

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ПОЖИЛОВ-НЕСМІЯН ГЛІБ МИХАЙЛОВИЧ

УДК 677.017.63:61-056.2(043)

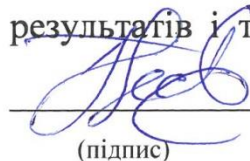
ДИСЕРТАЦІЯ

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНФЕКЦІЮВАННЯ МАТЕРІАЛІВ НА ВИРОБИ
ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ІНВАЛІДНІСТЮ**

Спеціальність 132 Матеріалознавство
технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Пожилов-Несміян Г. М.

(підпис)

Науковий керівник – Супрун Наталія Петрівна, доктор технічних наук,
професор

Київ – 2021р.

АНОТАЦІЯ

Пожилов-Несміян Г. М. Удосконалення конфекціювання матеріалів на виробі для людей з інвалідністю. - Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 132 Матеріалознавство. – Київський національний університет технологій та дизайну, Україна, Київ, 2021.

Дисертаційну роботу присвячено дослідженню та розв'язанню актуальної проблеми удосконалення науково обґрунтованого вибору текстильних матеріалів на виробі для людей з інвалідністю. Проблема інвалідності займає одне з центральних місць серед медико-соціальних проблем сучасного суспільства. Великий контингент інвалідизованої категорії населення складають люди, які внаслідок хвороби або перенесеної травми мають ураження спинного мозку і пересуваються за допомогою інвалідного візка. Визнання суспільством права людей з інвалідністю на повноцінне життя означає створення реальних умов для їх реабілітації та соціальної адаптації, у тому числі, і за допомогою вдало підібраного одягу. Як свідчить міжнародна практика, вирішення задачі забезпечення зручним одягом надасть змогу маломобільним громадянам нічим не відрізнятись від здорових людей, полегшить виконання різних побутових функцій, що є вагомим фактором у зменшенні їх соціальної і психічної ізоляції в суспільстві. Аналіз вітчизняного ринку показав, що окрім корсетів, виготовлених індивідуально, швейних виробів масового виробництва для людей з інвалідністю в нашій країні не існує. Одним із найбільш затребуваних видів одягу для цієї категорії споживачів є спортивний костюм, який широко використовується як для занять фізкультурою і спортом, так і для повсякденного користування.

Об'єктом дослідження є процес науково обґрунтованого вибору матеріалів спортивного комплексу для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка.

Предметом дослідження є удосконалення конфекціювання текстильних матеріалів на вироби для людей з інвалідністю.

Метою дисертаційної праці є удосконалення конфекціювання сучасних текстильних матеріалів на вироби для людей з інвалідністю з урахуванням функціональних вимог та особливостей умов їх експлуатації. Відповідно до визначеної мети в роботі поставлена та вирішувалася низка наукових завдань, які знайшли своє відображення в наукових та практичних результатах.

Проаналізовано міжнародний та вітчизняний досвід розробки швейних виробів для осіб, що пересуваються за допомогою інвалідного візка, який засвідчив, що в даний час відсутня науково обґрунтована методика конфекціювання матеріалів для ергономічних, прилаштованих до умов експлуатації текстильних виробів даного призначення. Щоденна фізична активність є неодмінною умовою реабілітації та підтримання здоров'я цієї категорії споживачів, однак існуючі спортивні костюми не забезпечують гігієнічних вимог та зручності у користуванні. Проведене опитування та аналіз існуючого спортивного одягу для осіб з травмами хребта дозволили встановити вплив особливостей фізичного стану, фізіологічних змін тілобудови, специфічних психофізичних моментів та умов експлуатації на вимоги до конструкції спортивного одягу та матеріалів для його виготовлення, які забезпечуватимуть високі ергономічні та експлуатаційні характеристики. Розроблено універсальний спортивний костюм для осіб з травмами хребта, до складу якого входять штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка, деталі якої швидко і зручно трансформуються для регулювання довжини та об'єму, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних вкладок, а також жилет з автономним підігрівом. Система нагрівальних пластин з еластичних вуглецевих волокон розташовується у пілочках і спинці жилету, живлення пластин здійснюється від гнучких сонячних батарей, які знаходяться у верхній частині спинки, в місці найбільшого потрапляння сонячного світла. Застосована система зумовлює певну автономність знаходження людини в інвалідному візку, оскільки генерована

