

ЗМІСТ

	стор.
ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ.....	
АНОТАЦІЯ.....	
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАГАТОШАРОВИХ ТЕКСТИЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	
1.1. Особливості механічних властивостей композиційних текстильних матеріалів.....	
1.2. Вплив складу композиційних текстильних матеріалів на жорсткість при згинанні.....	
1.3. Особливості процесів тепло-масопереносу в композиційних текстильних матеріалах.....	
1.4. Сумісний перенос вологи і тепла в текстильних композиційних матеріалах	
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1.....	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА НОМЕНКЛАТУРИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ...	
2.1. Об'єкти та предмет досліджень.....	
2.2. Розробка номенклатури показників якості матеріалів для реабілітаційних комплектів.....	
2.3. Вибір методів дослідження властивостей матеріалів для текстильних комплектів.....	
2.4. Методика визначення показника «розтікання краплі».....	
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2.....	
РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	

3.1. Обґрунтування вибору методів дослідження комплексу властивостей багатофункціональних текстильних композиційних матеріалів.....	
3.2. Визначення сили відриву текстильної застібки в текстильних дидактичних іграх	
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3.....	
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ГІГІЄНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ.....	
4.1. Визначення особливостей процесів проходження повітря та вологи крізь композиційні текстильні матеріали.....	
4.2. Визначення показників капілярності текстильних композиційних матеріалів.....	
4.3. Визначення теплового опору нових композиційних текстильних матеріалів з використанням установки ИТ-7с.....	
4.4. Визначення оцінки комфортності нових композиційних текстильних матеріалів з використанням шумового методу.....	
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4.....	
ЗАГАЛЬНІ ВИСКОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	

ВСТУП

Композиційні текстильні матеріали (КТМ) належать до класу сучасних матеріалів, які широко використовуються в різних галузях промисловості. Аналіз сучасних розробок, які здійснюються в розвинених країнах світу, засвідчив, що успіх використання таких матеріалів забезпечується правильним добором складових, ефективним методом з'єднання та забезпеченням потрібних властивостей з урахуванням умов експлуатації. Питання розвитку виробництва КТМ є актуальним для нашої країни, у зв'язку з прагненням та близькою перспективою входженням до Європейського Союзу, що потребує розширення ринку збуту конкурентоспроможної продукції національного виробника, в тому числі наукової. Одним з ефективних способів отримання КТМ, який дозволяє в широких межах регулювати їх структуру і властивості, є нашарування і термоклейове скріплення індивідуальних текстильних полотен в багатошарову структуру. Вагомий внесок у вивчення цього питання зроблено вченими в галузі матеріалознавства, серед яких Березненко М. П., Власенко В. І. Супрун Н. П., Арабулі С. І. та ін.

Зважаючи на високу вартість натуральної шкіряної сировини, актуальною проблемою є розробка нових КТМ з комплексом заданих споживчих властивостей. Створення таких матеріалів потребує вивчення закономірностей структуроутворення, визначення оптимального співвідношення складових структури і технології отримання. Дефіцит та раціоналізація споживання цінної натуральної, в тому числі і вторинної волокнистої сировини, одним із напрямів застосування КТМ може стати використання їх для виробів легкої промисловості в якості деталей верху взуття.

Мета дослідження – теоретична розробка композиційних текстильних матеріалів з прогнозованими експлуатаційними властивостями.

Для досягнення мети треба розв'язати такі **задачі дослідження**:

- провести аналіз сучасного асортименту КТМ
- дослідити потреби створення КТМ для використання у виробках легкої

промисловості;

- науково обґрунтувати можливість і доцільність розроблення КТМ на базі регенерованих натуральних волокон;
- встановити вимоги та розробити номенклатуру показників якості КТМ з покращеними експлуатаційними і гігієнічними властивостями.

Об’єкт дослідження – підвищення експлуатаційних властивостей композиційних текстильних матеріалів

Предмет дослідження – багатошарові композиційні текстильні матеріали.

Методи дослідження. Теоретичні та експериментальні дослідження базуються на основних положеннях матеріалознавства виробів легкої промисловості. При проведенні експериментальних досліджень використані стандартизовані методи визначення властивостей текстильних матеріалів, а також методи статистичної обробки результатів експерименту. Обробка експериментальних даних проводилась з використанням програми ПС ПРИАМ, в тому числі з використанням програм «STAR», «statistica 6.0».

Новизна результатів магістерської роботи полягає в тому, що теоретично обґрунтовано особливості вибору композиційних текстильних матеріалів на базі регенерованих натуральних волокон з регульованими властивостями та екобезпечною бактерицидною дією.

Практичне значення роботи полягає в тому, що отримано багатошарові композиційні текстильні матеріали на базі використання виключно вітчизняних матеріалів, в тому числі, вторинної текстильної сировини із бавовняних та вовняних волокон, що дозволяє значно їх здешевити, одночасно забезпечивши високі експлуатаційні та гігієнічні властивості.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ БАГАТОШАРОВИХ ТЕКСТИЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Композиційними текстильними матеріалами (КТМ), виробництво яких в наш час динамічно розвивається в усьому світі, називають матеріали, що отримані не менше, ніж з двох різнорідних матеріалів за певною схемою розташування, з чіткою границею між компонентами, причому такий матеріал повинен мати додаткові нові властивості, яких не має жоден з компонентів. Ці матеріали, як правило, відрізняються широкою гамою заданих функціональних прогнозованих властивостей і широко використовуються в галузях автомобілебудування, шляхобудування, аграрного сектору, для розробки предметів охорони здоров'я, індивідуального захисту тощо [1]. Успіх їх використання в різних галузях промисловості визначається, головним чином, потребою в легких конструкційних матеріалах, які мають високу міцність, жорсткість і надійність. Розробці КТМ та визначенню їх властивостей присвячено багато досліджень [2-7].

Для одержання багатошарових КТМ застосовують процеси ткацтва, в'язання, а також скріплення готових текстильних полотен у багатошарову структуру різними іншими методами. В процесі ткацтва при використанні декількох систем ниток основи і утку можуть бути отримані багатошарові структури з числом шарів від 3 до 8 (рис. 1.1).

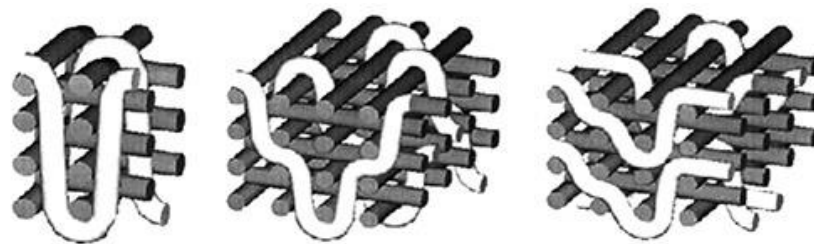


Рис. 1.1. Приклади багатошарових структур, які отримані в процесі ткацтва при використанні декількох систем ниток основи і утку

Вони можуть виготовлятися з частковим розділом сировини по шарах. Перевагами цього способу є надійна міцність з'єднання структурних елементів (шарів, ниток) між собою. Недоліком методу ткацтва є трудомісткість та складність технологічного обладнання, що викликає безліч проблем пов'язаних з об'єднанням в процесі ткацтва ниток з різними механічними властивостями.

Порівнюючи метод ткацтва з методом в'язання, то метод в'язання дозволяє значно вдосконалити процес одержання багатошарових КТМ. Перевагою даного методу є швидкість отримання полотен, міцність з'єднання структурних елементів (шарів, ниток) між собою; можливість варіювання товщини полотен та властивостей трикотажу. Недоліком даного методу є: складність обслуговування, неможливість одержання полотен з різною щільністю в'язання шарів та з повним розділом сировини по шарах. Основою цього методу є використання двофонтурного поперечнов'язаного круглов'язального та основов'язального обладнання.

Технологія одержання багатошарових КТМ в процесі в'язання відома приблизно вже 20 років. В'язана структура «сандвіча», пояснюється тим, що складається з декількох шарів, з'єднаних нитками безпосередньо в процесі в'язання полотна на в'язальному обладнанні (рис. 1.2). Вибір сировинного складу і структури визначають властивості полотен і області їх використання [8-11]. Трикотажний спосіб виробництва найкраще відповідає для швидкого виготовлення елементів складної форми через низький опір деформації трикотажу [12].

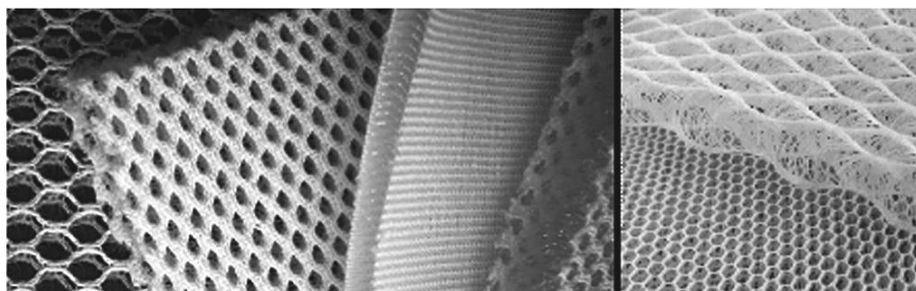


Рис. 1.2. Приклади багатошарових структур, отриманих в процесі в'язання

Застосовуються механічні методи для одержання багатошарових структур шляхом з'єднання готових текстильних полотен між собою різними методами: механічним, фізико-хімічним та комбінованим (рис. 1.3).

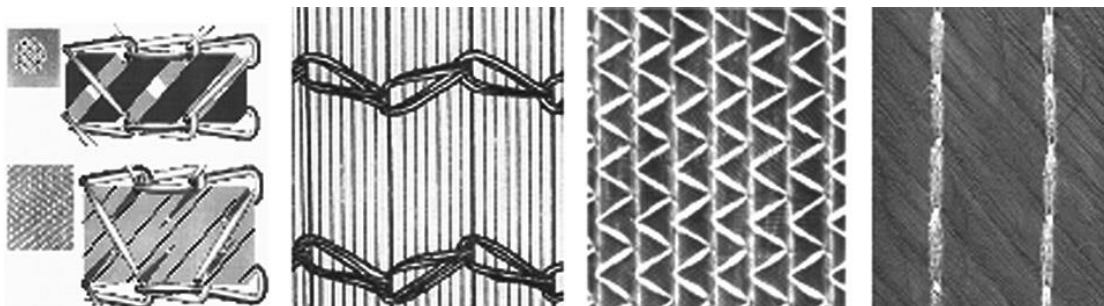


Рис. 1.3. Приклади багатошарових структур, які отримані за допомогою механічної технології з'єднання

До механічної технології з'єднання відносяться: в'язально-прошивний, голкопробивний і валяльний способи. Найбільше поширення має в'язально-прошивний спосіб, при якому нитками пров'язуються декілька шарів текстильних матеріалів (ТМ). Багатошарові полотна, отримані в'язально-прошивним методом, мають високу міцність скріплення шарів, але для їх виробництва потрібна додаткова система ниток для скріплення, крім того, наскрізне проколювання голкою текстильних шарів спричиняє порушення цілісності ТМ. Крім того, в'язально-прошивні агрегати для одержання таких композиційних матеріалів є дорогими, велико-габаритними та складними в обслуговуванні.

Голкопробивний спосіб одержання багатошарових матеріалів полягає в тому, що текстильні шари проколюються (пробиваються) спеціальними голками (рис. 1.4), що мають тригранну, квадратну чи ромбовидну форму леза, на ребрах якого розташовані зазубрини.

Голкопробивний метод менш матеріалоємний, ніж в'язально-прошивний (не потрібна система з'єднувальних ниток), однак в якості шарів композиційного матеріалу можуть застосовуватися тільки неткані полотна. В таких КТМ не завжди забезпечуються міцні зв'язки всередині та між шарами, що не дозволяє матеріалу працювати як єдине ціле та забезпечувати

стабільну форму при експлуатації.



Рис. 1.4. Голкопробивний спосіб з'єднання текстильних полотен

Фізико-хімічні методи одержання багатошарових КТМ засновані на склеюванні (адгезійному скріпленні) або зварюванні (аутогезійному скріпленні) текстильних і нетекстильних матеріалів. Як зв'язувальні речовини використовуються термопластичні зв'язуючі: поліетилен, полівінілацетат, полівініловий спирт, поліпропілен та ін. Термопластичні зв'язуючі застосовуються у різних видах: як розчини, водяні дисперсії, у вигляді порошків, волокон, ниток, плівок, сіток. Ці матеріали виступають як окремий елемент багатошарової структури. З'єднувальний матеріал в багатошаровій структурі може бути нанесений суцільним шаром; у вигляді неорієнтованих точок, штрихів, клейових доріжок, напиленням. Такі композиційні матеріали, в основному, використовуються у взуттєвій промисловості, для підлогових покриттів, оббивки сидінь автомобілів тощо. Вони відрізняються м'якістю, здатністю добре драпіруватися, задовільними гігієнічними властивостями. В залежності від взаємного розташування полотен, які з'єднуються (і, відповідно, волокон і ниток в цих структурах), значно варіюються властивості отриманих текстильних композитів.

Стійкість закріплення форми текстильного матеріалу, в об'ємних деталях швейних та взуттєвих виробів можна, або фіксує перебудовану структур матеріалу (грубу структуру), або фіксує зміни структури в волокнах (тонку структуру). Закріплення «грубої» структури матеріалу може бути досягнуто шляхом склеювання, скріплення ниток і волокон в новому

положенні, для чого використовують синтетичні смоли, прокладки з клейовим покриттям тощо. Зазначений спосіб досить ефективний, особливо в разі, коли потрібне збільшення жорсткості матеріалу на окремих ділянках виробів. Однак при такому способі фіксації структури текстильних матеріалів значно знижується їх рухливість, здатність до деформації, збільшується жорсткість, що різко знижує ергономічність виробів. Другий спосіб закріплення деформації заснований на фіксації макромолекул деформованих волокон в їх новому положенні шляхом утворення міцних міжмолекулярних зв'язків. Процес фіксування «тонкої» структури матеріалу складається з руйнування старих міжмолекулярних зв'язків, деформування і переміщення макромолекул відповідно до деформацією матеріалу, ниток, волокон, відновлення або створення нових зв'язків між макромолекулами в їхньому новому положенні. В цьому випадку міцність закріплення деформації волокон і, відповідно, самого матеріалу буде залежати від ступеня руйнування старих зв'язків, від числа нових зв'язків і їх стійкості до дії різних видів впливів в умовах вологи, температури, деформації, від ступеня деформування і структури матеріалу. В пухкій структурі матеріалів волокна з'єднані між собою слабо, тому при деформації матеріалу вони будуть більше переміщуватися відносно один одного, ніж деформуватися. У щільній структурі матеріалу волокна значною мірою пов'язані один з одним, мають меншу здатність до переміщення, тому при деформації матеріалу не будуть деформуватися. Оскільки деформація текстильного матеріалу тісно пов'язана з деформацією волокон, їх стійке закріплення дозволяє отримати міцну фіксацію відповідної форми виробу, при збереженні рухомої структури матеріалу та його здатності до оборотних деформацій.

Існує також вогневий метод одержання багат шарових ТМ, при якому з'єднання одного чи двох шарів різних текстильних матеріалів здійснюється за рахунок склеювання з розплавленим поверхневим шаром пінополіуретану. У двошарових матеріалах пінополіуретан оплавляється з одного боку, у

тришарових – по обидва боки. Комбіновані методи одержання багатошарових ТКМ засновані на сполученні механічних і фізико-хімічних методів з'єднання.

Композиційні текстильні полотна в техніці, основному, використовують як елементи армування в композитах. Вони забезпечують необхідні механічні властивості композиту (міцність, тріщиностійкість, ударостійкість, жорсткість тощо), а матриця (смоли) використовується для зв'язування і фіксації структур армування та забезпечує сумісну роботу всіх елементів структури [11]. Найчастіше використовують одно- та двовісні (двовісні) структури, але останнім часом спостерігається тенденція до використання 3D текстильних структур для створення новітніх композиційних матеріалів з поліпшеними властивостями. Тривимірні полотна виробляються сьогодні різноманітними методами від ручного формування шарів волокон до автоматичних систем, за допомогою яких пряжа та волокна розташовуються в трьох напрямках для формування блочних або циліндричних структур.

Окремою групою серед текстильних заготовок для композиційних матеріалів виділяють так звані сендвіч структури. Виробництво 3D трикотажних сендвіч структур є відносно новим напрямком [13]. Вони мають два зовнішні шари, які інтегрально з'єднані між собою за допомогою додаткових ниток, причому можуть бути як закритими, так і відкритими. Їх застосування розширюється не тільки завдяки кращим властивостям та економічній ефективності, але і у зв'язку з кращою здатністю до формування і можливістю поглинання енергії.

Конструкції типу «сендвічів» можна також отримувати шляхом нашарування текстильних полотен з використанням клейового методу скріплення [14]. Такий метод забезпечує відносно простий спосіб з'єднання для створення багатофункціональних структур, функціоналізацію не тільки поверхневого шару, але і в об'ємі текстильної структури, можливість задавати дискретність структури (анізотропію властивостей) в напрямку, перпендикулярному до площини 3D-матеріалу, тобто можливість з

достатньою вірогідністю прогнозувати та варіювати властивості в широких межах, можливість регулювати об'єм повітря в структурі 3D-текстилю за рахунок міжшарового та між волоконного простору.

Серед 3D текстильних матеріалів останнім часом особлива увага приділяється створенню 3D стільникових конструкцій, які складаються з масиву гексагональних чарунок (рис. 1.5) [15]. 3D стільникові структури забезпечують композиційним матеріалам суперлегкість, об'ємність та міцність, а також вони мають високу енергопоглинаючу здатність [16-17].

Стільникові конструкції можуть бути виготовлені різними способами, але перевага надається текстильним структурам завдяки їх легкій вазі і безперервності волокон протягом всієї структури [9].

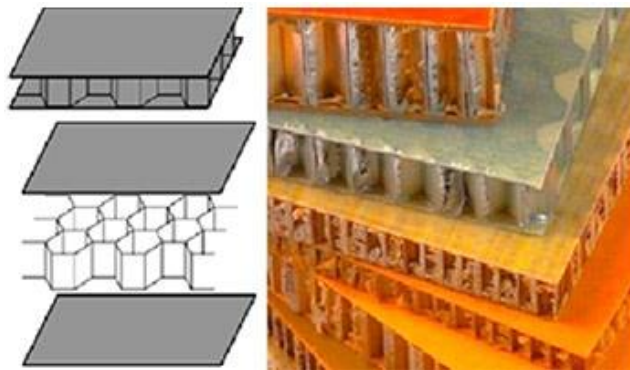


Рис. 1.5. Стільникові структури

Незважаючи на виняткову пластичність трикотажних композиційних матеріалів, відзначалось [4], що вони мають дещо нижчі показники механічних властивостей в площині в порівнянні з більш традиційними композитами і матеріалами [18]. Це є результатом обмеженого використання жорстких волокон і зменшення міцності ниток у в'язаній структурі в результаті їх значного вигину. Крім того, відзначалося, що під час процесу в'язання нитки дещо втрачають їх якість, що також може погіршити механічні властивості полотен [19].

Механічні властивості трикотажних композитів у площині, як правило, анізотропні. Це є результатом різної відносної орієнтації волокон в структурі трикотажного полотна [20-23]. Щільність композитів і орієнтація волокон,

яка є функцією напрямку навантаження, і яка може бути змінена шляхом деформації заготовки, впливають на міцність та згинання синтезованих композитів [24-26].

КТМ мають забезпечувати необхідного комплексу властивостей в залежності від виду та призначення виробу. Вирішенню цих питань присвячено ряд патентів, в яких описуються методи створення та вибір вихідних матеріалів в КТМ для використання їх в різних галузях [27-34].

1.1. Особливості механічних властивостей композиційних текстильних матеріалів

Для забезпечення високої якості текстильних композиційних матеріалів КТМ повинні мати комплекс відповідних механічних властивостей, оскільки, як правило, в процесі експлуатації виробів вони піддаються значному впливу фізико-механічних факторів – багаторазових розтягнень, згинань, стискань, дії тертя та ін. Від інтенсивності дії вказаних факторів та від значень фізико-механічних показників якості матеріалів залежить термін експлуатації виробів з них. Відомо, що деформаційні властивості пакетів матеріалів при одночасному розтягненні у значній мірі залежать від сполучення деформаційних властивостей матеріалів, які входять у пакет. Аналогічну поведінку слід чекати і для КТМ. Характер зміни деформації може залежати як від структури, способу з'єднання шарів і властивостей вихідних матеріалів, так і від властивостей нової багатокомпонентної системи як цілого.

Показники властивостей, одержані при розтягуванні матеріалу до розриву, використовуються, в основному для оцінки граничних можливостей матеріалів і характеризують опір матеріалу руйнуючим механічним діям. Розкриття механізму руйнування матеріалів, з'ясування причин зниження фактичних, у порівнянні із теоретично розрахованими значеннями міцності

матеріалів, можна вважати основними проблемами, які вирішує аналіз даних напівциклових характеристик розтягування.

Поведінка матеріалів при розтягуванні є одним з основних критеріїв їх придатності для застосування у виробках легкої промисловості. При вивченні робочого циклу процесу формування заготовки верху взуття було показано [35-37], що в ділянці носка заготовки взуття спостерігається двовісна деформація, яка в зоні найбільшої опуклості складає 5-5,3 %. У пучковій частині заготовки переважає двовісна деформація, яка в поперечному напрямку має значення 13 % і до в поздовжньому 4,5 %. В гомілковій частині заготовки деформація носить одновісний характер і збільшується в поздовжньому напрямку від 1% на початку гомілкової частини, до 4-5% у напрямку до п'яткової частини. Поведінку двошарового пакету в процесі розтягування можна розглядати на основі моделі [38-40], в якій прийнято, що з'єднання здійснюється на рівні межі різних ділянок. Тоді деформаційні властивості можуть бути виражені рівнянням (1.1):

$$\varepsilon_c = A_c \cdot Q_c^{n_c}, \quad (1.1)$$

де ε_c – деформація системи матеріалів, %;

A_c – коефіцієнт розтягнення системи матеріалів, який дорівнює деформації, при зусиллі розтягнення 10 даН;

Q_c – зусилля, даН;

n_c – показник ступеня, що визначає форму кривої розтягнення системи матеріалів.

