ISO 4417: 1977, IDT; ГОСТ ИСО 4417 - 2002, IDT): ДСТУ ISO 4417-2001/ГОСТ ИСО 4407-2002. - [Чинний від 2003-07-01].

10 К.: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживної політики, 2003. - 3 с. - (Національний стандарт України).

11 Познаки розмірів одягу. Визначення понять та вимірювання розмірів тіла (ISO

3635:1981, IDT): ДСТУ ISO 3635:2004. - [Чинний від 2005-04-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2005. - 6 с. - (Національний стандарт України).

12 Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання НПАОП 0.00-1.04-07 - [зареєстрований Мінюст України 04.04.2008 за № 285/14976.]

13 Буханцова Л. В. Удосконалення процесу формування жіночих головних уборів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук : 05.19.04 «Технологія швейних виробів» / Л. В. Буханцова. - Хмельницький, 2007. - 20 с.

14 Стрижова О.П. Удосконалення методу проектування конструкцій жіночих шитих головних уборів з текстильних матеріалів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: 05.19.04 «Технологія швейних виробів» / О.П. Стрижова. - Хмельницький, 2007. - 21 с.

15 Васильєва О.С. Особливості проектування головних уборів з урахуванням особливостей різних типів опорної поверхні голови людини / О.С. Васильєва // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. - 2012. - N° 2 (20). - С. 222 - 225.

16 Стрижова О.П. Дизайн головних уборів: навчальний посібник / О.П. Стрижова, І.М. Баннова. - Хмельницький: ХНУ, 2013. - 153 с.

17 Батаровська М.В. Аналіз форми жіночого головного убору з урахуванням модних тенденцій / М.В. Батаровська, М.О. Кущевський, Ю.В. Кошевко // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. - 2011. - № 2 (18). - С. 220-225.

18 Васильєва О.С. Система антропометричних ознак та її вплив на дизайн головних уборів / О.С. Васильєва // Праці Таврійського державного агротехнічного університету. Випуск 4. Прикладна геометрія та інженерна графіка. - 2008. - Т.40 - С. 157-161.

19 Бохонько О.П. Етапи розвитку методів конструювання розгорток деталей одягу та їх класифікація / О.П. Бохонько // Вісник Хмельницького національного університету. - 2010. - № 2. - С. 228-231.

20 Сегеда С.П. Антропологія: [навч. посібник] / С.П. Сегеда. - К.: Либідь, 2001. - 336 с.

21 Васильєва О.С. Вікові особливості та зміни морфології голови людини. / О.С. Васильєва // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. - 2008. - №> 6. - С. 218-222.