сонячною батареєю енергія є достатньою не тільки для підігріву одягу за допомогою нагріваючих елементів, але і для підзарядки мобільного телефону, планшета та інших мобільних електричних пристроїв. За розробленою конструкцією було виготовлено експериментальний екземпляр універсального спортивного комплексу, який надано для дослідної експлуатації із здійсненням регулярного моніторингу ключових показників якості. Оцінка здійснювалася шляхом визначення комфортності від експлуатації - тепловідчуття, відображення соматичного стану здоров'я шкіри людини після трьох місяців носіння, а також порівняльним аналізом зміни ряду експлуатаційних характеристик в результаті експлуатації упродовж півроку.

Опитування, проведене серед фахівців, і подальша експертна оцінка дозволили встановити ієрархічну структуру та виявити істотно значимі показники якості трикотажних полотен для виробів, які входять до складу розробленого спортивного комплексу та композиційних матеріалів для антипролежневих аплікаційних вкладок. З використанням стандартизованих методів досліджень і спеціально розроблених методик, адаптованих до особливостей умов використання, досліджено залежності гігієнічних та експлуатаційних властивостей від сировинного складу і характеристик структури текстильних матеріалів виробів спортивного комплексу. Порівняльний аналіз отриманих показників гігієнічних властивостей сучасних трикотажних полотен для спортивних костюмів із визначенням кінетики процесів зволоження та висушування, дозволив провести їх обґрунтований вибір на різні шари спортивного комплексу. Вперше на основі розв'язання нелінійного рівняння дифузії зі спеціальними граничними умовами вирішена задача накопичення рідини (за рахунок потовбирання) в текстильному матеріалі з врахуванням випаровування з вільної поверхні, що дозволило виявити три етапи проходження рідини і обґрунтувати наявність максимального і сталого вмісту рідини в матеріалі.

Розроблено новий асортимент аплікаційних текстильних композиційних матеріалів з вуглецевою тканиною для використання в якості вкладок в місцях

контакту з пролежневими виразками. Проведені дослідження впливу сировинного складу і структури нетканих основ аплікаційних композитів на особливості вологопоглинання та висихання засвідчили можливість спрямованого регулювання цих процесів.

У процесі експлуатації матеріали спортивного костюму для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, піддаються впливу багаторазових розтягнень, згинань тощо, від інтенсивності дії яких та від значень фізико-механічних показників якості застосованих матеріалів залежить термін експлуатації виробу. Як правило, такі навантаження мають величини, істотно менші за розривальні. Для прогнозування зміни довжинних і широтних розмірів деталей виробу при дії експлуатаційних навантажень проведено порівняльний аналіз показників повної деформації розтягування та її складових частин для трикотажних полотен при дії постійного навантаження. Встановлено, що при визначенні одноциклових характеристик розтягування при навантаженнях, менших за розривальне, за двома стандартизованими методиками – з використанням приладу ПР-2 та релаксометра «Стійка», отримані дані кількісно і якісно не співпадають, що найвірогідніше, викликано відмінністю механізмів деформації і прикладення зусиль в точкових пробах різної форми.

Наукова новизна полягає в тому, що на основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено концепцію конфекціювання текстильних матеріалів на швейні вироби для людей з інвалідністю.