В такій системі навантаження $Q_{заг}$, яке прикладається до пакету, наступним чином розподіляється між матеріалами:

$$Q_{заг} = Q_{3.1} + Q_1 = Q_{3.2} + Q_2; \quad (1.2)$$

$$\varepsilon_{3.1} = \varepsilon_1 = A_1 \cdot Q_1^n = A_3 \cdot Q_{3.1}^{n_3}; \quad (1.3)$$

$$\varepsilon_{3.2} = \varepsilon_2 = A_2 \cdot Q_2^n = A_3 \cdot Q_{3.2}^{n_3} \quad (1.4)$$

У випадку, коли $A_1 > A_2$, подовження ε_1 ділянки системи, що утримує ділянку матеріалу з A_1 , більше подовження ε_2 другої ділянки, $\varepsilon_{3.1} > \varepsilon_{3.2}$ і, таким

чином, $Q_{31} > Q_{32}$ і $Q_2 > Q_1$. Це, за [40] свідчить про те, що навантаження на матеріали у двошаровому пакеті розподіляється таким чином, що більш однорідний матеріал бере на себе частину навантаження у слабких місцях менш однорідного. Таким чином, якщо тканина випробується у складі пакета з більш однорідним матеріалом, чим вона сама, то її відносне подовження при розриві росте, а якщо з менш однорідним – то відносне подовження при розриві падає.

З'єднання вихідних матеріалів у багатокомпонентну систему підвищує міцність отриманих полотен, може знижувати деформаційну здатність. При виготовленні деталей верху взуття це обмежує здатність до формоутворення і погіршує формостійкість.

Здатність до формоутворення та формозбереження є одними з важливих показників якості матеріалів для виробів товарів широкого вжитку. Як правило, вона визначається показниками деформації при навантаженнях, менших розривального, та співвідношенням складових частин цієї деформації. Зміна розмірів текстильних полотен при тривалій дії навантаження, істотно меншого за розривне, тобто повзучість, і релаксація напруження при припиненні деформації, є важливими характеристиками механічних властивостей, що мають велике значення в процесах переробки і експлуатації виробів. Характеристики релаксації залежать від волокнистого складу і будови матеріалу.

Відомо, що для задовільного виконання затяжних операцій та збереження форми взуття необхідно, щоб залишкове подовження матеріалу становило 70% від загальної величині деформації. Вважається [37], що ці значення мають досягатися за перші 5-10 хв. релаксації. Якщо цього не відбувається, в матеріалі можуть зберігатися значні напруження, що призводить до втрати форми взуття і є причиною передчасного руйнування матеріалу. Це призводить до різного виду деформації волокон, що в свою чергу пов'язано зі зміною в їх внутрішній структурі, насамперед, зі зміною в розташуванні макромолекул: макромолекулярні зв'язки порушуються,

макромолекули деформуються і переміщуються одна відносно іншої. Процес перебудови структури матеріалу, ниток і волокон протікає до тих пір, поки не встановиться новий рівноважний стан відповідно до прикладеного зовнішнього навантаження. При знятті навантаження рівноважний стан знову порушується: макромолекули волокон прагнуть повернутися в початкове положення, змушуючи волокна і нитки зайняти, по можливості, колишнє розташування в матеріалі, тобто протікає зворотний релаксаційний процес.

Вочевидь, механізм повзучості та релаксації КТМ буде відповідати основним закономірностям, притаманним полімерним системам, і, відповідно, загальна деформація полотен $L_{заг}$ складається з трьох складових: пружної, еластичної і пластичної (1.5) [39-40]:

$$L_{заг} = l_{уз} + l_{нов} + l_{незв}. \quad (1.5)$$

Механізм пружної деформації $l_{пр}$ полягає в збільшенні середніх відстаней між атомами та молекулами, а у випадку полімерів він зводиться до зміни довжин зв'язків та валентних кутів. Пружне подовження супроводжується зміною об'єму тіла під дією зовнішнього навантаження. Після розвантаження зразка пружне подовження зникає практично миттєво, оскільки воно розповсюджується зі швидкістю звука. Еластична деформація $l_{нов}$ розвивається в часі з невеликими швидкостями. Ця деформація виникає внаслідок зміни зовнішніх і внутрішніх зв'язків під дією зовнішньої сили. Після припинення дії зовнішньої сили текстильний виріб прагне прийти у властивій йому рівноважний стан, але на це потрібен певний час. Пластична деформація $l_{незв}$ є слідством незворотнього зсуву окремих елементів структури текстильних виробів, тому такий вид деформації виникає не відразу, а поступово. Після зняття навантаження деформація не зникає, а залишається в самому виробі, нитках і волокнах.

Розподіл повного подовження на складові частини носить умовний характер, оскільки ці частини важко розмежувати. Як правило, релаксаційний процес не встигає завершитися за час проведення досліду і частина високоеластичного подовження з тривалим періодом релаксації

приймається за незворотне подовження. Оскільки пружна деформація зникає зі швидкістю поширення звуку, а релаксометри не дають можливості миттєвого вимірювання деформації розтягування після зняття постійно діючої навантаження, то за час вимірювання встигає зникнути і частина еластичної деформації з малим періодом релаксації. Тому пружна деформація буде величиною умовною, так само умовними будуть еластична і залишкова деформаціями, оскільки їх визначають за обмеженою базою часу. Таким чином величина пружної деформації буде завищеною, так як вона містить частину еластичної деформації з малим періодом релаксації, величина еластичної деформації – заниженою, а величина залишкової – завищеною.

Вочевидь, механізм повзучості та релаксації КТМ буде відповідати основним закономірностям, притаманним полімерним системам, і, відповідно, загальна деформація полотен l_3 складається з трьох складових: пружної, еластичної і пластичної

Механізм пружної деформації l_{np} полягає в збільшенні середніх відстаней між атомами та молекулами, а у випадку полімерів він зводиться до зміни довжин зв'язків та валентних кутів. Пружне подовження супроводжується зміною об'єму тіла під дією зовнішнього навантаження. Після розвантаження зразка пружне подовження зникає практично миттєво, оскільки воно розповсюджується зі швидкістю звуку. Еластична деформація l_e розвивається в часі з невеликими швидкостями. Ця деформація виникає внаслідок зміни зовнішніх і внутрішніх зв'язків під дією зовнішньої сили. Після припинення дії зовнішньої сили текстильний виріб прагне прийти у властивій йому рівноважний стан, але на це потрібен певний час. Пластична деформація l_{nl} є слідством незворотнього зсуву окремих елементів структури текстильних виробів, тому такий вид деформації виникає не відразу, а поступово. Після зняття навантаження деформація не зникає, а залишається в самому виробі, нитках і волокнах.

Слід зазначити, що розподіл повного подовження на складові частини

носить умовний характер, оскільки ці частини важко розмежувати. Співвідношення зворотних і незворотних компонентів подовження залежить від тривалості дії навантаження і відпочинку, а також від температури. Процес деформації досліджуваних матеріалів при розтягуванні йде нерівномірно. На початок деформація при розтягуванні зразків швидко зростає, потім процес уповільнюється.

Релаксаційний процес не встигає завершитися за час проведення досліду і частина високоеластичного подовження з тривалим періодом релаксації приймається за незворотне подовження. Оскільки пружна деформація зникає зі швидкістю поширення звуку, а релаксометри не дають можливості миттєвого вимірювання деформації розтягування після зняття постійно діючої навантаження, то за час вимірювання встигає зникнути і частина еластичної деформації з малим періодом релаксації. Тому пружна деформація буде величиною умовною, так само умовними будуть еластична і залишкова деформаціями, оскільки їх визначають за обмеженою базою часу. Таким чином величина пружної деформації буде завищеною, так як вона містить частину еластичної деформації з малим періодом релаксації, величина еластичної деформації – заниженою, а величина залишкової – завищеною.

В залежності від виду взаємного розташування компонентів в КТМ пропонуються ті чи інші механічні моделі, які описують поведінку при розтягуванні, на базі яких можна розрахувати модель Юнга E (рис. 1.6).

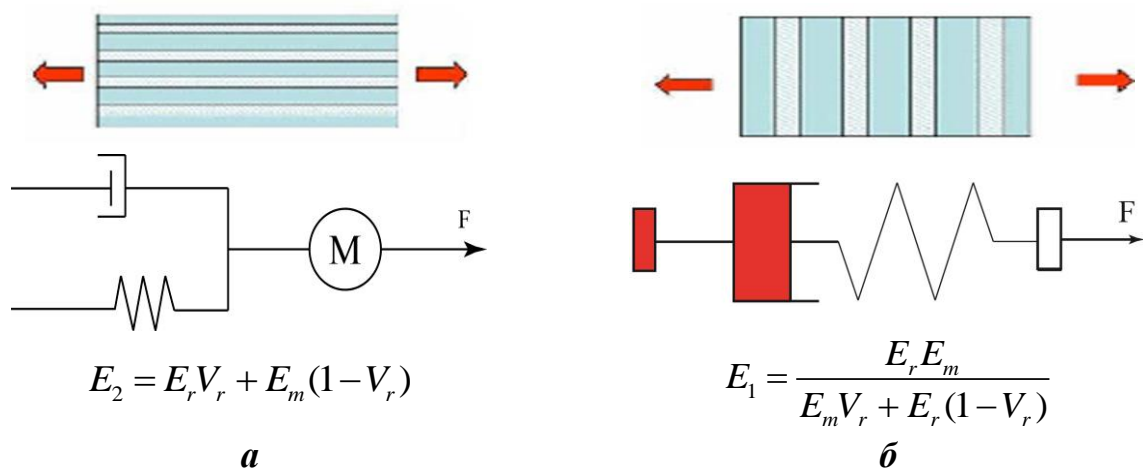


Рис. 1.6. Моделі композиційних текстильних матеріалів з плоско паралельними шарами при розтягуванні

Співвідношення зворотних і незворотних компонентів подовження залежить від тривалості дії навантаження і відпочинку, а також від температури. Процес деформації матеріалів при розтягуванні йде нерівномірно. Як правило, спочатку деформація при розтягуванні зразків швидко зростає, потім цей процес уповільнюється.

Значення формостійкості залежить від пружньо-пластичних властивостей ТМ, які входять до складу пакету верху взуття, виду матеріалів клейового шару та властивостей самої системи матеріалів верху. Суттєвий вплив виду клейового матеріалу, яким з'єднуються полотна у дубльованих і триплітованих пакетах матеріалів для верху взуття відзначався рядом авторів [41-45]. Найчастіше для характеристик формостійкості пропонується використовувати значення відносної залишкової деформації [46-47]. Для пакетів матеріалів авторами [47] виведено співвідношення, згідно якому, у першому наближенні, можна вважати, що $\varepsilon_{шв}$ системи дорівнює або є трохи більшим, ніж напівсума $\varepsilon_{нов.}$ верху та $\varepsilon_{нез}$ підкладки.

В роботі [47] показано, що введення в структуру двошарового матеріалу середнього, каркасного шару, приводить до суттєвої зміни його пружньо-еластичних властивостей, а саме, до підвищення жорсткості та формостійкості. Одним із факторів, що зумовлюють ці зміни, є збільшення сумарної товщини матеріалу. Однак, слід враховувати, що жорсткість матеріалів для верху взуття повинна мати оптимальні значення. Збільшення жорсткості покращує процес формоутворення і підвищує формостійкість взуття в процесі експлуатації, але занадто висока жорсткість лімітує можливість проектування деталей складних форм і може привести до передчасного зношування.

1.2. Вплив складу композиційних текстильних матеріалів на жорсткість при згинанні

Деталі взуттєвих виробів, наприклад, мають зберігати надану форму

протягом всього терміну експлуатації. В значній мірі ця властивість забезпечується відповідною жорсткістю, яка характеризує здатність матеріалу чинити опір зміні форми під дією зовнішніх сил. На показник жорсткості текстильних матеріалів впливають сировинний склад, вид переплетення та завершальне оздоблення текстильного матеріалу. За рахунок з'єднання декількох шарів матеріалів, як правило підвищується формостійкість [39, 48]. Однак завищені значення жорсткості можуть значно погіршувати ергономічність виробів та надавати їм такі негативні якості, як ламкість здатність створювати заломы, знижувати стійкість до дії тертя, особливо на згинах, зменшувати повітре- і паропроникність. Саме тому при створенні композиційних текстильних матеріалів питання забезпечення оптимальних значень їх жорсткості є вельми актуальним.

Питанням визначення впливу різних факторів на жорсткість пакетів текстильних матеріалів для верху взуття було обґрунтовно та призвело ряд колективних робіт (наприклад, [41, 49]). Авторами запропоновано вираз, який поєднує значення жорсткості пакетів з іншими механічними характеристиками: $F = k \cdot E \cdot h^3$, (де F – жорсткість, сН, E – модуль пружності, сН/мм², h – товщина, k – константа, яка має розмірність мм⁻¹). Відповідно, використання матеріалів з високим модулем пружності надає змогу отримувати пакети матеріалів відносно невеликої товщини із задовільною жорсткістю.

Для визначення показників жорсткості текстильних і шкіряних матеріалів та їх пакетів традиційно використовують стандартну методики консолі і кільця [50-52]. Крім того, для дослідження в'язкопружних властивостей текстильних матеріалів в останні роки успішно використовується метод повздовжніх резонансних коливань [53-55], за допомогою методу подовжніх резонансних коливань, можна оцінити комплексний динамічний модуль пружності $E\delta$ (МПа) та коефіцієнт механічних втрат (декремент затухання) δ . Використання цих показників дозволяє об'єктивно оцінити властивості матеріалів та теоретично

спрогнозувати характер розповсюдження в'язкопружного поля.

Динамічний модуль пружності – найважливіший показник деформаційних властивостей матеріалів. Він є мірою стійкості матеріалу до деформувань під впливом зовнішнього навантаження. Логарифмічний декремент затухання є мірою здатності досліджуваного матеріалу до поглинання енергії. Чим вищий показник декременту затухання, тим більша здатність до поглинання енергії.

1.3. Особливості процесів тепло-масопереносу в композиційних текстильних матеріалах

У процесі життєдіяльності між організмом людини і навколишнім середовищем відбувається безперервний теплообмін, у якому важливу роль відіграє тепловіддача шляхом випарування вологи з поверхні тіла людини. Механізм регулювання температури і вологості тіла діє як контрольна система, виконуючи свої функції в широкому діапазоні змін у навколишнім середовищі. Термостабільний стан людини є однією з основних умов її хорошого самопочуття і високої працездатності.

Оптимальною можливістю зменшення теплового навантаження на організм є випарування поту з поверхні шкіри на різних ділянках тіла [56-58]. Досягається це фізіологічним шляхом після відповідної команди мозку за рахунок розширення шкірних судин і збільшення частоти серцевих коливань. Підвищена вологість у підодяговому та внутрішньовзуттєвому просторі викликає відчуття дискомфорту. При чому, якщо повітря в цих мікрокліматичних прошарках має температуру нижче, ніж поверхні шкіри, водяні пари конденсуються на внутрішній стороні матеріалу, утворюючи водяні краплі і викликаючи намокання, і людина відчуває неприємне почуття холоду. Якщо температура навколишнього повітря вище, ніж температура у мікрокліматичному прошарку, то їх насичення парами води супроводжується підвищенням температури і веде до перегріву організму [59]. Сформулювати

єдині кількісні вимоги до мікроклімату підодягового та внутрішньовзуттєвого простору практично неможливо – вони повинні бути адекватними конкретної ситуації і такими, що відповідають гігієнічним вимогам, якщо після закінчення заданого періоду експлуатації показники теплового стану людини відповідають оптимальним.

Повне відведення вологи є запорукою комфортного підодягового та внутрішньовзуттєвого мікроклімату. Видалення звідти вологи може відбуватися за рахунок активної вентиляції і вільної паропроникності через пакети одягу та взуття. Тому при виборі матеріалів необхідно враховувати їх сорбційні, вологопровідні і теплофізичні властивості.

Пошук раціональних способів своєчасного видалення водяної пари з підодягового та внутрішньовзуттєвого простору, з урахуванням різної інтенсивності трудової діяльності, можна вважати однією з основних проблем створення композиційних текстильних матеріалів, призначених для використання у виробі легкої промисловості. Два повітряні середовища, що розділяють одяг та взуття (навколишнє середовище і мікрокліматичній простір), як правило, розрізняються значеннями температури і парціального тиску водяної пари. Ця різниця викликає потік пароповітряної суміші, спрямований від тіла людини в зовнішнє середовище.

Інтенсивність переміщення вологи усередині матеріалу буде обумовлена градієнтом концентрації вологи по товщині КТМ, а також температурним градієнтом, пов'язаним з різною температурою його вологих шарів, що викликає переміщення вологи у вигляді пари чи рідини в напрямку теплового потоку. Величина термоградієнта i , відповідно, термовологопровідності, залежить не тільки від температури навколишнього середовища, але і від тепло- і температуропровідності матеріалів, тобто від їх теплофізичних властивостей.

Вологопровідність – це комплексний показник, який характеризує здатність матеріалу до поглинання крапельно-рідинної вологи, переміщення вологи в глибину матеріалу та віддачі її в оточуюче середовище.

Здійснюється це шляхом дифузії (сорбції) за допомогою системи наскрізних капілярів різної природи і розмірів.

Взаємодія КТМ з вологою буде визначатися хімічним складом його компонентів, способом їх з'єднання і виду отриманої структури і зовнішніми умовами. Вплив природи волокна на величину паропроникності відзначався авторами досліджень [60-62]. Відомо, що процеси вологопередачі в гідрофільних і гідрофобних текстильних матеріалах, неоднакові [39]. Через гідрофобні матеріали водяна пара, не поглинаючись, проникає, в основному, через наскрізні пори. Гігроскопічні матеріали зберігають здатність проводити пари води навіть при мінімальних значеннях наскрізної пористості. Співвідношення кількості пари, що проходить через ТМ в умовах малих швидкостей повітря, залежить від їх пористості і сорбційної здатності. У матеріалах з низькою пористістю процеси сорбції–десорбції значно переважають над процесами дифузії [63], волокнистий склад у цьому випадку в значній мірі визначає швидкість проникнення пари. Сировинний склад матеріалів впливає також на тривалість встановлення сорбційної динамічної рівноваги, що зростає із збільшенням гідрофільної складової і пористості матеріалів.

Механізм процесу переносу залежить і від способу введення вологи. При поглинанні вологи з повітря процес протікає за рахунок адсорбції і конденсації; при зволоженні рідкою фазою відбуваються явища змочування, капілярного підняття вологи, проникнення під дією гідростатичного тиску, термодифузійних процесів. Показано [64], що при збільшенні температурного перепаду по сторонах матеріалу збільшується швидкість проходження вологи через ТМ, а кількість вологи, що затримується у матеріалі, зменшується. Це пояснюється тим, що збільшення температурного перепаду сприяє підвищенню швидкості проходження парів за рахунок збільшення різниці парціальних тисків, а збільшення температурного градієнту викликає прискорення переміщення вологи у товщі матеріалу.

Методи визначення вологопровідності засновані, як правило, на застосуванні фізичного аналога, який у достатній мері моделює процеси, що відбуваються в системі «поверхня шкіри-одяг-навколишнє середовище» [65-69]. Використовуються вони і використані при дослідженні процесів волого переносу з сучасних «пітніючих манекенах» [70-71].

Крім сорбції, важливою ланкою в забезпеченні комфортності виробів є спроможність матеріалів взуття убирати і виводити краплиннорідку вологу в місцях щільного прилягання до тіла людини.

Для характеристики спроможності матеріалів одягу вбрати і виводити краплинно-рідку вологу, традиційно застосовуються показники водопоглинання і капілярності. Капілярність виражається залежностями пересування фронту рідини h від часу t і кількості рідини, що вибралася, Q від часу, тобто залежностями $h = f(t)$ і $Q = f(t)$; водопоглинання залежить від капілярності, гідрофобності й адсорбційної спроможності досліджуваного матеріалу.

Капілярність визначається в'язкістю і поверхневим натягом рідини, а також геометрією пористої структури матеріалу – розмірами, довжиною і формою пор. Взаємодія рідини з ТМ частіше усього описується кутом змочування θ . Хороша спроможність до вбирання рідини асоціюється з малими кутами змочування, слабе вбирання – із великими кутами. Висота підняття рідини по капіляру визначається співвідношенням (1.6):

$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{rg}, \quad (1.6)$$

де σ – поверхневий натяг, r – радіус капіляра, g – прискорення вільного падіння.

Для ТМ на основі синтетичних волокон відзначалося [72-73], що вирішення проблеми комфортності зводиться, в основному, до підвищення їх здатності до змочування незалежно від того, якою є величина рівноважної сорбції води з цими волокнами. Тобто, збільшення здатності до капілярного транспорту вологи забезпечує більш енергійне її випарування і, відповідно,

відвід тепла із системи «тіло-текстильний матеріал». Оскільки величина h обернено-пропорційно залежить від діаметра капіляра, очевидно, можна змінювати капілярність, варіюючи параметри будови багатошарових текстильних полотен для сполучення двох функцій – транспорту вологи зі шкіри одним із шарів за рахунок капілярного ефекту, і акумулювання цієї вологи в другому шарі з наступним її розсіюванням і випаруванням. У якості таких текстильних систем можуть використовуватися КТМ, один із шарів яких утворений тонкими текстурованими волокнами (наприклад, поліефірними або поліпропіленовими), а другий шар являє собою полотно зі спеціальною хімічною обробкою, що різко збільшує сорбцію. У досить широких промислових масштабах зараз виробляються так звані «інтегровані» трикотажні полотна, у яких за рахунок різниці властивостей використовуваних волокон (наприклад, поліпропіленових і віскозних) реалізуються транспортна і акумулююча функції [74-77]. Такі системи працюють за принципом капілярного насоса, передаючи вологу з внутрішнього шару матеріалу в зовнішній. Для інтегрованих полотен використання стандартних гігієнічних показників дає не зовсім інформативну картину властивостей, оскільки волога по різному перерозподіляється у шарах.