При цьому:

- розвинуто методологічний підхід до наукового обґрунтованого вибору матеріалів для багатошарового спортивного комплексу з функцією клімат-контролю, призначеного особам, які пересуваються за допомогою інвалідного візка,

- розширено номенклатуру показників якості матеріалів різних шарів багатофункціонального спортивного комплексу для осіб з травмами хребта включенням показників, які відображають специфіку фізіологічного стану споживача та умови експлуатації виробів;

– розроблено новий асортимент аплікаційних текстильних композиційних матеріалів з регульованими вологотранспортними властивостями на базі активованої вуглецевої тканини, які запропоновано використовувати в якості вкладок в місцях контакту одягу з пролежневими виразками на тілі;

– з використанням методів математичного моделювання показана можливість визначення реальних показників проникнення рідини, початку її випаровування, максимального вмісту рідини в матеріалі на сталому режимі, а також підбору характеристик структури матеріалу в умовах оточуючого середовища для забезпечення заданих значень даних параметрів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що

– на базі аналізу результатів проведеного опитування потенційних споживачів та медичних спеціалістів сформульовано вимоги до адаптаційного одягу особам, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, з урахуванням особливостей умов експлуатації;

– розроблено конструкцію та проведено конфекціювання матеріалів універсального спортивного костюму для осіб з травмами хребта, до складу якого входять штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка з трансформованими деталями, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних накладок, жилет з автономним підігрівом, який забезпечується вмонтованими сонячними батареями.

– удосконалено методику визначення та оцінки вологотранспортних властивостей текстильних матеріалів та лікувально-профілактичних аплікаційних композиційних накладок, призначених для адаптаційного спортивного одягу.

Ключові слова: текстильні матеріали, конфекціювання, спортивний костюм для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, показники якості матеріалів.

ANNOTATION

Pozhylov-Nesmiian H.M. Improvement of Confection of Textile Materials for Products for Persons with Disabilities. – The manuscript. The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 132 Materials Science. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, Ukraine, 2021.

The dissertation is devoted to the research and solution of the actual problem of improving the scientifically based choice of textile materials for products for persons with disabilities. The problem of disability takes the central place among medical and social problems in modern society. A large contingent of the disabled population consists of people who, due to illness or trauma suffered, have spinal cord lesions and move with the help of a wheelchair. Society's recognition of the right of persons with disabilities to a full life means creating real conditions for their rehabilitation and social adaptation, including the use of well-chosen clothing. As international practice shows, solving the problem of providing comfortable clothing will help for low-mobility citizens to be no different from healthy people, facilitate the performance of various household functions, which is an important factor in reducing their social and mental isolation in society. Analysis of the domestic market has shown that except of corsets made individually, there are no mass-produced garments for persons with disabilities in our country. One of the most popular types of clothing for this consumer category is a tracksuit, which is widely used both for physical training and sports, and for everyday use.

The object of the study is the process of scientifically based choice of materials of a tracksuit for people moving with the help of wheelchair.

The subject of the study research is the improving of the confection of textile materials on products for persons with disabilities.

The goal of this dissertation work is to improve the method of confection of modern textile materials on products for persons with disabilities taking into account functional requirements and peculiarities of their operating conditions. According to

the defined goal, the work set and solved a number of scientific problems, which were reflected in scientific and practical outcomes.

International and domestic experience in the development of garments for persons moving with the help of a wheelchair has been analyzed, which showed that at present there is no scientifically based methodology of confection of materials for ergonomic textile products of this purpose adapted to the conditions of use. Daily physical activity is a prerequisite for rehabilitation and health maintenance of this category of consumers, but the existing tracksuits do not provide hygienic requirements and convenience in use. The survey and analysis of existing sportswear for persons with spinal cord injuries allowed establishing the influence of the features of physical condition, physiological changes of the physique, specific psychophysical moments and operating conditions on the requirements for the design of sportswear and materials for its manufacture, providing high ergonomic and operational characteristics. A universal tracksuit kit for persons with spinal cord injuries has been developed, which includes specially designed pants with a corrective rigid corset, a jacket, the details of which are quickly and conveniently transformed to adjust length and volume, a sweatshirt with zonal arrangement of anti-decubitus textile inserts, and a vest with self-contained heating. The system of heating plates made of elastic carbon fibers is located in the shelf and back of the vest; the plates are powered by flexible solar panels, which are located in the upper part of the back, in the place of greatest exposure to sunlight. The system used provides for certain autonomy of a person in a wheelchair, because the energy generated by the solar panel is sufficient not only to heat clothes with heating elements, but also to recharge a cell phone, tablet and other mobile electronic devices. An experimental specimen of a tracksuit kit, which was made according to the developed design, was provided for pilot operation with regular monitoring of key quality indicators. A comfort from wearing became a determinant factor of assessment – heat feeling, display of somatic state of human skin after three months of wearing, as well as by comparative analysis of changes in a number of operational characteristics as a result of use within six months.

A survey which was provided among specialists and further expert evaluation allowed establishing a hierarchical structure and identifying significantly important quality indicators of knitted fabrics for the constituent parts of the developed tracksuit kit and composite materials for anti-decubitus application inserts. Using standardized research methods and specially developed techniques adapted to the specific conditions of use, the dependences of hygienic and operational properties on the raw material composition and characteristics of the structure of textile materials of a tracksuit kit have been studied. A comparative analysis of the obtained indicators of hygienic properties of modern knitted fabrics for tracksuits with determining the kinetics of wetting and drying processes, allowed selecting them for different layers of a tracksuit kit. For the first time, based on the solution of the nonlinear diffusion equation with special boundary conditions, the problem of liquid accumulation (due to sweat absorption) in a textile material, taking into account evaporation from the free surface, was solved, which allowed identifying three stages of liquid passage and substantiating the maximum and stable liquid content in the material.

A new assortment of application textile composites with carbon fabrics was developed for use as inserts in the areas contacting with decubitus ulcers. The studies of the influence of the raw material composition and the structure of the nonwoven bases of the application composites on the moisture absorption and drying features showed the possibility of targeted regulation of these processes.

In the process of use, the materials of the tracksuit for wheelchair users are subjected to repeated stretching, bending, etc., the intensity of which and the values of physical and mechanical indicators of quality of the applicable materials affect the service life of the product. As a rule, such loads have values significantly smaller than breaking. In order to predict changes in the longitudinal and latitudinal dimensions of product parts under the influence of operational loads, a comparative analysis of the indicators of total tensile strain and its components for knitted fabrics under the action of constant load was carried out. It is found that when determining the one-cycle tensile characteristics under loads less than the breaking load by two standardized methods – using the IIP-2 device and the “Stoika” relaxometer, the obtained data do

not quantitatively and qualitatively coincide, which is most likely caused by differences in deformation mechanisms and force application in point tests of different shapes.

Scientific novelty lies in the fact that on the basis of theoretical and experimental research, the concept of textile materials confection for garments for persons with disabilities has been developed.

Wherein:

- a methodological approach to a scientifically sound selection of materials for a multi-layered tracksuit kit with a climate control function, designed for persons who move with the help of a wheelchair, has been developed,

- a nomenclature of quality indicators of materials of different layers of a multifunctional tracksuit kit for persons with spinal cord injuries is expanded to include indicators reflecting the specific physiological state of the consumer and the conditions of product use;

- a new range of application textile composite materials with adjustable moisture transport properties based on activated carbon fabric has been developed, which are proposed to be used as inserts in the areas where cloth contacts with decubitus ulcers on the body;

- using the methods of mathematical modeling, it is shown the possibility to determine the real indicators of liquid penetration, the beginning of its evaporation, the maximum liquid content in the material in steady state mode, as well as the selection of material structure characteristics under environmental conditions to ensure the specified values of these parameters.