1.4. Сумісний перенос вологи і тепла в текстильних композиційних матеріалах

Однією з основних функцій взуття є підтримання теплової рівноваги між навколишнім середовищем та організмом людини, створення комфортних умов у внутрішньовзуттєвому просторі. На ці властивості впливає [78-80] велика кількість різних чинників, які можна класифікувати: теплофізичні – теплопровідність твердої речовини волокон і повітря, конвекція, теплове випромінювання; кліматичні – температура навколишнього середовища, відносна вологість повітря, швидкість і тиск

повітряного потоку; структурні – сировинний склад матеріалу, його щільність, пористість, повітропроникність, товщина матеріалу або пакета, рельєф поверхні, форма поперечного перерізу волокон, просторова орієнтація волокон в матеріалі; конструктивні – тип і конструкція одягу або взуття, ступінь прилягання до стопи; статичний (умови спокою людини) та динамічний (умови руху людини) стан шарів пакету взуття; технологічні – температура і тиск праски або пресу при волого-тепловій обробці матеріалів, наявність або відсутність дублювання деталей; експлуатаційні фактори – кількість циклів прання, величина силового тиску, вид навантаження (статичне або динамічне). Розглянемо детальніше кожен групу представлених вище факторів. Важливим напрямом розробок КТМ є використання в якості її «армуючого шару» або його складової натуральні рослинні волокна (льон, джут, пенька та ін.). Це викликано їх здатністю створювати міцний адгезійний зв'язок з'єднання з матрицею. Крім того, такі композити мають більшу здатність до біорозкладання в утилізації, що є зараз вельми актуальним питанням. Відомо, що в Європейських країнах з 2015 року буде діяти вимога, щодо 95% -вої переробці транспортних засобів. Саме тому велику увагу в цих країнах приділяють можливості використання композитних матеріалів, підсилених натуральними волокнами. Експерти світового ринку прогнозують двадцятикратне зростання виробництва біокомпозитів, в основному на базі лляної, джутової сировини. Переважно, вони знаходять своє використання в автомобільному будівництві та будівництві, в спорті та медицині.

На сьогоднішній день переробка та раціональне використання сировинних ресурсів, особливо регенерованих волокон, є важливим завданням для українських текстильних підприємств.

Багато видів текстильних відходів в Україні, по своїй якості практично не поступаються первинній сировині, а їх переробка може забезпечити потреби, вирішення яких в даний час обмежено через недостатність природних ресурсів і виробничих потужностей.

Вторинна текстильна сировина, що утворюються в процесі обробки і переробки сировини в текстильній промисловості, при розкрої і виготовленні швейних і трикотажних виробів, а також відходи споживання у вигляді зношених виробів, непридатних для застосування за прямим призначенням, але придатних після відповідного вторинного перероблення для використання як сировини, так і для виготовлення промислової продукції (пряжі, вати, повстей, нетканих матеріалів, тощо).

Аналіз тенденцій розвитку ринку текстильних матеріалів свідчить про різке зростання попиту на неткані полотна. Вони виготовляються різними способами на базі різних волокон і широко використовуються в сучасній господарчій діяльності. Для певного асортименту виробів легкої промисловості, для яких, серед інших експлуатаційних властивостей важливим є гігієнічні показники, особливий інтерес представляють неткані полотна, до складу яких входять натуральні волокна. Крім того, різке подорожчання на світовому ринку натуральних волокон, особливо бавовняних, робить актуальним питання використання регенованої сировини. Натуральні волокна цих структурах надають високі гігієнічні властивості.

Таку сировину можна успішно переробляти за технологією виготовлення нетканих полотен, отримуючи матеріали різного призначення. При цьому текстильні міжлекальні випадки та відходи текстильного виробництва переводяться у вигляд волокнистого настилу, який ретельно прочісується та змішується з певною кількістю синтетичних волокон. З'єднання елементів холсту в єдине полотно найчастіше проводиться методом голкопробивання або термозкріплення. Для забезпечення необхідних споживчих характеристик (міцності, формостійкості та ін.), до складу нетканого полотна вводять термозкріплюючі волокна типу «ядро-оболонка». Такі волокна мають зовнішній шар із полімеру з невисокою температурою плавлення, а внутрішній шар складається із міцного, пружного волокна. Широкий асортимент термозкріплених нетканих полотен, до складу

яких введено 60-70% регенованих бавовняних волокон, виробляє ВТФ «ВЕЛАМ». Вони використовуються в якості наповнювачів для матраців, м'яких меблів, мають відповідну товщину і відрізняються підвищеною пружністю.

Оскільки текстильні матеріали відносяться до капілярно-пористих тіл [80-81], то для них справедливі ті закономірності переносу тепла, які притаманні цій групі тіл. Дослідження теплофізичних властивостей матеріалів для швейних і взуттєвих виробів є непростою задачею, оскільки вони представляють собою не суцільне середовище, а мають у своїй структурі велику кількість наскрізних і тупикових пор різної конфігурації та довжини, заповнених повітрям, водою або їх сумішшю. Теплоперенос в пористих тілах здійснюється за рахунок теплопровідності волокон і повітря, конвекцією повітря в порах матеріалу і тепловим випромінюванням. Аналіз теоретичних і експериментальних досліджень переносу тепла через капілярно-пористі тіла [81] дозволяє вивести наступні положення.

Теплопровідність самого волокнистого каркасу матеріалу не має вирішального впливу на ефективну теплопровідність капілярно-пористого тіла. Так, дослідження [82] свідчать, що збільшення в 6 разів коефіцієнта теплопровідності скелета промислової теплової ізоляції приводить до зростання ефективного коефіцієнта теплопровідності матеріалу тільки в 1,5 рази [83-84]. За даними [85], внесок кондукції волокон в загальний теплоперенос може бути істотним лише в матеріалах з об'ємною часткою волокон більше 20%, а за іншими даними – для матеріалів, що мають щільність більше 100 км^2 [86]. Разом з тим, відзначалось [83], що в утеплюючих нетканих матеріалах із вмістом волокон 10-19% кондуктивний теплоперенос волокон становить тільки 6-7% від загальної кількості тепла, яке пройшло через матеріал і основним видом переносу тепла слід вважати молекулярну теплопровідність повітря, а вклад теплопровідності волокон буде мізерно малим.

Перенесення тепла випромінюванням в текстильних матеріалах значною мірою визначається товщиною, об'ємною часткою волокон, що містяться в матеріалі, і діаметром волокон. На думку більшості дослідників [82, 87] вклад променистої складової в загальний теплоперенос через щільні тканини при невеликих перепадах температур відносно малий, що експериментально підтверджено рядом експериментальних робіт [85-86]. Це обумовлено, по-перше, тим, що діаметр волокон і пряжі істотно більше довжини хвилі теплового випромінювання, тому вони практично не пропускають теплові промені. По-друге, додається ефект багаторазового розсіювання випромінювання волокнами тканини [84]. В силу того, що нитки в щільних, тонких матеріалах розташовуються досить близько одна до одної, можна припускати, що основний внесок в перенос тепла випромінюванням належатиме наскрізним порам між нитками, а теплове випромінювання не є переважаючим в порівнянні з теплопровідністю повітря і волокнистої маси матеріалу. І, навпаки, в високопористих матеріалах великої товщини з об'ємною часткою волокон, що не перевищує 1-2%, вклад променистої складової може бути порівнянний з кондукцією повітря [85]. Отже, теплоперенос випромінюванням є функцією об'ємної густини і товщини матеріалу, а також діаметра волокон, що складають цей матеріал.

При дослідженні здатності текстильних матеріалів поглинати теплове випромінювання було встановлено, що коефіцієнт поглинання матеріалу залежить від щільності матеріалу і його вологості і не залежить від волокнистого складу матеріалу [87]. Із зростанням поверхневої густини матеріалу збільшується і його коефіцієнт поглинання, але при значеннях поверхневої щільності $M_s > 100$ % це зростання сповільнюється. Крім цього, на поглинання тепла матеріалом впливає його вологість, причому найбільший вплив відзначено при вологовмісті від 0 до 30%, причому збільшенні вологості всі види волокон мають приблизно однакові теплопоглинаючі характеристики [88].

КТМ складаються з різноманітних за структурою, товщиною і теплопровідністю текстильних матеріалів. Теорія процесів теплопередачі через такі системи й аналіз методів їх експериментальної оцінки докладно розглянуті в ряді фундаментальних досліджень, при цьому відзначалося, що узагальненою характеристикою, яка відображає їх теплофізичні властивості, можна вважати загальний термічний опір [39, 89, 90]. Серед основних чинників, що визначають величину цього показника, можна виділити такі основні: теплофізичні (кондукція, конвекція газу, теплопровідність волокон текстильних матеріалів, променистий обмін теплом); структурні (товщина й об'ємна вага, пористість і т.п.); вологовміст і гігроскопічність, вологопровідність, вологість повітряних прошарків).

Однією з найважливіших властивостей, яка функціонально пов'язана із пористістю та визначає захисні та гігієнічні властивості матеріалів, є їх здатність пропускати повітря. Проходження повітря через виникає при наявності різниці з обох боків матеріалу (чи пакету матеріалів) або тиску, або температури. Цей процес може також реалізуватися під впливом обдування (наприклад, у тоці повітря при кондиціонуванні приміщень). Встановлено [89], що залежність повітропроникності B від тиску P виражається експоненціальною залежністю $B = AP^{\tau}$.

Гradient тиску виникає за рахунок різниці тиску у внутрішньовзуттєвому просторі і навколишньому середовищі. Повітропроникність залежить як від особливостей будови самого ТМ, так і від зовнішніх движучих сил. У текстильному матеріалознавстві швидкість проходження повітря через матеріал прийнято оцінювати показником повітропроникності B , який характеризує об'єм повітря V , що проходить через зразок матеріалу площею S за час t .

Найбільше впливає на повітропроникність кількість, розміри і форма наскрізних міжниткових пор, розташованих перпендикулярно до поверхні тканини. Певний внесок вносять також похилі міжниткові пори, розташовані до площини тканини під різними кутами нахилу. Проникність

внутрішньниткових пор, по [91-93], не перевищує 10% від загального значення. Відзначалося [89, 94], що при одних і тих самих розмірах наскрізної пористості повітропроникність тим вище, чим менше середні розміри пор. Автори зв'язували це з різним характером протікання повітря, вважаючи, що в тканинах із наскрізними порами більшого розміру реалізується турбулентний режим, а при протіканні через пори, що мають менші розміри поперечного перетину – ламінарний режим протікання.

Аналіз робіт, присвячених вивченню процесів проходження повітря через ТМ показав, що в даний час пріоритетним напрямком досліджень є прогнозування повітропроникності текстильних полотен на стадії їх проектування [95-97]. Часто це робиться з застосуванням геометричного моделювання наскрізних міжниткових пор (за допомогою комп'ютерної техніки) із наступним аналізом можливого режиму протікання, витрат повітря і швидкості його протікання. Частина робіт цього напрямку присвячена встановленню кореляції експериментально отриманих значень коефіцієнту повітропроникності зі значеннями наскрізної пористості, визначеної тим або іншим методом, а також пошуку можливості прогнозування коефіцієнту повітропроникності по параметрах будови – коефіцієнту наповнення, «параметру структури», що розраховується як добуток діаметрів ниток, щільності ткацтва і коефіцієнта наповнення тканини. Хороша кореляція виявлена між коефіцієнтом повітропроникності та наскрізною пористістю, визначеною оптичним методом, наприклад, при вивченні різноманітних видів тканин із використанням кореляційного і регресійного аналізів значень коефіцієнта повітропроникності і наскрізної пористості, визначеної різними методами – розрахунковим, мікроскопічним і проєкційним [98].

Варто зауважити, що при розрахунках характеристик наскрізної пористості в тканинах частіше усього приймається ідеалізована модель міжниткових наскрізних пор, яка у проєкції має вигляд прямокутника або квадрата. Проте відомо що, навіть у тканинах простих переплетень форма

елементарної наскрізної міжниткової пори далека від прямокутної [99-101]. Аеродинаміка проходження потоку повітря через такі пори буде дуже істотно різнитися навіть для тканин, дуже близьких за будовою, що не може не позначатися на показниках їхньої повітропроникності [102]. Для багатошарових текстильних матеріалів, особливо таких, що отримуються термоклейовим з'єднанням форма наскрізних пор, їх розташування та значення середніх поперечних розмірів є величинами, які практично дуже важко розрахувати або визначити експериментально.

Прогнозування характеристик протікання повітря зазвичай провадиться при умові, що ТМ представляється у виді одномірного тіла стаціонарного розміру з наскрізними отворами. Значення повітропроникності, у переважній більшості випадків, розраховуються на основі обмірюваного значення різниці тисків ΔP з обох сторін матеріалу, об'єму потоку повітря й активної площі бар'єру. Текстильний матеріал можна розглядати як пористий бар'єр, на який діє динамічний струм повітря. Розподіл тиску, який розвивається у структурі текстильних матеріалів, є дуже неоднорідним. У ряді робіт показано [103-105], що проникність нелінійно змінюється із зміною тиску. Зміна опору протікання волокнистим бар'єром обумовлюється тими частинами його структури, які не беруть участі у процесах передачі тиску – такими, наприклад, як порожнисті частини волокон, що деформуються потоком повітря. За певних умов вони можуть впливати на загальну площу вільних ділянок, а саме, зменшувати їхню площу при збільшенні об'єму потоку.

Відзначалось [101], що оскільки всі величини, що входять у визначення повітропроникності, є функцією часу, для її описання недостатньо стаціонарних умов. Розвивається підхід, у якому текстильних матеріалів розглядається як пористий бар'єр, що піддається динамічному впливу струменя повітря. Показано [101, 106, 107], що об'єм V потоку повітря, що проходить, залежить від величини ΔP , причому залежність $V = f(\Delta P)$ характеризується певною нелінійністю. За думкою авторів, це пов'язано з

ефектом сил інерції, які викликані звивистістю каналів протікання, а також із розвитком турбулентності при великих значення Re . Досліджувався також вплив зміни кількості шарів текстильних матеріалів у пакеті [89, 108, 109] на повітропроникність.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Проведений аналіз сучасних тенденцій виробництва КТМ показав, що цей ринок текстилю бурхливо розвивається, розширюється асортимент виробів та сфер використання і застосування КТМ.

2. Одним із перспективних методів отримання КТМ із регулюванням властивостей є нашарування та термоклейове з'єднання текстильних полотен в одну структуру. При цьому варіюючи склад, структуру та інші властивості шарів можна отримувати КТМ із заданими властивостями.

3. Одним із напрямів застосування КТМ може стати використання їх для виробів легкої промисловості в тому числі в якості деталей верху взуття.

4. Для прогнозування термосклеєних структур мають бути ретельно вивчені, як особливості механічних та фізичних властивостей складових текстильних полотен, так і КТМ нової суцільної структури.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА НОМЕНКЛАТУРИ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ

2.1. Об'єкти та предмет досліджень


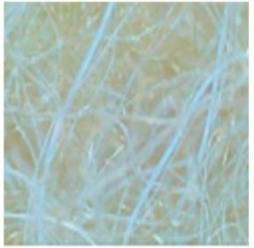

В роботі об'єктом дослідження був процес підвищення експлуатаційних властивостей текстильних матеріалів. Забезпечення об'єднання властивостей вихідних матеріалів в одному багатошаровому полотні базується на виборі складу та послідовності розташування шарів з урахуванням властивостей кожного компоненту та внеску в основну комплексну функцію композиційного матеріалу [110].

Вибір полотен для шарів КТМ був зумовлений метою роботи – створити композиційний текстильний матеріал для використання в деталях різного асортименту і призначення. Як вихідні текстильні полотна для функціональних шарів КТМ були використано ряд матеріалів різного сировинного складу та способу виробництва (трикотаж, неткані полотна). Дослідження комплексу їх механічних і фізичних властивостей дозволить вибрати ті, що відповідають вимогам до кожного з шарів та КТМ в цілому. Структурні характеристики вихідних полотен та їх сировинний склад представлені в табл. 2.1.

З метою здешевлення КТМ без погіршення їх якості неткані полотна середнього шару (зразки 4, 5 табл. 2.1) було обрано з тих, що виготовляються на базі вторинної текстильної сировини – відходів, що утворюються при розкрої і виготовленні бавовняних або вовняних швейних і трикотажних виробів, а також вторинних поліефірних волокон [110-111]. На сьогоднішній день таке раціональне використання сировинних ресурсів, які практично не поступаються за своєю якістю первинній сировині, є важливим завданням для українських текстильних підприємств. Для отримання нетканих полотен текстильних відходів були переведені у вигляд волокнистого настилу і ретельно прочесані.

Вихідні матеріали, які використовувалися для отримання КТМ

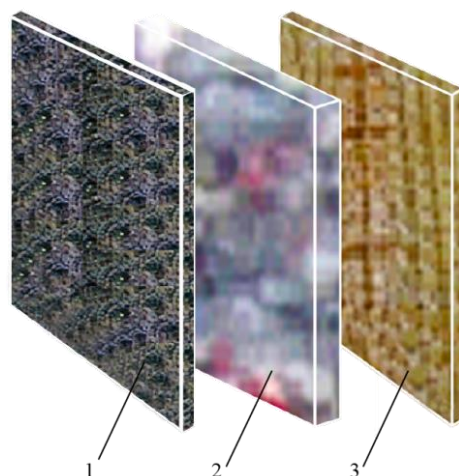
№ п/п зразка	Умовне позначення матеріалу	Товщина, мм	Поверхня вага густина $M_s, \text{г/м}^2$	Назва матеріалу, сировинний склад	Мікрофотографія зовнішнього вигляду матеріалу
1	2	3	4	5	6
Матеріали верху					
1	ТР1	2,4	338	Двошарове трикотажне поліефірне полотно	
2	ТР2	2,3	286	Двошарове трикотажне поліефірне полотно	
Матеріал низу					
3	КТМ	1,7	144	Клейове трикотажне полотно, фарбоване екстрактом лушпиння цибулі	
Матеріали середнього шару					
4	НМБ1	1,4	27	Неткане полотно складу: 60% бавовняних регенованих волокон, 20% регенованих ПЕ волокон, 20% низькоплавких волокон типу «ядро-оболонка»	

5	НМБ2	1,5	29	Неткане полотно складу: 70% бавовняних регенерованих волокон, 20% регенерованих ПЕ волокон, 10% низькоплавких волокон типу «ядро-оболонка»	
6	НМВ	1,2	16	Неткане полотно складу: 30 % вовняних регенерованих волокон, 70 % низькоплавких волокон типу «ядро-оболонка»	
7	БІВ	0,6	9,4	Бікомпонентне волокно типу «ядро-оболонка»: ядро – ПЕТФ $T_{пл}=260\text{ }^{\circ}\text{C}$, «оболонка» – ПЕ; $T_{пл} = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$, довжина волокна 3-6 мм, звитість 5 ± 1 з/см	

З'єднання елементів холсту в єдине полотно проведено методом голкопробивання. Для забезпечення необхідних споживчих характеристик (міцності, формостійкості та ін.), до складу нетканого полотна, крім вторинних волокон було введено термозкріплюючі бікомпонентні волокна типу «ядро-оболонка». Серед широкого асортименту термозкріплених нетканих полотен різного сировинного складу, товщини і поверхневої густини (табл. 2.1, Додаток А), які випускаються ВТФ «ВЕЛІАМ», для подальшого використання в якості серединного шару трьохшарових КТМ нами було обрано такі, до складу яких входить максимальна кількість регенерованих бавовняних або вовняних волокон.

В якості верхнього шару КТМ використовувався поліефірний двошаровий трикотаж [112], для нижнього шару КТМ було використано

основов'язане клейове трикотажне полотно (КТМ), в структуру якого включена клейова низькоплавка поліетиленова нитка (температура плавлення $127\div 130\text{ }^{\circ}\text{C}$), яка, згідно заправочного рисунку виходить на поверхню полотна (рис. 2.1) [113]. Полотна нижнього шару для надання бактерицидних властивостей були попередньо пофарбовані екобезпечними натуральними барвниками, отриманими із лушпиння цибулі або звіробою за розробленою технологією [114, 115]. Режими екофарбування наведені в **Додатку В**.



1- верхній шар;
2- середній шар;
3- нижній шар

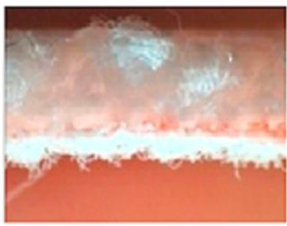
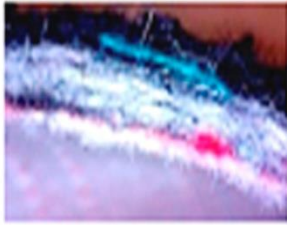
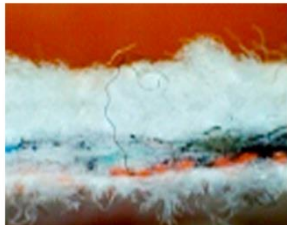
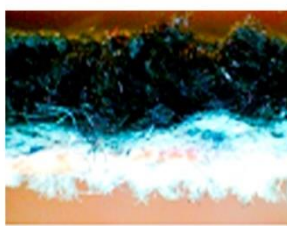
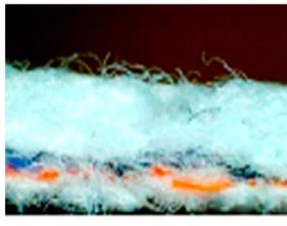


Рис. 2.1. Схема розташування шарів у пакеті композиційного текстильного матеріалу

Дво- і трьохшарові КТМ (табл. 2.2) одержували методом термосклеювання вихідних полотен на пресі ERBO EB-R2 без зволоження при температурі $t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, тиску $P = 0,055\text{ МПа}$, час $T = 60\text{ с}$ [119].