The practical significance of the results is that

based on the analysis of the results of the survey of potential consumers and medical specialists, the requirements for adaptive clothing for people who move around with a wheelchair, taking into account the peculiarities of the operating conditions, have been formulated;

the design and confection of materials for a universal tracksuit for persons with spinal injuries are made; the tracksuit kit includes pants of special design with a

corrective rigid corset, jacket with transformable parts, a sweatshirt with zonal arrangement of anti-decubitus textile inserts, vest with self-heating, which is provided by built-in solar panels.

the method of determination and evaluation of moisture transport properties of textile materials and therapeutic and preventive application composite inserts intended for adaptive sportswear has been improved;

Key words: textile materials, confection, tracksuit for persons moving with the help of wheelchair, quality indicators of materials.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. Пожилов-Несміян Г.М., Супрун Н.П., Гірна Т.В. Розробка аплікаційних вкладок у швейні вироби для людей з інвалідністю – // Вісник КНУТД. Серія Технічні науки. - 2020. - № 1 (142). - С. 63-70.
2. Щуцька Г.В., Супрун Н. П., Пожилов-Несміян Г.М. Моделювання процесів вологопереносу в багат шарових аплікаційних матеріалах медичного призначення//Вісник КНУТД, Серія Технічні науки 2020, №2 (144), с.54-61.

Статті у наукових періодичних виданнях іноземних держав

3. Gleb Pozilov-Nesmiyan, Natalya Suprun, Tatyana Girna. Development of application insets in the garments for people with disabilities// Tekstilna industrija 2020. Vol.68. N1. P. 18-22.

Статті у інших виданнях

4. Н.П. Супрун, Л.І. Зубкова, Г.М.Пожилов-Несміян, Ю.О. Ващенко. Розробка сучасного одягу для людей з інвалідністю //Індустрія моди. Fashion industry - 2019. - № 2. – с. 47-53.

Патенти

5. Пожилов-Несміян Г. М., Іванов І. О., Супрун Н. П., Гаврусенко Н. Ф. «Реабілітаційний спортивний костюм для людей з травмами хребта (інвалідів-

спинальних)» Патент на корисну модель №134987. Заявл.11.01.2019. Опубл.10.06.2019. Бюл.№11

Опубліковані праці апробаційного характеру

6. Pojilov-Nesmiyan G., Ivanov I., Suprun N. Adapted clothes for the mobility impaired. Creativitate tehnology marketing: CTM 2017: *Proceedings of the IVth International Symposium* (26 – 28 October). Moldova, Chisinau. 2017. P. 201-206.
7. Г. Пожилов-Несмиян, Н. Супрун. Адаптационная одежда как фактор интеграции в общество людей с ограниченными физическими возможностями. //Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor, 26-29 martie 2019:(în 2 vol.)/ Univ. Tehn. a Moldovei. – Chișinău : Tehnica-UTM, 2019 – .V1.p. 339-340.
8. Супрун Н. П., Пожилов-Несмиян Г. М., Иванов І. О. Розробка нового асортименту соціально-орієнтованих швейних виробів для маломобільних категорій громадян. KyivTex&Fashion: збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції текстильних та фешн технологій. (Київ, 1-2 листопада 2018 р.) Київ: КНУТД, 2018. С.22–25.
9. Пожилов-Несмиян Г. М. Супрун Н.П. Розробка нового асортименту соціально-орієнтованих швейних виробів.// Тези доповідей V Всеукраїнської ювілейної науково-практичної конференції студентів і молодих учених, присвячена 60-річчю ХНТУ. «Системи державного контролю якості на підприємствах різних галузей господарювання». 15-17 травня 2019 року. м. Херсон. С. 36-38.
- 10.Пожилов-Несмиян Г. М. Оцінка фізіолого - гігієнічних властивостей матеріалів для спортивного костюму інвалідів-спинальних. Тези ХУІІІ Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», Київ, 2019
- 11.Супрун Наталія, Пожилов-Несмиян Гліб. Конфекціонування матеріалів для спортивних костюмів людей з травмами хребта./Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну», м. Київ, 23 квітня 2020 року. – Київ: КНУТД, 2020. – у 2 томах. Том 1. – 350 с. (С. 342-346).

12. Супрун Н.П., Пожилов-Несміян Г.М., Чумак Л.Ю. Розробка методу оцінки змочуваності нетканих полотен. // Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали I Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених (17 листопада 2020 р., м. Київ) / за заг. ред. О. М. Ніфатової. – Київ : КНУТД, 2020. – С. 327-332.
13. Пожилов-Несміян Г.М., Супрун Н.П., Г.М., Чумак Л.Ю. Розробка одягу для маломобільних верств населення // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (заочна форма) «Формування та перспективи розвитку підприємницьких структур в рамках інтеграції до європейського простору» – Полтава. 2021. – 426 с. (с. 273-277).
14. Супрун Н. П., Пожилов-Несміян Г. М., Ващенко Ю.О. Спортивний комплект для осіб з травмами хребта// Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта» (м. Полтава, 22–23 квітня 2021 року). – Полтава: ПУЕТ, 2021. – 132 с. (С.81-83).

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	2
ANNOTATION	7
СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ	11
ВСТУП	16
РОЗДІЛ 1. АДАПТАЦІЙНИЙ ОДЯГ ЯК ФАКТОР ІНТЕГРАЦІЇ В СУСПІЛЬСТВО ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ ФІЗИЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ	22
1.1. Роль адаптаційного одягу у трактуванні концепції інвалідності	23
1.2. Спортивний одяг для людей з інвалідністю	33
1.3. Аналіз факторів, які забезпечують комфортні умови експлуатації адаптивного спортивного одягу	38
1.4. Вуглецеві матеріали у лікуванні пролежневих виразок	48
Висновки до розділу 1	51
Список використаних джерел до розділу 1	53
РОЗДІЛ 2.	64
ОБ’ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1. Розробка універсального спортивного комплексу для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка	66
2.2. Об’єкти та методи досліджень	76
2.3. Експертна оцінка показників якості композиційних матеріалів з вуглецевою тканиною	84
2.4. Методи дослідження	90
Висновки до розділу 2	93
Список використаних джерел до розділу 2	95
РОЗДІЛ 3	
ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОМПЛЕКСУ ГІГІЄНИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ	

МАТЕРІАЛІВ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКТУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ХРЕБТА	97
3.1. Аналітичне дослідження гігієнічних властивостей трикотажних полотен для спортивного костюму	98
3.2. Моделювання процесу змочування з врахуванням одночасного випаровування з вільної поверхні текстильного полотна	103
3.3. Визначення повітропроникності текстильних полотен спортивного комплекту	119
3.4. Дослідження вологотранспортних властивостей антипролежневих композиційних аплікаційних вкладок у швейні вироби	123
3.5. Визначення методом краплі капілярності у горизонтальному напрямку	135
Висновки до розділу 3	138
Список використаних джерел до розділу 3	139
РОЗДІЛ 4.	142
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКТУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ХРЕБТА	
4.1. Визначення повної деформації розтягування та її складових частин	143
4.2. Визначення експлуатаційних характеристик трикотажних полотен	153
Висновки до розділу 4	156
Список використаних джерел до розділу 4	157
ВИСНОВКИ	159
ДОДАТКИ	162

ВСТУП

Актуальність теми. Згідно з оцінками експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я, нині у світі в однієї з десяти осіб є одне або кілька функціональних порушень, які стають причиною інвалідності, 35% осіб у віці 60 років мають стійкі функціональні порушення, які перешкоджають їм здійснювати звичайні соціальні функції на рівні з іншими, у віці 70 років цей показник зростає до 50%, а у 80 років їх мають 100% осіб [1]. Інвалідність є багатогранною проблемою, безпосередньо пов'язаною з рівнем економічного, політичного та соціального розвитку суспільства, його культурою, освітою, мораллю, релігією. «Невидимість» людей з інвалідністю в Україні неприємно вражає іноземців, які приїжджають до нас, і вона пов'язана далеко не в останню чергу з самовідчуттям людей з вадами здоров'я в публічному просторі. Поки зберігається ця невидимість - зберігається громадська байдужість до теми в цілому. У суспільстві, де інваліди складають близько 10% населення, їх вплив може бути дуже значним, але для цього їм потрібно відчувати себе вписаними в соціум, і не останню роль тут грає можливість адекватно виглядати в своєму одязі. Одяг, який є важливим аспектом майже всіх людських стосунків, виконує соціальні та культурні функції, характеризує соціальний статус, форми захисту та способу самовираження, може сприяти або перешкодити здатності виконувати повсякденну діяльність та відігравати відповідні соціальні ролі.