Таблиця 2.2

Композиційні текстильні матеріали, отримані термосклеюванням

№ п/п	Умовне позначення та склад	Поверхнева густина $M_s, \text{г/м}^2$	Товщина, мм	Мікрофотографії поперечного перерізу КТМ
Двошарові КТМ				
1	2	3	4	5
1	ТР1 + КТМ	482	2,5	

2	TP2 + КТМ	450	2,4	
Трьохшарові КТМ				
1	2	3	4	5
3	TP1 + НМБ1 + КТМ	509	3,5	
4	TP2 + НМБ1 + КТМ	467	3,5	
5	TP1 + НМБ2 + КТМ	508	3,5	
6	TP2 + НМБ2 + КТМ	459	3,5	
7	TP1 + НМВ + КТМ	498	3,5	
8	TP2 + НМВ + КТМ	446	3,5	

Оскільки багат шарові текстильні полотна, що розробляються, плануються до використання в якості деталей верху взуття, у сполученні з деталями, виконаними із натуральної шкіри, для надання високої здатності до формоутворення і формостійкості всієї заготовки верху необхідно забезпечити для цих матеріалів близькі значення за товщиною та показниками механічних характеристик. З цією метою для ряду м'яких натуральних шкір для верху взуття (опойок) було розроблено режими термодублювання і отримано двошарові термоклейові пакети необхідної товщини [116-118].

2.2. Встановлення вимог та розробка номенклатури показників якості композиційних текстильних матеріалів

Для проектування КТМ з прогнозованими властивостями, важливим етапом є встановлення номенклатури вимог та визначення їх вагомості [120]. Особливу увагу, зважаючи на актуальність проблеми, в роботі було приділено конфекціюванню матеріалів на реабілітаційне післяопераційне взуття. Для вирішення цієї задачі було використано найбільш поширений в практиці матеріалознавчих досліджень текстильних матеріалів експертний метод. Експертне опитування проводилося за загальноприйнятою схемою і включало такі етапи: формування групи фахівців-експертів; підготовка опитування експертів; опитування експертів; обробка отриманих експертних оцінок. Основними вимогами при виборі експертів була їх обізнаність в обговорюваному питанні, об'єктивність, досвід практичної експлуатації виробів по догляду за важкохворими. В якості експертів нами були обрані лікарі та молодший медичний персонал травматологічного та опікового відділень Головного військово-медичного клінічного центру «Головний військовий клінічний госпіталь», які щоденно мають справу з великою кількістю пацієнтів з травмованими нижніми кінцівками. Група експертів налічувала 20 осіб. Анкета включала 14 вимог до післяопераційного взуття, які були сформульовані таким чином, щоб анкетовані, не маючи спеціальної освіти з матеріалознавства, могли

висунути вимоги до виробів даного асортименту та оцінити їх значимість. У передмові до анкети коротко викладалась суть обговорюваного питання, давався опис принципу рангової оцінки вимог (найбільш вагомій вимозі присвоювався ранг $R = 1$, найменш вагомий – ранг $R = n$, де n – число вимог). Якщо експерт вважав кілька показників рівноцінними по значущості, то присвоював їм однакові ранги. Опитування експертів здійснювалося індивідуально. Зразок анкети експерта при проведенні першого етапу опитування наведено в додатку 2. Обробка отриманих відповідей на запитання дозволила визначити пріоритетні позиції, які були враховані при розробці конструкції післяопераційного взуття. Домінуючим напрямом при цьому було забезпечення ергономічності та зменшення больових відчуттів при експлуатації. Після опрацювання експертних анкетних даних розроблено оптимальний варіант конструкції післяопераційного взуття.

На другому етапі роботи була складена анкета експерта (табл. 2.3) і групі респондентів було запропоновано провести рангове оцінювання показників якості матеріалів верху післяопераційного взуття шляхом позначення ступеня важливості кожного показника певним рангом. Дані анкет експертів після ранжирування були занесені в матрицю ранжирування та піддані математичній обробці, яка включала підрахунок зведених характеристик опитування та оцінку ступеня узгодженості думок експертів (табл. 2.3). Розрахований коефіцієнт конкордації становить $W = 0,87$, що свідчить про високий рівень узгодженості думок експертів, оскільки табличне значення χ^2 -критерія Пірсона менше розрахункового при 95%-вій довірчій вірогідності. Коефіцієнт вагомості кожного показника якості визначався за формулою (2.1):

$$j_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn \cdot (n - 1)}, \quad (2.1)$$

де m – кількість експертів, n – кількість показників якості.

**Номенклатура показників якості КТМ для верху
післяопераційного взуття**

№ п/п	Показники якості матеріалів	Одиниці вимірювання
1	2	3
Призначення		
1	Розривальне навантаження	даН
2	Розтягування при навантаженнях, менших за розривні	%
Надійності		
3	Ступінь стійкості фарбування до дії поту	бали
4	Стійкість до витирання по площині	тис. циклів
Ергономічності		
5	Коефіцієнт повітропроникності	дм ³ /см ²
6	Коефіцієнт паропроникності	мг/см ² ×с
7	Поверхнева густина	г/м ²
8	Гігроскопічність	%
9	Сумарний тепловий опір	м ² К/Вт
Технологічності		
10	Жорсткість при згинанні	мкН×см ²

Суттєво значимими показниками, для яких, $j_i > \frac{1}{n}$ виявилися показники якості, що визначають гігієнічні властивості, ергономічність виробу та надійність в експлуатації (табл. 2.4, рис. 2.2.).

Таблиця 2.4

**Суттєво значимі показники якості матеріалів для верху
післяопераційного взуття**

№ п/п	Позначення	Показники якості	Коефіцієнт вагомості
1	2	3	4
1	X1	Коефіцієнт повітропроникності, дм ³ /см ² с	0,25
2	X2	Коефіцієнт паропроникності, мг/см ² с	0,23
3	X3	Жорсткість при згинанні, мкН×см ²	0,20
4	X4	Розривальне навантаження, Н	0,17
5	X5	Розтягування при навантаженнях, менших за розривальні, %	0,15
Сума			1,00

Серед інших розглянутих властивостей відзначені як бажані це коефіцієнт пило проникності та сумарний тепловий опір. На основі вимог, які висуваються до виробів та умов їх експлуатації, була визначена номенклатура показників якості багатошарових КТМ (рис. 2.2).

Наведені методики дослідження властивостей текстильних матеріалів та багатошарових КТМ згідно з діючими ДСТУ та ГОСТ. В розділі також наведені нестандартизовані, спеціально розроблені, або удосконалені нами методики визначення показників якості.

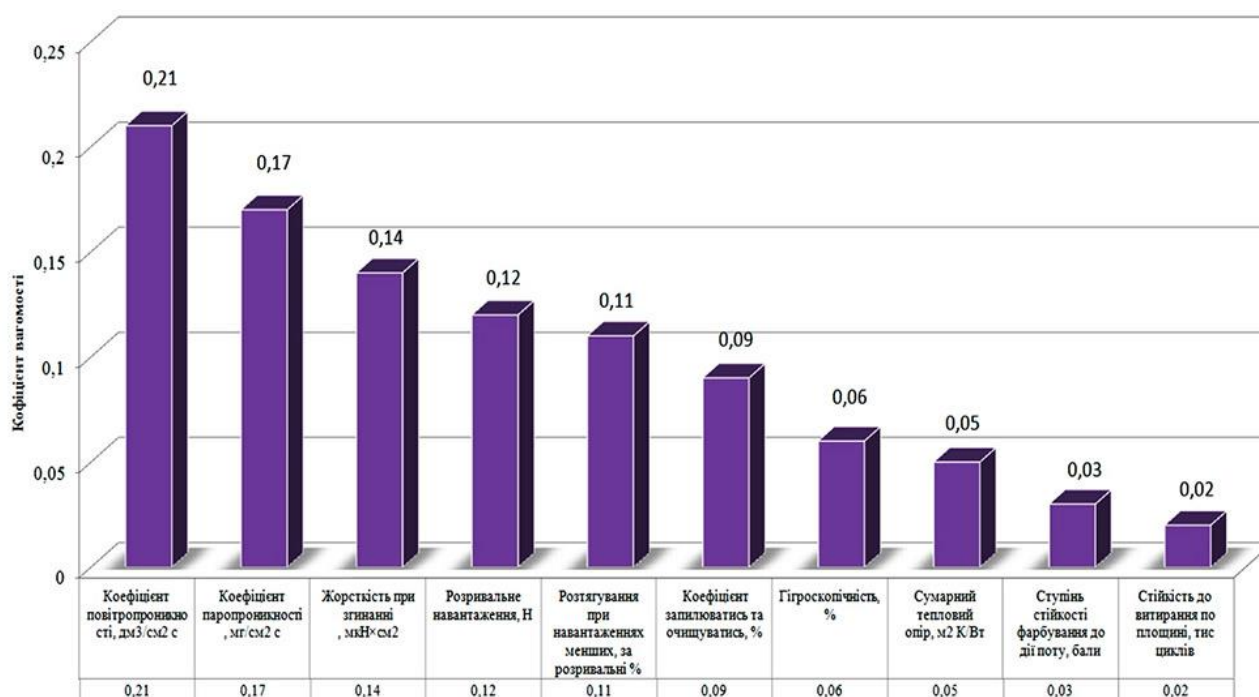


Рис. 2.2. Коефіцієнт вагомості показників якості матеріалів для верху післяопераційного взуття

Таким чином, проведене експертне оцінювання дозволило визначити суттєво значимі показники якості для КТМ, призначених для верху післяопераційного взуття.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Обрано вихідні текстильні полотна, розроблено методику та технологічний режим їх з'єднання у багатошарові композиційні текстильні матеріали, основним призначенням яких є використання в якості деталей верху взуття.

2. Термоз'єднання здійснюється як за рахунок використання спеціальних термоклейових трикотажних полотен, так і шляхом введення до складу нетканих полотен серединного шару низькоплавких волокон «ядро-оболонка».

3. Для покращення гігієнічних властивостей і зниження вартості матеріалів в розроблених КТМ в якості серединного шару введені неткані полотна, отримані на базі вторинної натуральної (бавовняної та вовняної) сировини. Для надання бактерицидних властивостей підкладкового шару КТМ розроблено режими та проведено екобезпечне фарбування відварами лушпиння цибулі або звіробою.

4. З використанням експертного методу сформовано номенклатуру, встановлено вагомість показників якості багатошарових КТМ.

5. Обрано стандартизовані та модифіковані методи дослідження цих властивостей.

РОЗДІЛ 3. ВИЗНАЧЕННЯ МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

3.1. Обґрунтування вибору методів дослідження комплексу властивостей багатофункціональних текстильних композиційних матеріалів

У процесі експлуатації КТМ піддаються впливу складного комплексу фізико-механічних та фізико-хімічних факторів: вологи, тепла, багаторазових розтягнень, згинань тощо. Від інтенсивності дії вказаних факторів та від значень фізико-механічних показників якості КТМ залежить термін експлуатації матеріалу і в кінцевому рахунку виробу з нього, а отже ефективність та доцільність використання створюваних полотен. Перелік досліджуваних властивостей вихідних ТМ та багатошарових КТМ відповідає переліку показників, які визначені в підрозділі 2.1

При вивченні властивостей вихідних ТМ та багатошарових КТМ в роботі були використані як методики, на які існують ДСТУ, ГОСТи, так і спеціально розроблені або удосконалені існуючі методи.

Підготовку всіх проб КТМ до випробувань проводили у відповідності до ГОСТ 10681–75 [121]. Визначення геометричних розмірів проб, обраних для подальшого аналізу, проводилось згідно стандартизованих методиках [122].

Поверхнева густина, число петельних рядків та стовпчиків на 100 мм для трикотажних полотен визначались за ГОСТ 8846–87 [123]. Товщина полотен досліджувалася при тиску 200 Па згідно ДСТУ ISO 5084:2004 [125]. За методиками ГОСТ 3816–81 [126] (ISO 811–81) [126-127] визначалися показники: кондиційна вологість, W_k [%]; гігроскопічність, H [%]; водовбиральність, B_c [г/м²]; капілярність, K [мм].

Напівциклові розривні характеристики досліджуваних матеріалів визначали на установці WinWdw Electronic Universal Testing Machine Measuring Control Software (рис. 3.1) згідно ISO 6892 [128]. Необхідну кількість зразків

встановлювали залежно від заданої гарантійної помилки коефіцієнта варіації m_c , що складає 1,5-2,5 %.



Рис. 3.1. Установка Electronic Universal Testing Machine Measuring Control Software: а) - зовнішній вигляд; б) зразок, заправлений у верхній та нижній затиски перед початком досліджень

Крім розтягуючих зусиль, деталі верху взуття в пучковій частині піддаються навантаженням, направленим перпендикулярно до їх поверхні, розподіленим на деяку площу. При цьому перпендикулярно направлене зусилля концентрується на невеликій ділянці в центрі зразка, де швидше всього і проходить руйнування матеріалу, що викликає розтягування одночасно в багатьох напрямках, а центральна частина зразка приймає форму кульового сегменту (рис. 3.2). Для визначення продавлюючого зусилля та розтягування КТМ при продавлюванні кулькою використовувалась методика ДСТУ ГОСТ ISO 2960:2002 [129].

Визначення деформації розтягування при зусиллях менших розривних проводилось з використанням релаксометра «Стійка» за загальноприйнятою методикою при навантаженнях, які дорівнюють тим, що діють на заготовку верху взуття при операціях затягування на колодці (10 МПа). Розмір робочої частини проб складає 50×150 мм, час навантаження – 1 год, час відпочинку – 2 год.

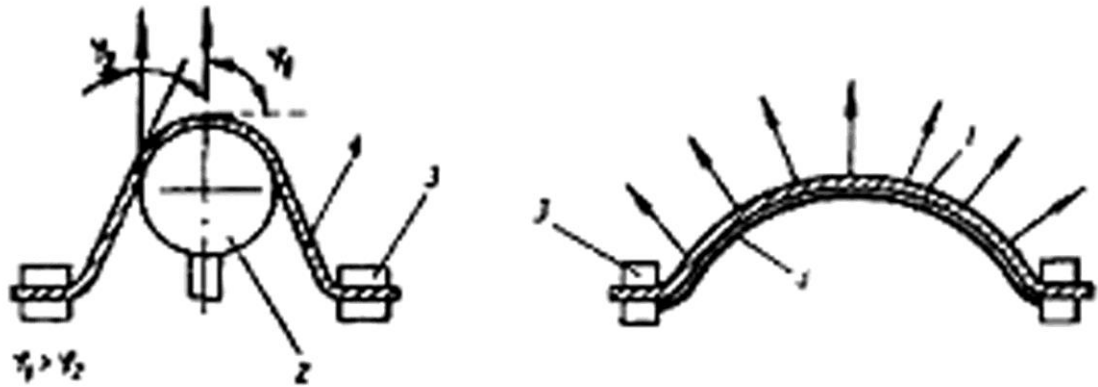


Рис. 3.2. Випробування на продавлювання кулькою

Розраховувалися значення повної деформація матеріалів та її складових: швидкооборотної (умовно-пружної), повільнооборотної (умовно-високоеластичної) і залишкової (умовно-пластичної).

Незмиральність при неорієнтованому зминанні визначали на приладі НСТП (рис. 3.3) згідно ДСТУ 2994-95[130]. Коефіцієнт незмиральності, який характеризує здатність робочої проби відновлювати висоту після зминання і відпочинку, розраховувався як (3.1):

$$K_1 = 100 \cdot (H_c / H_o), \quad (3.1)$$

де H_c – середня висота робочої проби після одного циклу зминання, мм; H_o – середня вихідна висота робочої проби, мм.

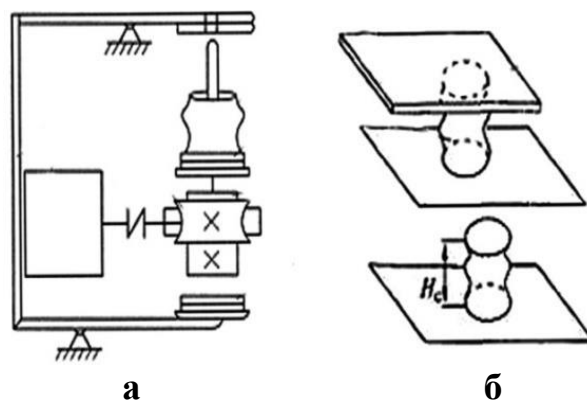


Рис. 3.3. Прилад НСТП для визначення незмиральності при неорієнтованому зминанні: а - схема приладу НСТП; б - замір висоти проби після зминання

Жорсткість вихідних ТМ та створених КТМ вимірювали методом консолі на приладі ПТ-2 [131] і методом кільця на приладі ПЖУ-12 [132]. Визначення стійкості до тертя та піллеутворення проводилось згідно ГОСТ 12739-85 на приладі ПІ-1М [133]; абразив - сірошінельне сукно арт. 6405.

Динамічний модуль пружності (E_d , МПа) та коефіцієнт механічних витрат (декремент затухання δ) визначались методом повздовжніх резонансних коливань на установці УДМ-1 [134].

Динамічний модуль пружності E_d з точністю до 1×10^6 МПа, розраховувався за формулою (3.2):

$$E_d = \frac{4 \cdot \pi^2 \cdot l_0 \cdot M_{zp}}{F \cdot T_p^2}, \quad (3.2)$$

де $\pi = 3,14$; l_0 – робоча довжина зразка, м;

M_{zp} – маса стержня вантажу, кг;

F – площа поперечного перерізу зразка, м²;

T_p – значення періоду коливань, відповідно моменту резонансу, с.

Обчислення логарифмічного декременту затухання з точністю до $1 \cdot 10^6$ МПа, виконувалось за співвідношенням (3.3):

$$\delta = \frac{\pi \cdot (T_1 - T_2) \cdot T_p}{T_1 \cdot T_2 \cdot \sqrt{N^2 - 1}}, \quad (3.3)$$

де T_1 і T_2 – значення періоду коливань, при яких амплітуда коливань рівна її резонансному значенню, с;

N – коефіцієнт збільшення збуджуючої сили.

Визначалась здатність текстильних матеріалів запилюватись та очищуватись від дрібнозернистого пилу визначали за допомогою приладу ПВЗМ, схема приладу для визначення ступеня запиленості текстильних матеріалів.

Коефіцієнт запилення ($K_{зан}$) текстильних матеріалів розраховується за формулою (3.4):

$$K_{зан} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\% , \quad (3.4)$$

$K_{зан}$ – коефіцієнт запиленості, %,

m_1 – маса проби матеріалу до випробування, г;

m_2 – маса проби матеріалу після проведення експерименту, г.

Схема приладу для визначення коефіцієнта очищення текстильних матеріалів наведена на (рис. 3.4.).

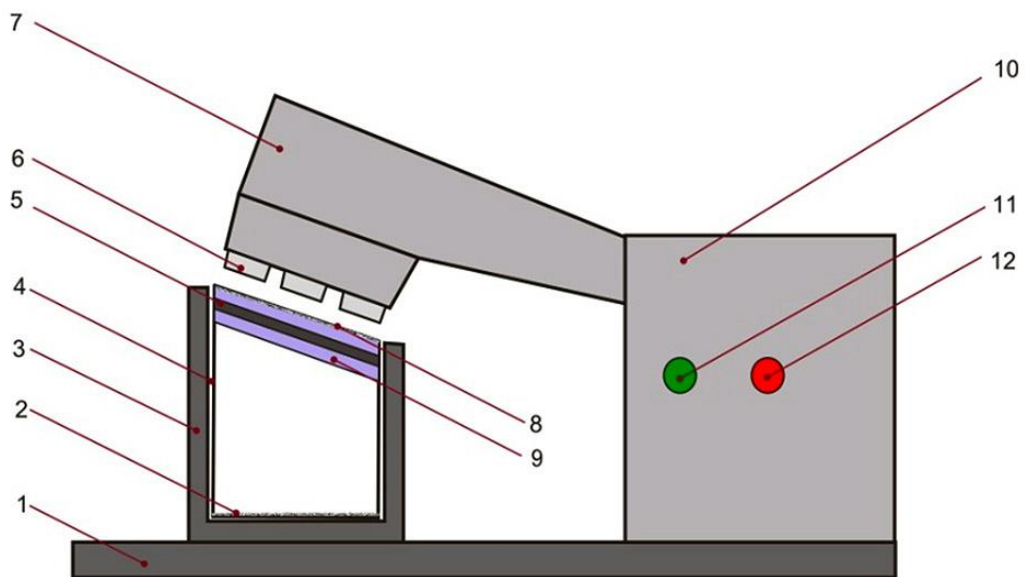


Рис. 3.4. Принципова схема будови приладу для визначення ступеня очищення КТМ від пилу: 1 – платформа; 2- ; 3 - стійка яка закріплена на платформі; 4- ємність з нахилом для запилення; 5 - металевий фіксатор; 6 - гумові диски; 7 - механізм; 8 - «запилений» бік ємності; 9 - проба; 10 - верхня платформа; 11 - кнопка «пуск»; 12 - кнопка «стоп»

Коефіцієнт очищення $K_{очищ}$ текстильних матеріалів розраховується за формулою (3.5):

$$K_{очищ} = \frac{m_3 - m_1}{m_1} \cdot 100\% , \quad (3.5)$$

де $K_{очищ}$ – коефіцієнт очищення, %, m_3 – маса проби після струшування, г.

Оцінку комфортності розроблених КТМ проводилась з використанням приладу на базі шумового методу за власним тепловим електромагнітним випромінюванням матеріалу, який базується на порівнянні електромагнітних властивостей матеріалу зі шкірою людини.

Коефіцієнт повітропроникності вихідних полотен і КТМ визначався згідно ГОСТ 12088-77 [135] з використанням приладу ВПТМ-2 при перепаді тиску 49 Па. Зважаючи на те, досліджувані матеріали мають рихлу структуру при досить високій товщині, для запобігання підсосу повітря з торцевих боків було розроблено спеціальне гумове пристосування, за допомогою якого проводились заміри.

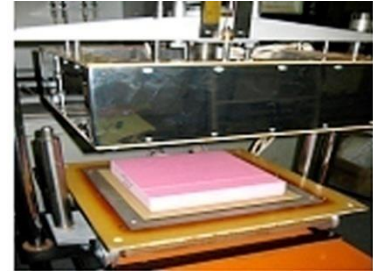
Коефіцієнт паропроникності визначався за методикою ГОСТ 22900-78 [136] при витримуванні зразків на протязі 5 та 16 годин в неізотермічних умовах при температурі 32 °С, і нормальних умовах оточуючого середовища (температурі повітря $t = 20 \pm 2$ °С, відносній вологості $\varphi = 63 \pm 2\%$).

Визначення теплофізичних властивостей матеріалів проводилось на установці ИТ-7С Інституту технічної теплофізики АНУ за спеціально розробленою методикою. Установка являє собою (рис. 3.5) сукупність функціонально об'єднаних частин теплового блока 1, в якому розміщують зразок досліджуваного матеріалу та забезпечують необхідний температурний та тепловий режим, пристрою термостатування опорних спаїв термопар 3 та електронного блока 2, який містить засоби для регулювання теплових режимів прийому, обробки первинної вимірювальної інформації та передачі її з використанням послідовних інтерфейсів USB/RS-485 до персонального комп'ютера для подальшої обробки за відповідною програмою [137].

Сутність методики визначення теплофізичних властивостей з використанням ИТ-7С полягає у створенні стаціонарного теплового потоку, направлено крізь плаский зразок, перпендикулярно до його лицьових поверхонь. Коефіцієнт теплопровідності визначається за результатами вимірювання поверхневої густини теплового потоку, що проходить крізь зразок певної товщини, при визначеній різниці температур його робочих поверхонь.



а



б

Рис. 3.5. Установка ИТ-7С для визначення теплофізичних властивостей матеріалів: а - зовнішній вигляд установки ИТ-7С:

1 – тепловий блок; 2 – електронний блок; 3 – блок опорних спаїв термопар; 4 – підйомно-опускна платформа; 5 – кліматична камера;

б - тепловий блок установки ИТ-7С

Для забезпечення мінімальних значень тиску (9,6 Па та 3,5 кПа) були виготовлені спеціальні дистанціонери, за допомогою яких збирався пакет із КТМ (від 3 до 9 шарів) [138], товщина якого відповідала необхідному значенню, зумовленому висотою комірки у приладі (рис. 3.5). Температура верхньої та нижньої пластини складала $T_B = 27\text{ }^\circ\text{C}$, $T_H = 35\text{ }^\circ\text{C}$, відповідно, забезпечуючи градієнт температур $\Delta T = 8\text{ }^\circ\text{C}$, що приблизно дорівнює градієнту температур між внутрішньовзуттєвим простором та оточуючим середовищем. Розрахунок термічного опору R_T і коефіцієнта теплопровідності зразка λ проводився за формулами (3.6, 3.7):

$$R_T = \frac{2 \cdot (T_B - T_H)}{q_B + q_H} - R_K, \quad [K \cdot m^2 / W]; \quad (3.6)$$

$$\lambda = \frac{h}{\frac{2 \cdot (T_B - T_H)}{q_B + q_H} - R_K}, \quad [W / m \cdot K]. \quad (3.7)$$

де h – товщина зразка; $T_B - T_H$ – різниця значень температури, відповідно, верхньої та нижньої робочих поверхонь зразка; q_B і q_H – поверхнева густина

теплового потоку, що проходить, відповідно, крізь верхню та нижню робочі поверхні зразка; R_K – сумарний контактний термічний опір між поверхнями зразка та перетворювачами температури (спаями термопар) теплометричних блоків.

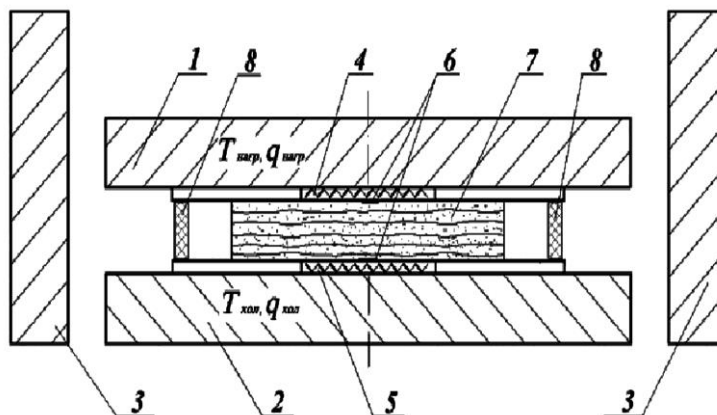


Рис. 3.6. Схема розміщення зразка КТМ в тепловому блоці установки ИТ-7С: 1 - нагрівач; 2 - холодильник; 3 - бічна теплоізоляція; 4 - верхній перетворювач теплового потоку; 5 - нижній перетворювач теплового потоку; 6 – спаї стрічкової диференціальної термопар; 7 - КТМ; 8 – дистанціонери

Товщина пакету КТМ h визначалась за допомогою електронного штангенциркуля; значення T_B, T_H вимірювались первинними термоелектричними перетворювачами температури зі статичною характеристикою перетворення типу ТХК (L); значення поверхневої густини теплового потоку q_B і q_H вимірювались первинними термоелектричними перетворювачами теплового потоку.

Під час проведення всіх досліджень дотримувались умови, що забезпечують достовірність результатів з вірогідністю 0,95 ($\alpha = 2$). Достовірність результатів при дослідженні властивостей текстильних полотен визначалась за гарантійною похибкою коефіцієнта варіації (m_c [%]). Результати дослідів вважались задовільними, коли гарантійна похибка коефіцієнту варіації не перевищувала 10%. Необхідна кількість проб визначалась, виходячи з

заданої гарантійної похибки коефіцієнта варіації за формулою (3.8):

$$n = \frac{4C^2}{2m_c^2}, \quad (3.8)$$

де C – значення коефіцієнта варіації; m_c – гарантійна похибка коефіцієнту варіації.

Гарантійна похибка коефіцієнта варіації складала:

– 1÷2% при визначенні товщини (h [мм]) та поверхневої густини (M_s [г/м²]) текстильних полотен;

– 1÷2% при визначенні вологості (W_k [%]) та гігроскопічності матеріалів (H [%]);

– 5÷9% при визначенні водовбиральності ($B_{\text{п}}$ [%]), коефіцієнта водомісткості (B_e [г/м²]), капілярності (K [мм]);

– 2÷5% при визначенні показників теплофізичних властивостей (λ [Вт·м⁻¹·К⁻¹]; R [Вт⁻¹·К·м²]);

Дослідження механічних та гігієнічних властивостей вихідних текстильних матеріалів та багатошарових КТМ за переліченими методиками [139-141] з використанням сучасного апаратного оформлення дозволить об'єктивно оцінити властивості полотен та зробити висновки про їх придатність для застосування в якості деталей верху взуття різного призначення.

3.2. Визначення термічних властивостей багатокомпонентних термозкріплених нетканих полотен, отриманих на базі регенованих бавовняних волокон

Оскільки термозкріплення нетканих полотен на базі регенованих бавовняних волокон, а також термоклейове з'єднання шарів в КТМ проводиться при високих температурах, представлялося важливим оцінити можливість деструкції компонентів. Для цього було використано методи диференційно термічного (ДТА) та термогравіметричного (ДТГ) аналізу. Відомо, що термічні процеси супроводжуються завжди більш-менш значною

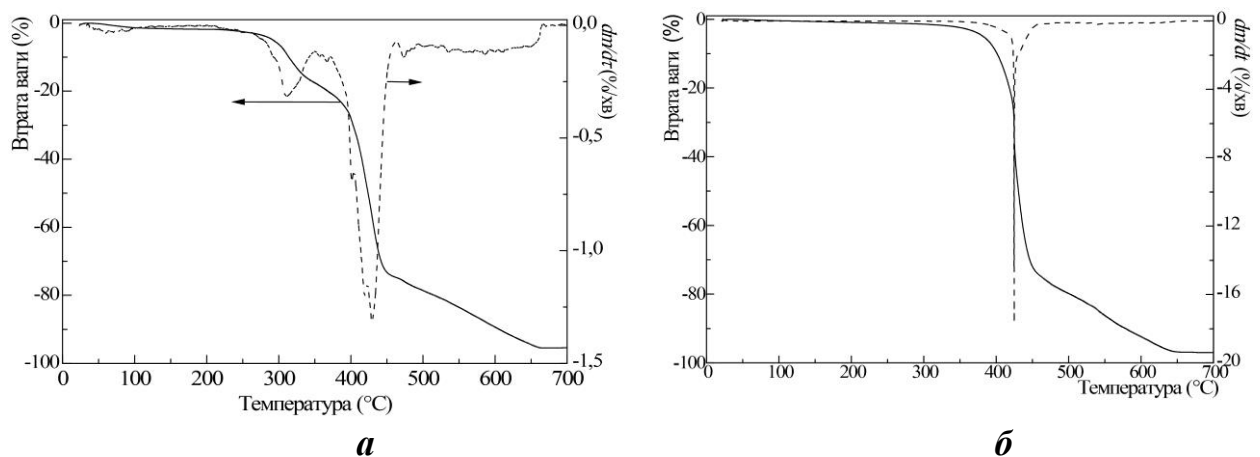
зміною внутрішньої теплоємності системи, ведуть за собою або поглинання тепла (ендотермічне перетворення), або виділення тепла (екзотермічне перетворення). Такі теплові ефекти можуть бути відчутно виявлені методом диференційно-термічного аналізу (ДТА).

Криві ДТА умовно будують так, що ендотермічний максимум відкладають від основної лінії вниз, а екзотермічний максимум - нагору. Мінімумом кривої вважається наближена до основної лінії точка між двома ендотермічними або екзотермічними процесами, що щільно супроводжують або перекривають один одного. Термічні перетворення зазвичай характеризують піковими температурними значеннями - температурою, по якій швидкість процесу досягає максимальної величини, або ж описують їх температурами початку та кінця термічного процесу.

Перетворення в багатьох випадках зв'язані також і зі зміною ваги, що можуть бути визначені за допомогою термогравіметричного методу (ТГ). На підставі аналізу кривої ТГ можна судити про те, яким чином змінювалась при нагріванні вага випробуваної речовини, при якій температурі відбулися зміни, як вони відбулися і з якою зміною ваги вони були пов'язані. Деривативна термогравіметрія (ДТГ) дає більш правильну картину повного процесу термічних перетворень, що відбуваються у випробуваному матеріалі. Наступні, один за одним процеси, що змішуються по кривій ТГ, по ДТГ кривій уже розділяються й чітко виділяються один від одного. Похідна крива зміни ваги (крива ДТГ) багато в чому подібна кривій похідної зміни ентальпії (крива ДТА). Внаслідок математичної спорідненості обох залежностей їх порівняння не ускладнюється.

Дослідження процесу термоокислювальної деструкції нетканих полотен виконували з використанням дериватографа Паулік-Ердеї в атмосфері повітря при одночасному видаленні газоподібних продуктів деструкції при швидкості піднімання температури 10 град/хв. Вага зразків дорівнювала 90 мг. В якості характеристик термічної поведінки досліджуваних зразків служили температури початку ($T_{п.д}$) та максимальної швидкості ($T_{м.ш.}$) процесу

деструкції. Із термограм було визначено температури, при яких досягаються втрати маси зразків від початку процесу відповідно на 1, 5, 10, 50, 80%, оцінено стадії процесів розкладу досліджуваних зразків. Температурні інтервали стадій розкладу оцінювали з диференційних кривих втрати маси (ДТГ), враховуючи той факт, що площа піка кривої ДТГ пропорційна втраті маси на відповідній стадії, а ступінь розділення стадій на кривих ДТГ суттєво перевищує можливості інтегральних кривих втрати маси ТГ. Для добре розділених стадій деструкції та стадій, що лише частково перекриваються, розраховували енергії активації з використанням інтегрального методу Бройдо [142] шляхом ліанеризації залежності для кожної конкретної стадії. Для більшої достовірності оцінювання енергії активації домінуючого процесу на конкретній стадії розкладу, її величину визначали з кривої ТГ, в області, яка не виходить за межі точок перегину в околі екстремуму кривої ДТГ (рис. 3.7, а). Проведено також визначення стійкості до термоокиснювальної деструкції бікомпонентних волокон, які використовуються в суміші для скріплення волокнистої маси нетканого полотна (рис. 3.7, б).



**Рис. 3.7. Криві ТГА: а - зразка нетканого полотна НМБ 2;
б - бікомпонентних поліефірних волокон**

Результати ТГА досліджень свідчать про те, що процес термічного розпаду зразків нетканних полотен на основі регенованих целюлозних волокон

є двостадійним. Температура початку деструкції зразка на першій стадії $T_{доч1}$ складає ~ 289 °С, максимальної швидкості деструкції при $T_{д макс1} \sim 317$ °С та кінцевої температури деструкції $T_{кін1} \sim 332$ °С. При цьому втрата ваги зразка при $T_{д макс1}$ становить $\sim 11\%$, а загальна втрата маси зразком на першій стадії не перевищує 25 %. Основна стадія термоокисної деструкції проходить в температурній області від ~ 401 °С до ~ 441 °С, при цьому $T_{д макс2}$ дорівнює ~ 420 °С, а втрата маси при $T_{д макс2} \sim 45\%$. Величина коксового залишку $m_{кокс}$ при 700 °С складає 4,7%. Деструкція менш термостійкого компонента (полієфіні бікомпонентні волокна), приблизний вміст якого складає 25-30 %, проходить при $\sim 290-335$ °С, а розпад більш термостійкого - при $\sim 400-440$ °С (полієфірні регенеровані волокна) [143].

З отриманих ТГА кривих регенерованих ПЕ волокон (рис. 2.10) видно, що термоокиснювальна деструкція матеріалу проходить одностадійно, з $T_{доч} \sim 393$ °С, $T_{д макс} \sim 424$ °С та $T_{кін} \sim 447$ °С. При цьому, втрата маси при $T_{д макс2} \sim 36\%$, а величина коксового залишку при 700 °С складає приблизно 3%. Тобто, зразок є термостійким, а характер розпаду зразка свідчить про те, що зразок – достатньо однорідний, термодеструкція проходить в одній температурній області. З величини залишку, що не згорає, можна зробити висновок, що матеріал не містить неорганічних сполук (наповнювачі, пігменти).

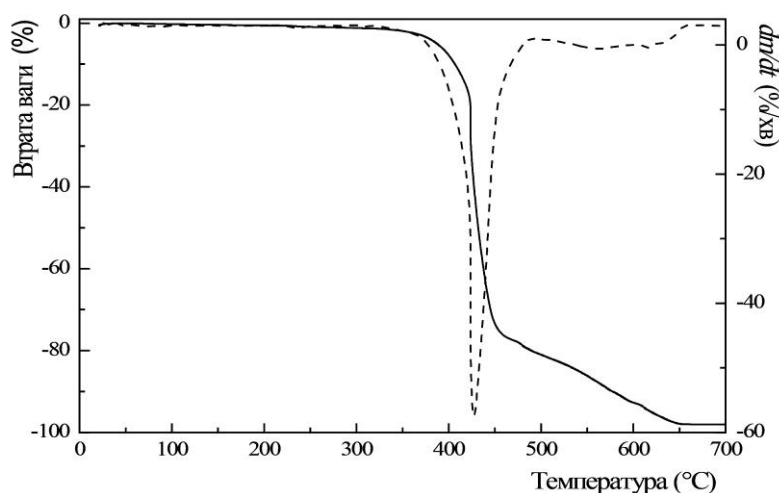


Рис. 2.10. Криві ТГА регенерованих полієфірних волокон

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Для оцінки можливої деструкції в процесі термоз'єднання регенованих волокнистих компонентів нетканих полотен, проведено їх термоаналітичне дослідження з використанням диференційно-термічного та термогравіметричного методу.

2. Показано, що при температурах, які використовуються при термозкріпленні, деструкційні процеси в компонентах не відбуваються і властивості матеріалів не змінюються.

3. Проведений термогравіметричний аналіз нетканих термозкріплених полотен, які використовуються як середній шар в розробленому багат шаровому композиційному матеріалі, показав, що під впливом застосовуваних температур деструкційні процеси в компонентах не відбуваються і властивості вихідних матеріалів не змінюються.

РОЗДІЛ 4

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДУ КОМПОЗИЦІЙНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ГІГІЄНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Найвідомішою вимогою здатності матеріалів виконувати визначені функції є оптимальне співвідношення показників надійності. Комфортність при експлуатації забезпечується здатністю текстильних матеріалів створювати та підтримувати у внутрішньо взуттєвому просторі значень температур і відносної вологості.

Гігієнічні властивості матеріалів, як правило, характеризують показниками гігроскопічності, повітропроникності, паропроникності, вологопоглинання та капілярності, оскільки саме вони забезпечують утворення необхідного комфортного мікроклімату у внутрішньовзуттєвому просторі за рахунок виведення зайвої пароподібної вологи і крапельно-рідкої вологи з поверхні тіла людини. Саме ці характеристики автором ґрунтовного дослідження [155-157] запропоновано вважати комплексним показником гігієнічності матеріалів.

4.1. Визначення особливостей процесів проходження повітря та вологи крізь композиційні текстильні матеріали

Визначення коефіцієнту повітропроникності вихідних матеріалів та КТМ на їх основі проводилося за стандартизованою методикою з використанням приладу ВПТМ-2 при перепаді тиску 49 Па. Як свідчать отримані дані, практично всі вихідні матеріали і, особливо, неткані полотна для середнього шару КТМ, відрізняються занадто високими, як для взуттєвого асортименту, показниками повітропроникності (табл.4.1), що не сприятиме забезпеченню необхідних теплоізоляційних властивостей. В результаті дублювання полотен верху коефіцієнт повітропроникності відчутно знижується. Введення середнього шару із нетканих полотен і термодублювання значно ущільнюють структуру КТМ (товщина отриманого полотна втричі менше сумарної товщини

шарів – компонентів), і коефіцієнт повітропроникності ще більше знижується. Слід зауважити, що за значеннями $B_{нов}$ отриманих КТМ відповідають вимогам до матеріалів для верху взуття [156].

Таблиця 4.1

Експериментальні дані визначення коефіцієнту паропроникності та повітропроникності вихідних полотен та композиційних текстильних матеріалів на їх основі

№ п/п	Зразок	Товщина, мм	Коефіцієнт паропроникності $\text{мг/см}^2 \times \text{год}$		Коефіцієнт повітропроникності $B_p, \text{дм}^3/\text{м}^2 \times \text{с}$
			через 5 годин, P_5	через 16 годин, P_{16}	
Вихідні матеріали					
1	ТР1	2,4	8,7	10,1	527,8
2	ТР2	2,3	8,8	10,4	805,6
3	КТМ	0,7	13,6	11,7	462,6
4	НМБ1	1,9	-	-	1444,4
5	НМБ2	1,8	-	-	1280,5
6	НМВ	1,6			1542,2
Двошарові КТМ					
7	ТР1+КТМ	2,5	9,3	10,5	305,5
8	ТР2+КТМ	2,4	9,1	10,7	323,6
Тришарові КТМ					
9	ТР1+НМБ1+КТМ	4,5	8,8	10,3	189,5
10	ТР2+НМБ1+КТМ	4,5	6,8	10,1	232,5
11	ТР1+НМБ2+КТМ	4,5	8,3	10,3	161,8
12	ТР2+НМБ2+КТМ	4,5	7,9	10,4	206,9
13	ТР1+НМВ+КТМ	4,6	6,4	9,4	170,6

Розрахунок значень $B_{нов}$ дво- та тришарових КТМ за відомою формулою Клейтона, яка широко використовується для прогнозування впливу кількості шарів текстильних матеріалів пакету на його коефіцієнт повітропроникності, засвідчив, що для термоклеювих пакетів експериментальні та розрахункові дані значно розрізняються. Вочевидь, це пов'язано із значною зміною кількості наскрізних пор за рахунок розплавлення клейових волокон та подальшого збільшення площі їх контакту в структурі КТМ при використанні температур, вище їх $T_{пл}$, а також високого зусилля стискання при термодублюванні. Це

припущення підтверджується порівнянням значень $B_{нов}$ для зразків №9 і №10, які відрізняються тільки кількістю низькоплавких волокон «ядро-оболонка» в структурі нетканого полотна (20 та 10 %, відповідно). Коефіцієнт повітропроникності зразка з більшим вмістом низькоплавких клейових волокон в 1,7 рази менше ніж у зразка, де таких волокон на 10% менше.

Одним з важливих чинників, що забезпечують комфортність взуття, є здатність матеріалів верху поглинати і виводити пароподібну та крапельно-рідку вологу (піт). Відомо, що людина відчуває і реагує навіть на незначну зміну вологості у внутрішньовзуттєвому просторі, тому підвищення значення цього показника створюють відчуття дискомфорту. У загальному випадку, вологопередача і подальше виведення з мікроклімату внутрішньовзуттєвого простору вологи, що виділяється стопою в навколишнє середовище, здійснюється за рахунок процесів сорбції вологи та її дифузії через системи наскрізних міжволоконних, міжниткових та інших макро- і мікропор в КТМ, і подальшої десорбції в зовнішнє середовище.

Розроблено фізичну модель (рис. 4.1), згідно якої виведення вологи, що виділяється стопою, з повітряного прошарку l_{01} (внутрішньовзуттєвого простору) в навколишнє середовище l_{02} здійснюється за рахунок процесів сорбції вологи та її дифузії через системи наскрізних міжволоконних, міжниткових та інших макро- і мікропор в КТМ, подальшої десорбції в зовнішнє середовище. Рушійною силою при цьому є різниця парціальних тисків P_{01} та $P_{зов.}$. Крапельно-рідка сконденсована волога видаляється за рахунок дії капілярних сил.