Актуальність даного дослідження визначається зростанням чисельності осіб з інвалідністю і необхідності пошуку шляхів оптимізації їх життєдіяльності в соціальному середовищі. Поряд з реалізацією принципу безбар'єрної архітектури в містобудуванні та транспорті обов'язкової реалізації потребує принцип «безбар'єрних» відносин до людей з інвалідністю у суспільстві, чому сприятиме створення функціонально-естетичного адаптаційного та реабілітаційно-оздоровчого одягу. Науково обґрунтований підхід до означеного напрямку досліджень дасть підстави сформулювати передумови для економічної ефективності його виробництва та впровадження.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.
Дисертаційну роботу виконано відповідно до планів науково-дослідних робіт Київського національного університету технологій та дизайну, зокрема за держбюджетною темою: 16.04.54 ДБ «Розробка нового асортименту одягу для поранених та шпитального одягу з гнучкою морфологічною структурою» (термін виконання 2017-2018 рр.).

Мета і задачі дослідження - удосконалення конфекціювання сучасних текстильних матеріалів на вироби для людей з інвалідністю з урахуванням функціональних вимог та особливостей умов їх експлуатації.

Для досягнення мети в дисертаційній роботі **поставлено такі завдання:**

- на основі системного опрацювання науково-технічної та патентної літератури проаналізувати міжнародний та вітчизняний досвід розробки швейних виробів для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка;
- провести опитування та аналіз вимог потенційних споживачів та медичних працівників щодо властивостей матеріалів та конструкції спортивного одягу для осіб з травмами хребта, що дозволить встановити вплив особливостей фізичного стану, тілобудови, специфічних психофізичних моментів та умов експлуатації на забезпечення комфортності виробу;
- виявити фактори, які зумовлюють необхідні експлуатаційні характеристики, сенсорний та термофізіологічний комфорт; з використанням методу експертного опитування визначити найбільш вагомі показники якості матеріалів для виготовлення спортивного костюму, визначити основні методи дослідження, які будуть використані для їх оцінки;
- провести порівняльний аналіз гігієнічних, ергономічних та експлуатаційних властивостей обраних текстильних матеріалів та здійснити їх обґрунтований вибір на різні шари спортивного комплекту;

- розробити аплікаційні текстильні матеріали для використання в якості вкладок в місцях контакту з пролежневими виразками та визначити їх властивості; провести моделювання процесів змочування з врахуванням одночасного випаровування з вільної поверхні текстильних полотен;
- скласти рекомендації щодо покращення комфортності у користуванні та прилаштованості до особливостей умов експлуатації спортивного костюму для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка;

Предметом дослідження є удосконалення конфекціювання текстильних матеріалів на вироби для людей з інвалідністю.

Методи дослідження. Вирішення поставлених у дисертаційній роботі завдань реалізовано з використанням стандартних для текстильної промисловості методів, а також спеціально розроблених інструментальних методів, які враховують особливості експлуатаційної ситуації споживання

Наукова новизна полягає в тому, що на основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено концепцію конфекціювання текстильних матеріалів на швейні вироби для людей з інвалідністю.