Визначення паропроникності вихідних текстильних матеріалів та багатошарових полотен на їх основі проводилась за стандартизованою методикою [136], (рис. 4.1) при градієнті температур 12 °С. Вважається, що саме така різниця температур виникає між внутрішньовзуттєвим простором та навколишнім середовищем при експлуатації в нормальних кліматичних умовах.

Було проведено дві серії випробувань. В першій серії час витримання зразків над поверхнею водяного дзеркала складав 5 та 16 год.

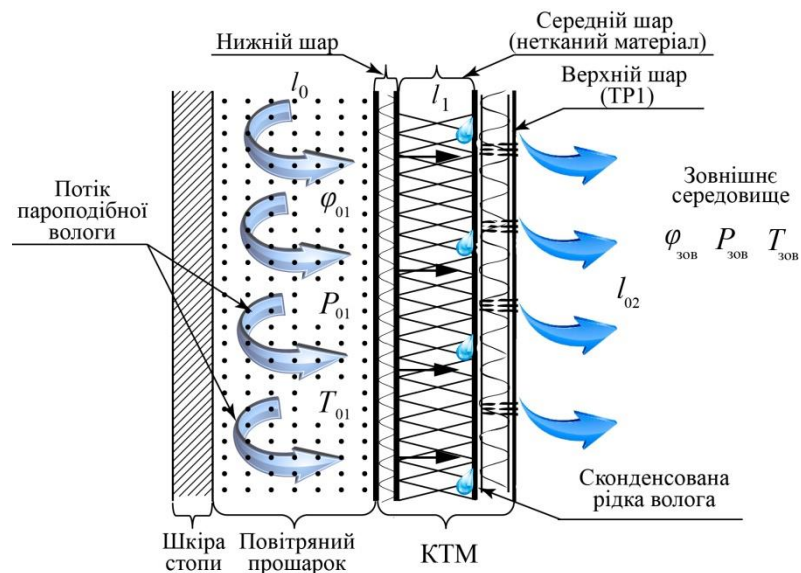


Рис. 4.1. Модель вологообміну через КТМ

Відповідно, розраховувалися значення коефіцієнту паропроникності P_5 . У другій серії випробувань час витримування зразків над поверхнею водяного дзеркала складав 16 год, розраховувалися показники коефіцієнту паропроникності P_{16} .

Аналіз отриманих експериментальних даних, наведених в таблиці 4.1, дозволив виявити особливості процесу транспорту вологого повітря через TP-1 та TP-2 і всіх видів КТМ свідчить про те, що значення коефіцієнту паропроникності вихідних матеріалів практично залежить від їх сировинного складу. Для КТМ коефіцієнт паропроникності збільшиться втричі, при чому витримування зразка над поверхнею водяного дзеркала при $T = 12$ °C, приводить до збільшення величини $K_{нар}$. Значення P_5 для двошарових і тришарових КТМ мало відрізняється від цього показника для вихідних полотен верху. Для двошарових КТМ коефіцієнт паропроникності складає $10,6 \text{ мг/см}^2 \times \text{год}$, в тришарових КТМ цей показник трохи нижчий, незначно варіюється в залежності від вкладання бавовняних волокон в складі нетканого середнього шару коефіцієнт паропроникності дещо знижується. Вочевидь, це пов'язано із процесами релаксації впорядкування структурних елементів під дією вологи і тепла.

Із збільшенням часу витримування зразків над поверхнею водяного

дзеркала від 5 до 16 годин, паропроникність вихідних полотен збільшується. Ця ж тенденція просліджується для дво- та тришарових КТМ. В двошарових полотнах як при 5 годинах, так і при 16 годинах витримування над водяною поверхнею коефіцієнт паропроникності збільшується у порівнянні із значеннями, отриманими для TP1 і TP2. У тришарових КТМ, серединний шар яких складається з регенованих бавовняних волокон, показники паропроникності через 5 годин мало відрізняються від тих, що мають вихідні TP1 і TP2, а через 16 год ці значення дещо більші, ніж для вихідних матеріалів. В КТМ, серединний шар яких складається з досить щільних шарів вовняних волокон, паропроникність нижча, ніж для вихідних трикотаажних полотен.

На наш погляд, такі особливості процесів проходження пароподібної вологи в досліджуваних системах можуть бути пов'язаними із процесами зворотної релаксації, в результаті чого змінюється (розрихлюється) структура ниток та полотен. Зміни сорбційних властивостей КТМ при витримуванні 5 та 16 год може бути зміна надмолекулярної структури при витримуванні матеріалу в умовах експерименту.

4.2. Визначення показників капілярності текстильних композиційних матеріалів

Одним із вагомих показників якості КТМ, що формує відчуття комфортності післяопераційного взуття при експлуатації, є капілярність, яка характеризує здатність матеріалу виводити крапельнорідку вологу (піт) з поверхні стопи, призводячи до нормального мікроклімату у внутрішньо взуттєвому просторі. Визначення цього показника за стандартизованою методикою проводилося нами для всіх видів ТМ, які обрані в даній роботі для дослідження [156, 158]. Висота підняття рідини фіксувалася як з зовнішнього боку, так із внутрішнього КТМ. Отримані дані, наведені на рис. 4.2, свідчать про те, що найбільшу капілярність мають вихідні трикотаажні двошарові полотна TP1 і TP2, причому рівень підняття вологи по капілярам в повздовжньому напрямі на

85% більше, ніж в поперечному напрямі. З лицевого та виворотнього боку значення h для вихідних полотен практично не розрізняються. Найнижчий рівень капілярності має клейове трикотажне полотно (КТМ), яке використовувалося для нижнього шару КТМ. В двошарових КТМ показники капілярності з лицьової та виворітної сторони як в повздовжньому, так і в поперечному напрямках значно нижчі, ніж у вихідних матеріалах верху [158].

Зразки голкопробивних нетканих полотен, які були використані як середній шар в КТМ, незважаючи на те, що основним компонентом в них є гідрофільна регенерована бавовна, не виявляють капілярних властивостей при вертикальному контакті з водою. В очевидь, це пов'язано з відсутністю довгих безперервних капілярів відповідних радіусів. В той же час, композиційні текстильні матеріали, в яких ці неткані полотна знаходяться між двома трикотажними, демонструють доволі високі показники капілярності (табл. 4.2)

Таблиця 4.2

Експериментальні дані визначення капілярних властивостей вихідних полотен та КТМ на їх основі

№ п/п	Зразок	Товщина, мм
1	2	3
1	ТР1	2,4
2	ТР2	2,3
3	КТМ	0,7
4	НМБ1	1,9
5	НМБ2	1,8
6	НМВ	1,6
7	ТР1+КТМ	2,5
8	ТР2+КТМ	2,4
9	ТР1+НМБ1+КТМ	4,5
10	ТР2+НМБ1+КТМ	4,5
11	ТР1+НМБ2+КТМ	4,5
12	ТР2+НМБ2+КТМ	4,5
13	ТР1+НМВ+КТМ	4,6

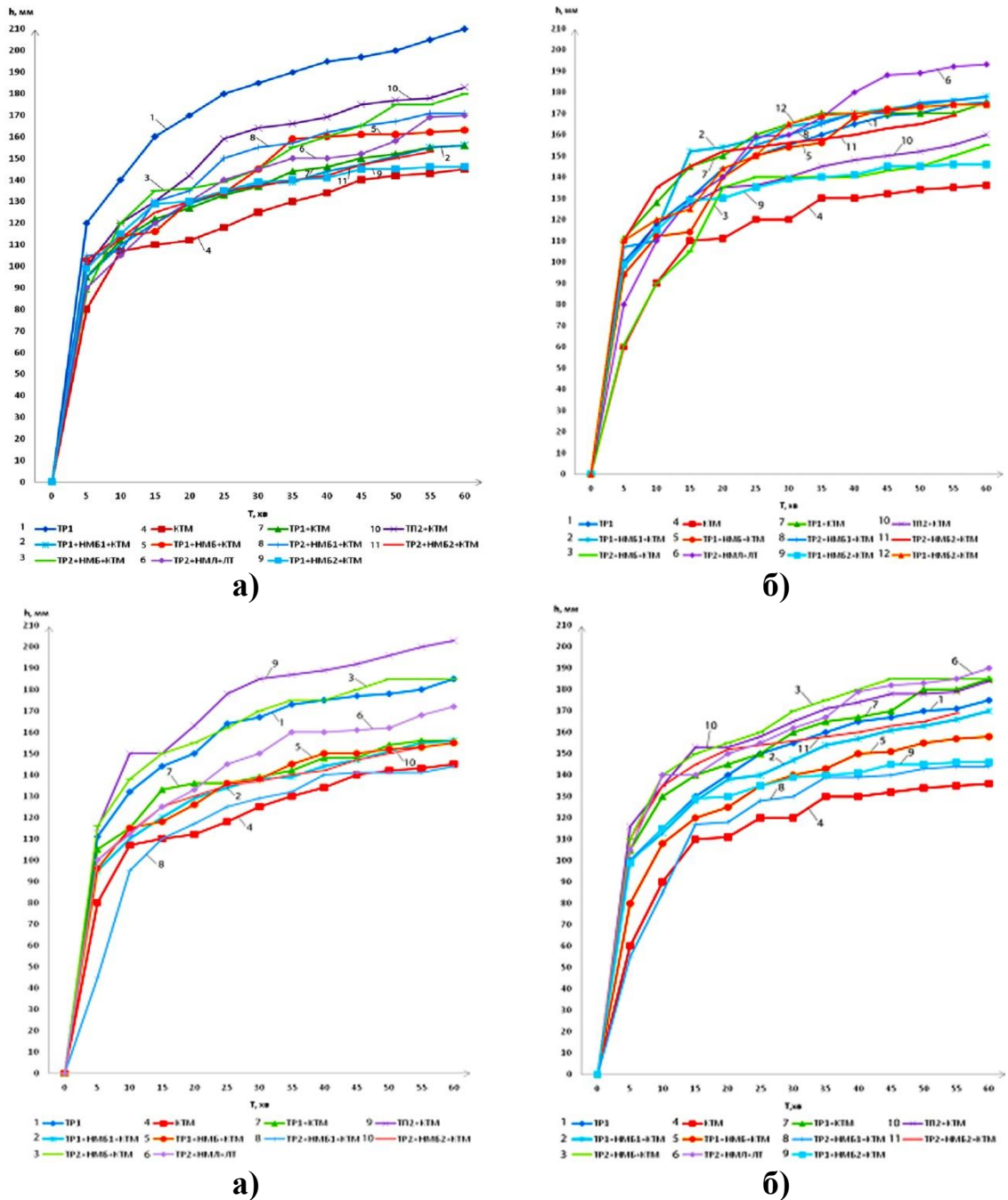


Рис. 4.1. Капілярність вихідних матеріалів та багатошарових КТМ на їх основі з лицьової та виворітної сторони: а) повздовжній напрям; б) поперечний напрям

При експлуатації взуття матеріали верху взаємодіють із рідиною (потом) при горизонтальному контакті і саме швидкість та повнота вбирання рідини горизонтально розташованими порами визначає придатність виробу забезпечувати необхідні гігієнічні показники при експлуатації.

Методика вимірювань полягає в нанесенні на поверхню матеріалу краплі

рідини і фотореєстрації за допомогою USB-мікроскопу зміни площі мокрої плями, в часі. Отримане зображення плями переводиться в цифровий формат і за допомогою ПК проводиться розрахунок зміни його площі, а також розрахунок швидкості поширення фронту рідини в пробі в напрямках основи і потоку [142-143]. Попередні експерименти показали, що швидкість розтікання краплі на вихідних полотнах та в КТМ практично однакова (1-2 с) і площа «мочної плями» також не залежить від складу КТМ.

4.3. Визначення теплового опору нових композиційних текстильних матеріалів з використанням установки ИТ-7с

Вплив розміру і форми наскрізних пор у волокнистих матеріалах досить помітно впливає на величину їх ефективної теплопровідності. Мабуть, головне значення тут має питома вага конвекції в загальній теплопередачі, яка знаходиться в прямій залежності від розміру міжволокнистих пор. Важливим чинником є не тільки розмір міжволокнистих пор, їх форма, але і рівномірність їх розташування позначаються на величині коефіцієнта теплопровідності.

Суттєвий вплив має об'ємна вага для КТМ, можна спостерігати різкий ефект падіння коефіцієнта температуропровідності при одночасному зростанні коефіцієнта теплопровідності зі збільшенням об'ємної ваги.

Між коефіцієнтом теплопровідності і об'ємною вагою має місце однозначна залежність: чим вище γ , тим більше λ . У межах густин 130-250 кг/м³ ця залежність для всіх органічних волокнистих матеріалів може бути описана однією кривою. Рівняння якої має вигляд (4.1):

$$\lambda = 0,804\gamma^2 - 0,618\gamma^3 - 0,0128\gamma + 0,025 \quad (4.1)$$

Також вплив вологості має загальний вигляд функцій $\lambda = f(\omega)$ зберігається таким же, як і для сипучих матеріалів. На початкових стадіях зволоження спостерігається інтенсивне зростання λ приблизно за лінійним

законом, а на наступних стадіях - зменшення коефіцієнта теплопровідності з тенденцією до насичення.

При проектуванні взуття з КТМ необхідно розрахувати показники його теплозахисних властивостей, при яких забезпечувався б нормальний тепловий стан стопи протягом певного часу. Дослідження процесу охолодження стопи і теплового стану людини в різних умовах навколишнього середовища показують, що зміна температури шкіри стопи залежить від фізичної активності людини, температури повітря, теплозахисних властивостей взуття і часу перебування людини в конкретних умовах.

Порівняльний аналіз значень коефіцієнтів теплопровідності та теплового опору цих матеріалів дозволить визначити полотно з найкращими теплозахисними властивостями і рекомендувати його для відповідних виробів.

Досліджувались зразки (табл. 4.2): №1 вихідне трикотажне поліефірне полотно TP2, та №2, №3 - два композиційні матеріали, причому в обох верхній шар складається з полотна №1, а два наступних шари відрізняються: середній шар зразка №2 – неткане полотно з бавовняних волокон, зразка №3 – неткане полотно із вовняних регенованих волокон (70%) у суміші з поліефірними волокнами (30%).

Таблиця 4.2

Результати вимірів теплофізичних властивостей КТМ

Назва зразка	Кількість шарів пакетів	Маса пакету, кг	Товщина пакету при 3,5 кПа, м	Об'ємна густина, кг/м ³ при 3,5 кПа	Тепловий опір КТМ, [К·м ² /Вт]	Коефіцієнт теплопровідності λ , [Вт/м·К]
TP1	9	0,128	0,019	166	0,045	0,0473
TP1+ НМБ1+ КТМ	3	0,104	0,015	178	0,117	0,0467
TP1+ НМВ+ КТМ	3	0,232	0,020	281	0,074	0,0412

Порівняльний аналіз значень теплового опору досліджених КТМ свідчить про те, що введення шару із нетканих полотен значно підвищує тепловий опір

матеріалу. При цьому визначальним фактором є вид волокон в утеплюючому шарі [160-162].

Альтернативним методом визначення теплозахисних властивостей нами запропоновано охарактеризувати та порівняти за даними швидкості зниження температури $^{\circ}\text{C}$ рідини (води або гліцерину) в ємкості, яка знаходиться у оболонці, виконаної із досліджуваного матеріалу. Для дослідів було використано скляні хімічні стакани ємкістю 800 мл, спиртові термометри з ціною поділки $0,2^{\circ}\text{C}$. Стакани з бортових сторін одягалися циліндричними оболонками, зшитими з досліджуваних матеріалів, один стакан залишався без текстильної оболонки, як контрольний. Всі підготовлені ємкості для зменшення тепловіддачі розміщувалися на спеціальній теплоізоляційній підставці із пінополістиролу товщиною 2 см, із цього ж матеріалу були вирізані кришки товщиною $0,7\text{ см}$ з отвором для термометра, кінець якого знаходився в середині стакану (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Зовнішній вигляд варіанту теплоізолюючої оболонки

Швидкість зниження температури менша в стакані з рідиною (водою) без

оболонки, ніж у стакані, який знаходиться у оболонці, виконаної із досліджуваного матеріалу. Експериментальні дані втрати температури вихідних матеріалів та пакетів на їх основі представлено на (рис. 4.3).

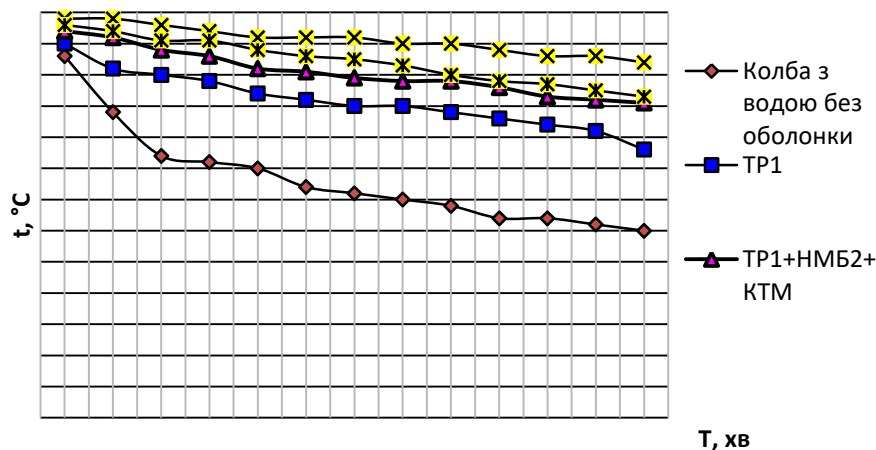


Рис. 4.3. Зміни у часі температури води для різних варіантів теплоізолюючої оболонки

Таким чином, два види розроблених КТМ, мають найвищі значення теплоємності (ТР1+НМБ1+КТМ та ТР1+НМБ+КТМ). Порівняльний аналіз значень теплового опору досліджених КТМ свідчить про те, що введення шару із нетканих полотен на основі бавовняних волокон, значно підвищує тепловий опір матеріалу. При цьому визначальним фактором є вид волокон в утеплюючому шарі термозкріплених полотен – бавовняні та вовняні регенеровані волокна.

4.4. Визначення оцінки комфортності нових композиційних текстильних матеріалів з використанням шумового методу

В основу методу покладено ідею порівняння впливу досліджуваного КТМ на розподіл власних шумів робочого середовища з аналогічними впливами, які здійснюються матеріалами з відомими електромагнітними властивостями. Оцінка такого впливу здійснюватиметься шляхом оцифрування власних шумів середовища, в якому перебуває досліджуваний матеріал і подальшої

статистичної обробки отриманого цифрового коду.

В якості джерела шумового сигналу використовується кондуктометрична комірка, яка являє собою ємність, заповнену водою, в яку поміщені сигнальний та вимірювальний електроди. Власні шуми будь-якої природи мають дуже малу потужність, тому реєстрація та спостереження таких джерел являє собою не просту технічну задачу.

На сигнальний електрод подається шумовий сигнал, а сигнал з вимірювального електрода перетворюється у цифровий код. Замість синусоїдального сигналу зручно застосовувати будь-який шумоподібний сигнал, еквівалентний за потужністю. Обчислені коефіцієнти використовуються, як координати вершин трикутника, що лежать на осях координат. Коефіцієнт комфортності визначається, як середньоквадратична сума площ двох трикутників, поділена на масштабний коефіцієнт [163].

Оскільки при поміщенні в кондуктометричну комірку зразка КТМ відбуваються зміни параметрів шумового сигналу, то змінюються і коефіцієнти кореляції, що виражається у зміні розмірів i , відповідно, площі такого трикутника. Додатково будується трикутник, координати вершин якого є оберненими величинами до коефіцієнтів кореляції.

Поміщення у кондуктометричну комірку зразка досліджуваного КТМ викликає зміну коефіцієнтів кореляції i , відповідно, площі трикутника. Це можна пояснити тим, що КТМ швидко вбирає у себе воду в результаті чого змінюється його електропровідність і його власні шуми, що впливає і на шуми внутрішнього середовища кондуктометричної комірки.

Очевидно, що зміна властивостей поміщеного в кондуктометричну комірку КТМ викликатиме зміну висоти характеристичного коефіцієнта процесу, який, у відношенні до матеріалу, називається коефіцієнтом комфортності.

Визначення оцінки комфортності КТМ визначались шумовим методом, за власним тепловим електромагнітним випромінюванням матеріалу, який базується на порівнянні електромагнітних властивостей матеріалу зі шкірою

людини. Поміщення у кондуктометричну комірку зразка досліджуваного КТМ викликає зміну коефіцієнтів кореляції i , відповідно, площі трикутника. Це можна пояснити тим, що КТМ швидко вбирає у себе воду в результаті чого змінюється його електропровідність і його власні шуми, що впливає і на шуми внутрішнього середовища кондуктометричної комірки.

Відомо, що однією складовою комфортності є здатність матеріалу затримувати або пропускати власне електромагнітне випромінювання тіла людини і досліджуваного матеріалу досліджувались в роботах [163-164]. Визначення електромагнітних властивостей розроблених матеріалів, проведено нами з використанням шумового методу, показали, що використання інтегрального шумового коефіцієнту комфортності КТМ із бавовняними волокнами найближча до власного випромінювання тіла людини (рис. 4.4.), тобто ці матеріали мають найбільшу комфортність.

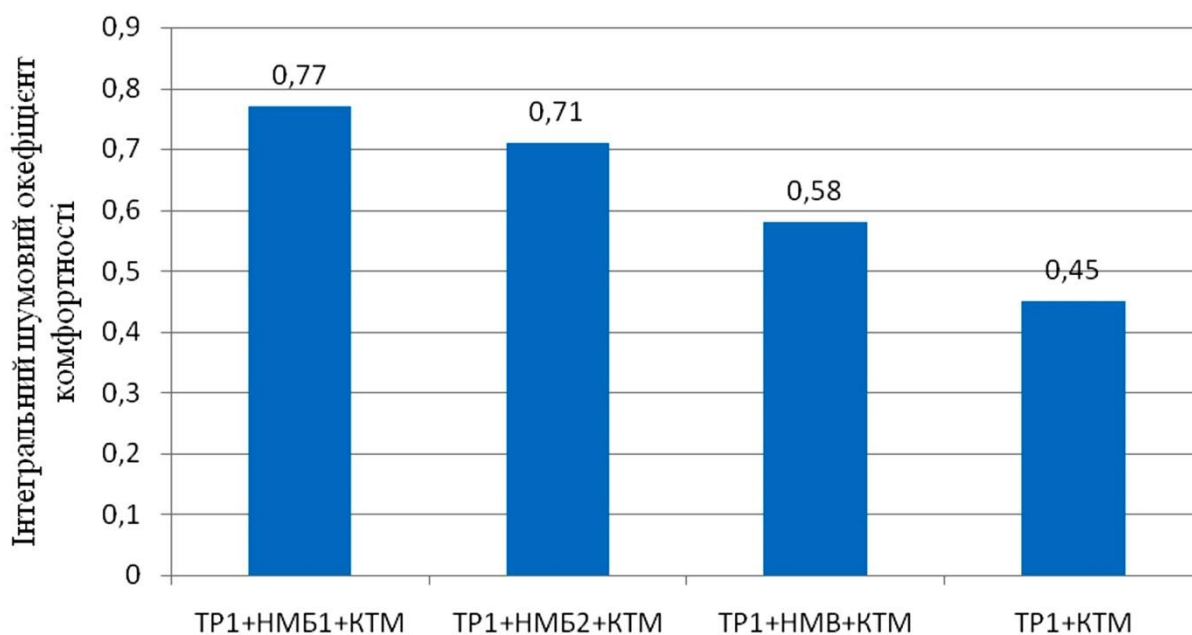


Рис. 4.4. Результати оцінки комфортності КТМ: двохшарових (TP1+КТМ), трьохшарових з бавовняними волокнами (TP1+NMБ1+КТМ та TP1+NMБ2+КТМ) та вовняними волокнами (TP1+НМВ+КТМ)

Очевидно, що зміна властивостей поміщеного в кондуктометричну комірку матеріалу викликатиме зміну висоти характеристичного коефіцієнта

процесу, який, у відношенні до матеріалу, називається коефіцієнтом комфортності (рис.4.4.).

Отримані дані показали, що КТМ на основі бавовняних волокон (ТР1 + НМБ1+ КТМ та ТР1 + НМБ2+ КТМ) мають найвищий інтегральний шумовий коефіцієнт комфортності.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Проведені дослідження засвідчили, що термоклейове з'єднання шарів в КТМ призводить до значимого зниження коефіцієнту повітропроникності. Очевидно це пов'язано не тільки з нашаруванням полотен але й виникненням великого числа клейових ділянок після розплавлення і подальшого розшарування і охолодження клейових ниток та волокон тиру «ядро - оболонка».

2. Визначено коефіцієнт паропроникності за стандартної методики при неізотермічних умовах при 5 та 16 год дослідження показало, що значення $K_{\text{п}}$ дуже мало відрізняється для всіх досліджуваних зразків, незважаючи на їх значну відмінність.

3. Розроблено фізичну модель вологопереносу, яка показує можливість регулювати процеси відведення, накопичення пароподібної та крапельно – рідкої вологи.

4. З використанням шумового методу проведено оцінку комфортності розроблених композиційних текстильних матеріалів та обрано з використанням інтегрального шумового коефіцієнту комфортності КТМ із бавовняними волокнами, які найближчі до власного випромінювання тіла людини, тобто ці матеріали мають найбільшу комфортність.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Визначені принципи та запропоновано алгоритм створення нового виду багатошарових композиційних текстильних матеріалів (КТМ) з регульованими властивостями на основі регенерованих натуральних волокон.

2. Сформульовані вимоги до вихідних текстильних полотен для отримання методом термоклейового з'єднання КТМ для верху взуття. Встановлено, що раціональне сполучення експлуатаційних властивостей та забезпечення умов комфортності може бути досягнуто пошаровим розташуванням в певній послідовності текстильних полотен, кожен з яких забезпечує виконання певної функції, і, як загальний результат, забезпечує поєднання необхідних механічних та фізичних властивостей.

3. Теоретично розроблено екобезпечний метод надання багатошаровим КТМ для верху безпідкладкового взуття бактерицидних властивостей шляхом обробки екстрактами лікарських рослин та проведено визначення антимікробної активності отриманих матеріалів (новизна підтверджена патентом України на корисну модель).

4. Встановлено вимоги, розроблено номенклатуру та визначено найбільш вагомні показники якості матеріалів для нового виду взуття, призначеного для хворих після операцій на нижніх кінцівках, до яких віднесені: коефіцієнт повітропроникності, коефіцієнт паропроникності, жорсткість при згинанні, розтягування при навантаженнях, менших за розривальні, розривальне навантаження.

5. Встановлено закономірності змін механічних властивостей КТМ при дії деформацій розтягування і згинання та запропоновано математичні моделі для їх прогнозування. Проведене визначення механічних характеристик розроблених КТМ показало, що термоклейове з'єднання полотен призводить до значного збільшення характеристик міцності, а також показників, що визначають формостійкість верху взуття. Показало, що варіювання сировинного складу середнього шару КТМ дозволяє в широкому діапазоні

змінювати їх в'язкопружні характеристики.

6. Розроблено методику визначення впливу дії стираючих факторів на зміну стану поверхні КТМ яка дозволяє на різних етапах стирання, провести аналіз зразків за зміною середніх значень висоти кінчиків виступаючих над поверхнею волокон. Визначено вплив цих змін на здатність КТМ запилюватись та очищуватись від сухого пилу.

7. Розроблено фізичну модель вологопереносу з внутрішньовзуттєвого мікрокліматичного прошарку в навколишнє середовище.

8. Встановлено, що змінюючи склад середнього шару КТМ, можна регулювати процеси відведення та накопичення пароподібної та крапельно - рідкої вологи.

9. Проведено оцінку комфортності КТМ з використанням шумового методу, який базується на порівнянні електромагнітних властивостей матеріалу та тіла людини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Maravete A. 3-D textile reinforcements in composite materials / A. Maravete. – Spain: Edited by Univesiti of Zaragoza, 1999. – 308 p.
2. МакКормэк Энн Луиза. «Дышащий», непроницаемый для жидкости композиционный материал / МакКормэк Энн Луиза, Хафанэр Вильям Бэла, Джексон Ванда Волтон. // Технический текстиль. – 2003. – № 8. – С. 44.
3. Березненко М. П. Сучасний підхід до конструювання та оптимізації складу багатофункціональних багатопарових текстильних композитів / М. П. Березненко, В. І. Власенко, С. І. Ковтун: збірник наукових праць ювілейної Міжнародної конференції [«Інноваційні технології – майбутнє України»], (Київ, 3-9 жовтня 2005 р.) / Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет технологій та дизайну. – К.: КНУТД, 2005. – Т. 1. – № 5. – С. 61-63.
4. Супрун Н. П. Текстиль та багатофункціональні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важкохворих / Н. П. Супрун, В. І. Власенко, С. І. Арабулі. – Київ: КНУТД, 2011. – 196 с.
5. Gommers B. Analysis of knitted fabric reinforced composites: Part 1. Fiber orientation distribution / B. Gommers, I. Verpoest, P. Van Houtte. // Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing. – 1998. – Vol. 29 A. – P. 1579-1588.
6. Savci S. Study of the Deformation of Weft-knit Preforms for Advanced Composite Structures Part 1: Dry Preform Properties / S. Savci, J. I. Curiskis, M. T. Pailthorpe, // Composite Science and Technology. – 2000. – Vol. 60. – P. 1931-1942.
7. Leong K. H. The potential of knitting for engineering composites – a review / K. H. Leong, S. Ramakrishna, Z. M. Huang, G. A. Bibo // Composites. Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2000. – Vol. 31. – P. 197-220.

8. Wambua P. M. A Review of Preforms for Composites Industry / P. M. Wambua, R. Anandjiwala. // Journal of Industrial Textiles. – 2011 – Vol. 40, No. 4. – P. 310-333.
9. Ryuta Kamiya, Bryan A. Cheeseman, Peter Popper, Tsu-Wei Chou. Some recent advances in the fabrication and design of three-dimensional textile preforms: a review. // Composites science and technology. – 2000. – Vol. 60. – P.33-47
10. Hearle JWS. Textile for composites – Part I: The general scene / JWS. Hearle // Textile Horizons. – 1994. – Vol. 14 (6). – P. 12.
11. Rosant O. Warp knit laminates for stampable sandwich preforms / O. Rosant, P.-E. Bourban, J.-A. E. Manson // Composite science and technology. – 2001. – Vol. 61. – P. 145-156.
12. Власенко В. И. Возможности использования многослойных многофункциональных текстильных композитов / В. И. Власенко, С. И. Ковтун, Н. П. Березненко // Технический текстиль. – 2005. – № 12. – С. 23-25.
13. Bitzer T. Honeycomb Technology: Materials, Design, Manufacturing, Applications and Testing / T. Bitzer. – London: Chapman and Hall, 1997. – 233 p.
14. Xiaogang Chen. Design, manufacture and experimental analysis of 3D honeycomb textile composites Part 1: Design and manufacture / Chen Xiaogang, Sun Ying, Gong Xiaozhou // Textile research journal. – 2008. – Vol. 78 (9). – P. 771-781.
15. Tan X. Parameters Affecting Energy Absorption and Deformation in Textile Composite Cellular Structures / X. Tan, X. Chen // Materials & Design. – 2005. – Vol. 26 (5). – P. 424-438.
16. Falzon PJ. An investigation of the mechanical performance of Milano-rib weft knitted glass/epoxy composites / PJ. Falzon, MK. Bannister, I. Herszberg // Comp SciTech. – 1998. – Vol. 58 (2). – P. 239.
17. Chou S. The fatigue properties of weft-knit fabric reinforced epoxy resin

- composites. / S. Chou, H-C. Chen, C-C. Lai // *Comp Sci Tech.* – 1992. – Vol. 45. – P. 283.
18. Ramakrishna S. Energy absorption capability of epoxy composite tubes with knitted carbon fibre fabric reinforcement / S. Ramakrishna, D. Hull // *Comp Sci Tech.* – 1993. – Vol. 49. – P. 349.
 19. Кизимчук О. П. Трикотаж як основа композиційних матеріалів / О. П. Кизимчук, В. Г. Здоренко, І. В. Єрмоленко // *Вісник КНУТД.* – 2014. – № 1. – С. 124-133.
 20. Aronjo M. Developing fibrous material structured for technical applications / M. Aronjo, R. Fangiero, M. J. Geraldес // *AUTEX Research Journal.* – Vol. 5. № 1 – March 2005. – P. 49-54.
 21. Yilmaz H. R. Some interesting examples about the solution of the geotechnical problems using geosynetics / H. R. Yilmaz, T. Eskisar: III Intern. Technical Textiles Congress, (Istanbul, 1-2 December 2007). – Istanbul, 2007. – P. 418-425.
 22. Кащеев О. В. Российский рынок технического текстиля. Анализ, проблемы, тенденции и перспективы его развития / О. В. Кащеев // *Текстильная химия.* – 2003. – № 2. – С. 15-21.
 23. Celik A. Photovoltaic application for textiles / A. Celik, A. Demir, Y. Bozkart: III Intern. Technical Textiles Congress, (Istanbul, 1-2 December 2007). – Istanbul, 2007. – P. 291-299.
 24. ASTM F2298:2003 Standard Test Methods for Water Vapor Diffusion Resistance and Air Flow Resistance of Clothing Materials Using the Dynamic Moisture Permeation Cell, in «Annual Book of ASTM Standards 11.03», American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2003.
 25. ASTM E96:1995 Standard Test Methods for Water Vapour Transmission of Materials, in. «Annual Book of ASTM Standards 4.06». American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1995.
 26. Пат. 7820571 США, МПК D03D 15/00 (2006.01), D04B 1/14 (2006.01).

- Материалы, обладающие обратимо изменяющейся воздухопроницаемостью. Woven or knitted fabric exhibiting reversibly changeable air permeability / Kuroda Hisashi, Tonaka Mitsuo, Shiotsuki Mitsuaki, Tsuchida Teruhiro; заявитель и патентообладатель Mitsubishi Rayon Co., Ltd., Mitsubishi Rayon Textile Co., Ltd – № 11/628223; Заявл. 18.05.2005.
27. Прыгина М. М. Использование многослойных материалов в швейном производстве / М. М. Прыгина, Н. В. Горбунова // Швейн. пр-во. – 2011. – № 10. – С. 40-42.
 28. Zhou Liya. Influences of the fibre hygroscopicity of connecting yarn on the liquid water transfer property of knitted double-layer fabric / Zhou Liya, Feng Xunwei, Li Yi // *Fibres and Text. East. Eur.* – 2010 – № 6. – P. 72-75
 29. Разумеев К. Э. Многослойный радиопоглощающий нетканый материал для создания защитной одежды и чехлов / К. Э. Разумеев, А. В. Дедов, К. Л. Девин // Швейная промышленность. – 2013. – № 5, – С. 17-19.
 30. Vlasenko V. Up-to-day Multifunctional multilayer Textile: Infinite possibilities of application / V. Vlasenko: International Scientific Symposium [«New vision of textile in dustry and the economy needs»] – Poland, 2005. – P. 21-22.
 31. Березненко М. П. Сучасний підхід до конструювання та оптимізації складу багатофункціональних багат шарових текстильних композитів / М. П. Березненко, В. І. Власенко, С. І. Ковтун // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 4. – С. 61-63.
 32. Виноградов Г. А. Исследование деформации заготовок в обуви, формуемой методом витяжки / Г. А. Виноградов, Т. Л. Диогенова, В. А. Шарихина // Кожевенно-обувная промышленность. – 1979. – № 12. – С. 46-47.
 33. Смольникова Г. Н. Оптимальные условия формования обуви из

- полимерных материалов / Г. Н. Смольникова, С. Л. Полинский // Кожевенно-обувная промышленность. – 1988. – № 8. – С. 59-62.
34. Щербаков В. В. Формоустойчивость систем материалов для верха обуви / В. В. Щербаков, А. Н. Калита, Г. К. Рухадзе, В. А. Полищук // Кожевенно-обувная промышленность. – 1980. – № 12. – С. 19-21.
35. Рибальченко В. В. Матеріалознавство виробів легкої промисловості / В. В. Рибальченко, В. П. Коновал, М. Є. Хом'як – К.: КНУТД, 2007. – 365 с.
36. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учеб. [для студ. высш. учеб. заведений] / [Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова и др.]; под ред. Б. А. Бузова. – [3-е изд.]. – М.: Академия, 2008. – 448 с.
37. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, 1981. – 348 с.
38. Макарышева Т. С. Исследование формостойкости дублированных текстильных материалов / Т. С. Макарышева, А. Г. Хрипин, Н. А. Гуменный // Кожевенно-обувная промышленность. – 1980. – № 11. – С. 54-56.
39. Короткая Л. И. Новая клеевая композиция для дублирования обувных текстильных материалов / Л. И. Короткая, Р. И. Кудухова, В. М. Гревцова // Кожевенно-обувная промышленность. – 1991. – № 5. – С. 19-20.
40. Малкова Н. Н. Влияние структуры обувных текстильных дублированных материалов на их свойства / Н. Н. Малкова, Н. Н. Орлова, И. А. Штерн, А. В. Хортова // Кожевенно-обувная промышленность. – 1991. – № 10. – С. 18-20.
41. Дардык О. И. Влияние клеевой композиции на свойства обувных текстильных дублированных материалов / О. И. Дардык, А. В. Хортова, Т. С. Боровикова, А. И. Штерн // Кожевенно-обувная промышленность. – 1989. – № 5. – С. 54-57.

42. Березненко С. М., Власенко В. І., Ігнат'єва І. А., Колосніченко М. В., Кострицький В. В., Попов В. П., Прокопова Є. А., Слізков А. М., Супрун Н. П. «Волокнисті матеріали та вироби легкої промисловості з прогнозованими бар'єрними медико-біологічними властивостями». Монографія в 2 ч. Ч. 1. Теоретичні засади технологій виробництва волокнистих матеріалів з прогнозованими бар'єрними медико-біологічними властивостями. – К.: КНУТД, 2014. – 404 с.
43. Виноградова М. Т. Деформационные свойства дублированных материалов для обуви / М. Т. Виноградова, Э. В. Гронская // Кожевенно-обувная промышленность. – 1986. – № 5. – С. 21-24.
44. Файбищенко М. А. Влияние различных факторов на формоустойчивость обуви / М. А. Файбищенко // Кожевенно-обувная промышленность. – 1965. – № 9. – С. 27-33.
45. Рогова А. П. Изготовление одежды повышенной формоустойчивости / А. П. Рогова, А. И. Табакова. – М.: Легкая индустрия, – 1979. – 184 с
46. Смирнова М. Б. Зависимость деформационных свойств синтетической кожи от типа волокнистой основы / М. Б. Смирнова, Э. В. Гронская // Известия вузов. Технология лег. пром-сти. – 1987. – № 5. – С. 36-38.
47. Ефимова О. Г. Оценка жесткости пакетов одежды из текстильных материалов / О. Г. Ефимова, Б. А. Бузов // Известия вузов. Технология лег. пром-сти. – 1984. – № 6. – С. 19-23.
48. Березненко С. М. Основи теорії ресурсозберігаючих технологічних процесів формування і формозакріплення деталей одягу з врахуванням анізотропії текстильних матеріалів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня. докт. техн. наук: спец. 05.19.04 «Технологія швейних виробів» / С. М. Березненко. – К., 2002. – 44 с.
49. Беднарчук Н. С. Исследование некоторых механических свойств многокомпонентных материалов обувного и одежного назначения / Н. С. Беднарчук, И. С. Галык, Б. Д. Семак // Известия вузов. Технология лег. пром-сти. – 1988. – № 3. – С. 30-34.

50. Витте Н. К. Тепловой обмен человека и его гигиеническое значение / Н. К. Витте. – К.: Госмедиздат, УССР, 1956. – 137 с.
51. Березненко С. М. Оцінка в'язкопружних властивостей моношарів пакетів одягу / С. М. Березненко // Вісник ДАЛПУ. – 2000. – № 1. – С. 71-76.
52. Дупак М. М. Метод визначення в'язкопружних властивостей матеріалів легкої промисловості / М. М. Дупак, В. В. Кострицкий // Вісник КНУТД. – 2008, – № 1. – С. 9-13.
53. Садретдінова Н. В. Використання наукомістких технологій у створенні полі функціональної продукції оригінального походження / Н. В. Садретдінова, М. П. Березненко, С. М. Березненко // Легка промисловість. – 2013. – № 2. – С. 36-37.
54. Железняков А. С. Механические колебания в задачах исследования жесткости композитных материалов / А. С. Железняков, И. А. Шеромова, О. А. Дремлюга // Швейная промышленность. – 2013. – № 2. – С. 43-44.
55. Беднарчук Н. С. Влияние компонентного состава и отделки прокладочных нетканых клееных материалов на анизотропию их механических свойств / Н. С. Беднарчук, И. С. Галык, Б. Д. Семак // Известия вузов. Технология лег. пром-сти. – 1987. – № 5. – С. 32-36.
56. Машкова Е. Н. Владопроводные свойства материалов одежды / Е. Н. Машкова // Оценка качества и совершенствование ассортимента промышленных товаров народного потребления. – М., 1979. – С. 35-39.
57. Медведева Л. Л. К вопросу о влиянии рода волокна на процесс паровлагопередачи через материалы одежды / Л. Л. Медведева, П. А. Колесников: сб. трудов ЦНИИШП. – 1971. – С. 172-183.
58. Чуйкова Л. Ф. О роли сорбции и паропроницаемости в обеспечении комфортных условий при эксплуатации обуви / Л. Ф. Чуйкова, Л. А. Гривцова, Б. В. Саутин // Кожевенно-обувная промышленность. –

1981. – № 9. – С. 38-42.
59. Чуйкова Л. Ф. Особенности процесса влагопереноса в материалах, различающихся гидрофильностью и пористой структурой / Л. Ф. Чуйкова, Л. А. Гривцова, Н. Л. Танкова, О. В. Ермолаева, И. Б. Гневушева // Кожевенно-обувная промышленность. – 1983. – № 12. – С. 41-44.
60. Textiles – Physiological Effects – Measurement of Thermal and Water Vapour Resistance Under Steady-state Conditions (Sweating Guarded Hot Plate Test): ISO 11092:1993. – Geneva: International Organization for Standardization, P. 22, 1993.
61. Textiles – Measurement of Water Vapour Permeability of Textiles for the Purpose of Quality Control: ISO 15496:2004. – Geneva: International Organization for Standardization, P. 24, 2004.
62. Медведева Л. П. Методика оценки суммарной влагопроводности материалов одежды / Л. П. Медведева: сб. науч.-исслед. трудов. – М.: ЦНИИШП, 1970. – С. 25-37.
63. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения: ГОСТ 22900-78 – [Дата введения 1979-01-01]. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1998. – 8 с.
64. Fan J. A fabric manikin for assessing the thermal insulation of clothing / J. Fan, J. Keighley // International Journal of Clothing Science Technology. – 1990. – № 2. – P. 14-19.
65. Воюцкий С. С. Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых материалов дисперсиями полимеров / С. С. Воюцкий. – Л.: Химия, 1969. – 336 с.
66. ISO 11092 1993 "Textiles - Physiological Effects - Measurement of Thermal and Water Vapour Resistance Under Steady-state Conditions (Sweating Guarded Hot Plate Test)". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 1993

67. ISO 15496 2004 "Textiles - Measurement of Water Vapour Permeability of Textiles for the Purpose of Quality Control". International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2004.
68. Umbach K. N. Determination of the tolerance time in immersion suits with a thermal manikin conforming to practical experience / K. N. Umbach: 46-th Dornbirn Man-Made Fibers Congress, (Austria, 19-21 Sept. 2007). – Austria, 2007. – 145 p.
69. Li Y. An improved mathematical simulation of moisture and heat in wool fabric / Y. Li, Z. Luo // Textile Res. J. – 1999. – Vol. 69. – № 10. – P. 760-768.
70. Cameron A. Effect of natural and synthetic fibers and film and moisture content on stratum corneum hydration in an occlusive system / A. Cameron, D. Brown, M. Dallas, B. Brandt // Textile Res. J. – 1997. – Vol. 67 – № 8. – P. 585-592.
71. Bartkowiak G. Liquid sorption in two-layer packets of structurally differentiated knitted materials / G. Bartkowiak, E. Szucht // Fibers and textile in Eastern Europe. – 2002. – Vol. 10. – № 4. – P.45-48.
72. Hes L. Modern methods of experimental investigation of thermal comfort parameters in clothing systems / L. Hes: Proc. of the 3-th Intern. Conference TEXSCI 98. – 1998. – Vol. 3. – P. 433-435.
73. Kunstek A. A contribution to the investigation of workwear comfort / A. Kunstek, M. Andrassy, D. Rogale: 78-th International Textile Conference. – 1997. – Vol. 2. – P. 231-244.
74. Короткова И. В. Расчет тепловлажностных свойств пакетов одежды на ЭВМ / И. В. Короткова, В. И. Бухарин, Л. Л. Медведева // Известия вузов. Технология лег. пром-сти. – 1985. – № 3. – С. 77-79.
75. Fan J. A fabric manikin for assessing the thermal insulation of clothing / J. Fan, J. Keighley // International Journal of Clothing Science Technology. – 1990. – № 2. – P. 14-19.
76. Li Y. Enhancement of coolness to the touch by hydroscopic fibers. Part II.

- Physical mechanisms / Y. Li, B. Holcombe // *Textile Res. J.* – 1999. – Vol. 66. – № 9. – P. 587-594.
77. Chen Y. Clothing thermal insulation during sweating / Y. Chen, J. Fan, W. Zhang // *Textile Res. J.* – 2003. – Vol. 73. – № 2. – P. 152-157.
78. Кукин Г. Н. Текстильное материаловедение: учебник для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков [2-е изд.]. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.
79. Мурарова А. Физиологические свойства текстильных тканей из полипропиленовых волокон / А. Мурарова, М. Ямбрих // *Химические волокна.* – 1996. – №3. – С. 32-35.
80. Cameron A. Effect of natural and synthetic fibers and film and moisture content on stratum corneum hydration in an occlusive system / A. Cameron, D. Brown, M. Dallas, V. Brandt // *Textile Res. J.* – 1997. – Vol. 67. – № 8. – P. 585-592.
81. Машкова Е. Н. Влагопроводные свойства материалов одежды / Е. Н. Машкова // Оценка качества и совершенствование ассортимента промышленных товаров народного потребления. – М., 1979. – С. 35-39.
82. Семак З. Н. Паропроницаемость тканей из различных химических нитей / З. Н. Семак // *Текстильная промышленность.* – 1978. – № 4. – С. 81-82.
83. Делль Р. А. Гигиена одежды / Р. А. Делль, Р. Ф. Афанасьева, З. С. Чубарова. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 160 с.
84. Склянников В. П. Гигиеническая оценка материалов для одежды: Теоретические основы разработки / В. П. Склянников, Р. Ф. Афанасьева, Е. Н. Машкова – М.: Легпромбытиздат, 1985. – 144 с.
85. Колесников П. А. Теплозащитные свойства одежды / П. А. Колесников – М.: Легкая индустрия, 1965. – 346 с.
86. Backer S. The relationship between the structural geometry of textile fabric

- and its physical properties. Part IV: Interstice geometry and air permeability / S. Backer // *Textile Res. J.* – 1951. – Vol. 21. – №. 4. – P. 54-67.
87. Кондрацкий Э. В. Оценка воздухопроницаемости в текстильных полотнах / Э. В. Кондрацкий, В. Е. Карпов // *Товароведение и легкая промышленность.* – Минск: Высшая школа, 1975. – С. 134-135.
88. Березненко М. П. Сучасний підхід до конструювання та оптимізації складу багатофункціональних багат шарових текстильних композитів / М. П. Березненко, В. І. Власенко, С. І. Ковтун: збірник наукових праць ювілейної Міжнародної конференції [«Інноваційні технології – майбутнє України»], (Київ, 3-9 жовтня 2005 р.) / Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет технологій та дизайну. – К.: КНУТД, 2005. – Т. 1. – № 5. – С. 61-63.
89. Архангельский Н. А. Воздухопроницаемость тканей. Эксплуатационные свойства тканей и современные методы их исследования / Н. А. Архангельский – М.: Ростехиздат, 1960. – 170 с.
90. Горячев М. В. Зависимость воздухопроницаемости тканей, вырабатываемых из монокристаллов, от их строения / М. В. Горячев, Ю. С. Шустов // *Химические волокна.* – 2001. – № 3. – С. 52-55.
91. Генис А. В. Взаимосвязь структуры и физических свойств волокнистых материалов / А. В. Генис // *Химические волокна.* – 2001. – № 1. – С. 28-33.
92. Ломов С. В. Расчет пористости одно- и многослойных тканей из химических нитей / С. В. Ломов, А. В. Гусаков // *Химические волокна.* – 1998. – № 5. – С. 52-55.
93. Gibson P. Humidity-dependent air permeability of textile materials / P. Gibson, D. Rivin, C. Kendrick // *Tex. Res. J.* – 1999. – Vol. 69. – № 5. – P. 311-317.
94. Gooijir H. Flow resistance of textile materials / H. Gooijir – Thesis UT, Enschede, 1998. – 125 p.
95. Кондрацкий Э. В. К вопросу о воздухопроницаемости тканей /

- Э. В. Кондрацкий // Известия вузов. Технология лег. пром-сти. – 1971. – № 3. – С. 27-31.
96. Szosland J. Identification of structure of intrerthread channels in models of woven fabrics / J. Szosland // *Fibres &Textile in Eastern Europe*. – 1999. – № 5. – P. 41-45.
97. Ryuta Kamiya, Bryan A.Cheeseman, Peter Popper, Tsu-Wei Chou. Some recent advances in the fabrication and design of three-dimensional textile performs: a review. // *Composites science and technology*. – 2000. – Vol. 60. – P. 33-47
98. Belkacemi K. Air flow trough textiles at high differential pressures / K. Belkacemi, A. Broadbent // *Tex. Res. J.* – 1999. – Vol. 69. – № 1. – P. 52-58.
99. Gniotek K. New methods of assessing and dynamic flow characteristics of textiles / K. Gniotek, P. Tokarski // *Tex. Res. J.* – 2000. – Vol. 70. – № 1. – P. 53-58.
100. Ломов С. В. Расчет пористости одно- и многослойных тканей из химических нитей / С. В. Ломов, А. В. Гусаков // *Химические волокна*. – 1998. – № 5. – С. 52-55.
101. Mhetre S.K. Effect of fabric structure on liquid transport, ink jet drops preading and printing quality / Mhetre S. K. // *Georgia Institute of Technology*, 2009, 152 p.
102. Hassenbochler C. B. A new method for pore structure analysis airflow / C. B. Hassenbochler // *Tex. Res. J.* – 1984. – Vol. 54. – № 4. – P. 252-261.
103. Parker K. H. Steady flow in porous, elastically deformable materials / K. H. Parker, R. V. Mehta, C. G. Caro // *Trans. ASME J.* – 1987. – Vol. 54. – P. 794-800.
104. Caro C. G. Studies of transport in deformable porous materials with relevance to connective tissue properties / C. G. Caro, M. G Lever, G. E. Morgan, K. H. Parker // *J. Physiol.* – 1984. – Vol. 30. – № 3. – P. 139-143.
105. Островецька Ю. І. Дослідження впливу вологості текстильних

- матеріалів для медичного одягу на їх повітропроникність / Ю. І. Островецька, Н. П. Супрун, В. І. Власенко // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – № 1. – С. 75-79
106. Галавська Л. Є. Теоретична модель прогнозування повітропроникності кулірного трикотажу / Л. Є. Галавська // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2012. – № 3. – С. 105-110.
107. Горячев М. В. Зависимость воздухопроницаемости тканей, вырабатываемых из мононитей, от их строения / М. В. Горячев, Ю. С. Шустов // Химические волокна. – 2001. – № 3. – С. 52-55.
108. Куличенко А. В. Оценка воздухопроницаемости текстильных материалов / А. В. Куличенко // Текстильная промышленность. – 1995. – № 6. – С. 22-24.
109. Островецька Ю. І. Дослідження впливу вологості текстильних матеріалів для медичного одягу на їх повітропроникність / Ю. І. Островецька, Н. П. Супрун, В. І. Власенко // Вісник Технологічного університету Поділля. – 2003. – № 1. – С. 75-79.
110. Супрун Н. П. Визначення механічних характеристик термодієтичних пакетів текстильних матеріалів [Електронний ресурс] / Н. П. Супрун, В. М. Василенко, Г. В. Щуцька // Електронний журнал «Технології та дизайн». – К.: КНУТД. – № 3 (8). – 2013. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td_2013_3_2.pdf.
111. Супрун Н. П. Моделювання та визначення характеристик пористості і проникності текстильних матеріалів / Н. П. Супрун, В. М. Василенко // Технологія та матеріалознавство швейних виробів. Збірник наукових праць. – Луганськ: видавництво СЗУ ім. В. Даля, 2013. – С. 29-40.
112. Пат. на корисну модель 62400 Україна, МПК D 04B 21/00. Основов'язаний двошаровий трикотаж / Омельченко В. Д., Прокопова Є. А., Локтіонова О. М., Розсоха Т. І.; Опубл. 25.08.2011, Бюл. № 16.

113. Пат. на корисну модель 3785 Україна, МПК 5 D 04B 1/14. Одинарний оснований'язаний прокладний матеріал / Котова Г. М., Романкевич О. В., Зубович К. А., Березненко М. П. Опубл. 27.12.1994., – Бюл., 1994, № 6-1.
114. Пат. на корисну модель 88979 Україна, МПК А 43 В 23/00 Багатошаровий матеріал для верху взуття / Н. П. Супрун, В. М. Василенко, В. Д. Омельченко; Опубл. 10.04.2014, Бюл. № 7.
115. Супрун Н. П. Екофабування текстильних матеріалів натуральними барвниками / Н. П. Супрун, Г. В. Щуцька, В. М. Василенко: матеріали круглого столу [«Формування зеленої економіки і впровадження чистих технологій»], (Київ, 26 липня 2013 р.) / Державне агентство з питань науки, інновацій та інформатизації України. – К.: КНТЕУ, 2013. – С. 135-139.
116. Василенко В. М. Визначення показників формостійкості пакетів текстильних матеріалів для верху взуття / В. М. Василенко, Н. П. Супрун: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції наукової молоді та студентів [«Актуальні проблеми та перспективи розвитку сучасного матеріалознавства»], (Євпаторія, 26-27 вересня 2013 р.) / Міністерство освіти і науки України. – К.: КНУТД, 2013. – С. 3-4.
117. Василенко В. М. Визначення властивостей нових текстильних композиційних матеріалів для взуття / В. М. Василенко, А. Я. Коломієць: збірник тез доповідей III Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів [«Актуальні задачі сучасних технологій»], (Тернопіль, 19-20 листопада 2014 р.) / Міністерство освіти і науки України, ТНТУ ім. Івана Пулюя. – Тернопіль: ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2014. – С. 43-44.
118. Василенко В. М. Визначення впливу складу багатошарових текстильних матеріалів на їх механічні властивості / В. М. Василенко, Н. П. Супрун: тези доповідей XIII Всеукраїнської наукової

конференції молодих учених та студентів [«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»], (Київ, 24-25 квітня 2014 р.) / Міністерство освіти і науки України, Київський національний університет технологій та дизайну. – К.: КНУТД, 2014. –Т. 1. – С. 239-240.

119. Василенко В. Н. Определение механических характеристик термоклеевых пакетов текстильных материалов / В. Н. Василенко, Н. П. Супрун, А. В. Щуцкая // Дизайн. Материалы. Технология. – 2013. – № 5 (30). – С. 31-33.
120. Стельмашенко В. И. Материалы для одежды и конфекционирование: учебник [для студентов высших учебных заведений] / В. И. Стельмашенко, Т. В. Розарёнова [2-е изд., допол.] – М.: Академия, 2010. – 320 с.
121. Материалы текстильные. Климатические условия для кондиционирования и испытания проб и методы их определения: ГОСТ 10681-75 – [Дата введения 1978-01-01]. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 1997. – 31 с.
122. Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей: ГОСТ 3811-72 (ИСО 3932-76, ИСО 3933-76, ИСО 3801-77) – [Дата введения 1973-01-01]. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2003. – 16 с.
123. Полотна и изделия трикотажные. Методы определения линейных размеров, перекоса, числа петельных рядков и петельных столбиков и длины нити в петле: ГОСТ 8846-87 – [Дата введения 1989-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 20 с.
124. Матеріали текстильні. Визначення товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів: ДСТУ ISO 5084:2004. (ISO 5084:1996, IDT) – [Чинний від 2006-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 10 с. – (Національний стандарт України)
125. Текстиль. Определение воздухопроницаемости тканей

- ДСТУ ISO 9237:2003 (ISO 9237:1995, IDT) [Чинний від 2004-07-01]. – Держспоживстандарт України, 2004. – 10 с.
126. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопичности и водоотталкивающих свойств: ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) – [Дата введения 1982-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 14 с.
127. Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств: ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81), (IDT) – [Чинний від 2009-12-01] – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 26 с. – (Національний стандарт України)
128. Win Wdw Elektronik Universal Testing Machine Measuring Control Software User Handbook Version 5,0. – 2000. – 126 p.
129. Матеріали текстильні. Визначення міцності щодо продавлювання та розтягування методом діафрагми: ДСТУ ГОСТ ISO 2960:2004 (ISO 2960:2002. IDN) – [Чинний від 2003-08-06]. – К.: Держспоживстандарт України, 2002. – 12 с. – (Національний стандарт України)
130. Метод визначення незмиральності. Полотна трикотажні: ДСТУ 2994-95 – [Чинний від 1996-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 26 с. – (Національний стандарт України)
131. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе: ГОСТ 10550-93 – [Дата введения 1995-01-01]. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1995. – 12 с.
132. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения жесткости и упругости: ГОСТ 8977-74 – [Дата введения 1975-07-07]. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.
133. Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию: ГОСТ 9913-90 – [Дата введения 1991-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.
134. Кострицкий В. В. Методика и испытательная установка для

- исследования динамических свойств полимерных пленочных материалов и волокон / В. В. Кострицкий // Заводская лаборатория. – 1990. – № 5. – С. 38-42.
135. Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости: ГОСТ 12088-77 – [Дата введения 1979-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.
136. Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения: ГОСТ 22900-78 – [Дата введения 1979-01-01] – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 8 с.
137. Материалы для одежды. Метод определения суммарного теплового сопротивления: ГОСТ 20489-75 – [Дата введения 1976-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 9 с.
138. Бурова З. О. Установка для вимірювання коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів ИТ-7С / З. О. Бурова, Л. К. Воробйов, Л. В. Декуша, О. Л. Декуша // Метрологія та прилади: Науково-виробничий журнал. – Харків, 2009. – № 6 – С. 9-15.
139. Привала В. О. Новий прилад для визначення капілярності волокнистих матеріалів / В. О. Привала, А. А. Мичко, Н. В. Михайлова // Вісник Хмельницького національного університету. – 2005. – Т. 1, Ч. 1. – С. 65-66.
140. Супрун Н. П. Оценка капиллярности тканей с использованием метода растекания капли / Н. П. Супрун, Ю. А. Ващенко, В. Н. Василенко: сборник материалов Международной научно-технической конференции [«Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2013)], (Иваново, 27-29 мая 2013 г.) / Текстильный институт ИВГПУ. – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ, 2013. – Часть 1. – С. 257-258.
141. Ващенко Ю. О. Удосконалення методів дослідження властивостей та вибору матеріалів для швейних виробів для дітей, хворих на дитячий

церебральний параліч: дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / Ващенко Юлія Олексіївна – Київ, 2015. – 168 с.

142. Broido A. A simple sensitive graphical method of treating thermogravimetry analyse data / A. Broido // J. Polym. Sci. – Part A. – 1969. – Vol. 7. – № 2. – P.1761 – 1773.
143. Супрун Н. П. Визначення термічних властивостей нетканих полотен, отриманих на базі регенерованих бавовняних волокон. / Н. П. Супрун, В. М. Василенко, Г. В. Щуцька // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 2 (76). – С. 69-72.
144. Беднарчук М. С. Исследование некоторых механических свойств многослойных материалов одежного и обувного назначения / М. С. Беднарчук, И. С. Галык, Б. Д. Семак, А. И. Шмурак, Г. Ф. Жереги // Изв. вузов. Технология лег. пром-сти. – 1988. – № 3. – С. 30-34.
145. Проектирование обуви, материалы: справочник обувщика / [Л. П. Морозова, В. Д. Полуэктова, Е. Я. Михеева и др.]. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 432 с.
146. Завзявый В. И. Исследование релаксации напряжения текстильных материалов при фиксированной деформации / В. И. Завзявый, И. А. Шеромова, В. А. Кушнарёва, А. С. Железняков // Швейная пром-сть. – 2011. – № 4. – С. 50-52.
147. Беднарчук Н. С. Исследование механических свойств многокомпонентных нетканых клееных прокладочных полотен одежного и обувного назначения / Н. С. Беднарчук, И. С. Галык, Б. Д. Семак // Изв. вузов. Технология лег. пром-сти. – 1986. – № 5. – С. 23-31.
148. Александров С. П. Конструктивное обеспечение опорной комфортности обуви / С. П. Александров, О. В. Паршина, Е. А. Волкова // Кожевенно-обувная промышленность. – 1989. – № 12. – С. 35-39.

- 149 Рибальченко В. В. Матеріалознавство виробів легкої промисловості / В. В. Рибальченко, В. П. Коновал, М. Є. Хом'як – К.: КНУТД, 2007. – 365 с.
- 150 Василенко В. М. Дослідження механічних властивостей багатошарових текстильних матеріалів для взуття [Електронний ресурс] / В. М. Василенко, Н. П. Супрун, Г. В. Щуцька, М. А. Мархай // Електронний науковий журнал «Технології та дизайн». – К.: КНУТД. – № 3 (12). – 2014. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/td_2014_3_2.pdf.
- 151 Супрун Н. П. Оцінка експлуатаційних властивостей трьохшарових композиційних текстильних матеріалів / Н. П. Супрун, В. М. Василенко, Г. В. Щуцька: збірник матеріалів І Міжнародної науково-практичної конференції [«Формування та оцінювання асортименту, властивостей та якості непродовольчих товарів»], (Львів, 22 листопада 2013 р.) / УКООПСПЛКА, Львівська комерційна академія. – Львів, ЛКА. – 2013. – С. 57-58.
- 152 Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжения: ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) – [Дата введения 1973-01-01] – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 20 с.
- 153 Полотна трикотажные. Методы определения разрывных характеристик и характеристик при нагрузках, меньше разрывных: ГОСТ 8847-85 – [Дата введения 1987-01-01]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 21 с.
- 154 Яценко М. В. Удосконалення технологічних процесів виготовлення швейних виробів з натуральної шкіри: дис. канд. техн. наук: 05.18.19 / Яценко Марина Володимирівна – Київ, 2010. – 223 с.
- 155 Гребенников С. Ф., Кынин А. Т. Механизм сорбции водяного пара и гигроскопичность текстильных материалов // Химические волокна. – 2003. – № 5. – С. 38-41

- 156 Браславский А. Н. Капиллярно-пористая структура кожи, ткани и нетканых материалов / А. Н. Браславский, С. П. Шистовский // Кожевенно-обувная промышленность. – 1965. – № 1. – С. 23-27.
- 157 Беднарчук М. С. Исследование некоторых физических свойств прокладочных клееных нетканых полотен одежного и обувного назначения / М. С. Беднарчук, И. С. Галык, Б. Д. Семак, Г. К. Мухамеджанов, М. М. Козыч // Изв. вузов. Технология лег. пром-сти. – 1987. – № 3. – С. 30-34.
- 158 Супрун Н. П. Дослідження гігієнічних властивостей пакетів екологічних матеріалів для швейних виробів / Н. П. Супрун, В. М. Василенко. // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 4. – С. 124–127.
- 159 Ковтун С. І. Розробка та дослідження текстильних композиційних матеріалів для виробів медичного призначення: дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / Ковтун Світлана Іванівна – Київ, 2007. – 149 с.
- 160 Василенко В. М. Визначення теплового опору нових композиційних текстильних матеріалів з використанням установки ИТ-7С. / В. М. Василенко, Н. П. Супрун, Л. Й. Воробйов, З. А. Бутова // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – № 5 (79). – С. 198-202.
- 161 Визначення термічного опору Частина 1. Низький термічний опір: ДСТУ ISO 5085.1-2001. – [Чинний від 2003-07-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2002. – 12 с. – (Національний стандарт України)
- 162 Визначення термічного опору Частина 2. Високий термічний опір: ДСТУ ISO 5085.2-2001. – [Чинний від 2003-01-01]. – К.: Держспоживстандарт, 2001. – 10 с – (Національний стандарт України).
- 163 Спосіб оцінки комфортності матеріалів для одягу / Скрипник Ю. О., Супрун Н. П., Островецька Ю. І., Яненко О. П. // заявник та

патентовласник Київський національний університет технологій та дизайну, № 20021210721 (59881А) заявл. 02.10.02; опубл. 15.09.03, бюл. № 19

- 164 Скрипник Ю. О. Прилад для оцінки властивостей текстильних матеріалів за їх електричними параметрами / Ю. О. Скрипник, М. П. Василенко., І. Ю. Скрипник // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2014. – №1. – С. 65–70.