При цьому:

- розвинуто методологічний підхід до наукового обґрунтованого вибору матеріалів для багатошарового спортивного комплексу з функцією клімат-контролю, призначеного особам, які пересуваються за допомогою інвалідного візка,
- розширено номенклатуру показників якості матеріалів різних шарів багатофункціонального спортивного комплексу для осіб з травмами хребта включенням показників, які відображають специфіку фізіологічного стану споживача та умови експлуатації виробів;
- розроблено новий асортимент аплікаційних текстильних композиційних матеріалів з регульованими вологотранспортними властивостями на базі активованої вуглецевої тканини, які запропоновано використовувати в якості вкладок в місцях контакту одягу з пролежневими виразками на тілі;

– з використанням методів математичного моделювання показана можливість визначення реальних показників проникнення рідини, початку її випаровування, максимального вмісту рідини в матеріалі на сталому режимі, а також підбору характеристик структури матеріалу в умовах оточуючого середовища для забезпечення заданих значень даних параметрів.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що

– на базі аналізу результатів проведеного опитування потенційних споживачів та медичних спеціалістів сформульовано вимоги до адаптаційного одягу особам, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, з урахуванням особливостей умов експлуатації;

– розроблено конструкцію та проведено конфекціювання матеріалів універсального спортивного костюму для осіб з травмами хребта, до складу якого входять штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка з трансформувемими деталями, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних накладок, жилет з автономним підігрівом, який забезпечується вмонтованими сонячними батареями.

– удосконалено методику визначення та оцінки вологотранспортних властивостей текстильних матеріалів та лікувально-профілактичних аплікаційних композиційних накладок, призначених для адаптаційного спортивного одягу;

Результати експериментальних досліджень впроваджено в Ірпенському військовому шпиталі, ТОВ «ДАНА МОДА», у навчальний процес Київського національного університету технологій та дизайну.

Особистий внесок здобувача. Наукові результати, викладені в дисертаційній роботі й винесені на захист, отримано автором особисто. Безпосередньо здобувачем виконано постановку й обґрунтування теми, мети та завдань дисертаційної роботи, здійснено планування експерименту, критичний аналіз наукової фахової літератури, проведено експериментальні дослідження в умовах наукових та випробувальних лабораторій, також в умовах експлуатації, здійснено математичну обробку та узагальнені результати.

Вдосконалено методику конфекціювання та визначення властивостей текстильних матеріалів універсального спортивного костюму для осіб з травмами хребта з урахуванням особливостей умов експлуатації, надано наукове обґрунтування висновків і розроблено рекомендації щодо практичного використання одержаних результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлено й обговорено на 9 науково-практичних конференціях, у тому числі на 6 міжнародних: IVth International Symposium (26 – 28 October), Moldova, Chisinau 2017; *Conferința tehnico-științifică a studenților, masteranzilor și doctoranzilor*, (26–29 martie 2019). Univ. Tehn. a Moldovei. Chișinău: Tehnica-UTM, 2019; II Міжнародна наукова конференція текстильних та фешн технологій. (Київ, 1-2 листопада 2018 р.) Київ, КНУТД; Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні проблеми сучасного дизайну» (Київ, 23 квітня 2020 р.) Київ, КНУТД; IV Міжнародної науково-практичної конференції (заочна форма) «Формування та перспективи розвитку підприємницьких структур в рамках інтеграції до європейського простору» – Полтава, 2021; VIII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта», 22–23 квітня 2021 року. Полтава; I Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених (17 листопада 2020 р., м. Київ); Всеукраїнська наукова конференція молодих вчених та студентів «Наукові розробки молоді на сучасному етапі», Київ, 2019; V Всеукраїнської ювілейної науково-практичної конференції студентів і молодих учених, присвячена 60-річчю ХНТУ. «Системи державного контролю якості на підприємствах різних галузей господарювання». 15-17 травня 2019 року. м. Херсон.

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, у тому числі: 2 статті у наукових фахових виданнях, 1 – в іноземному виданні, внесеному до реєстру міжнародних наукометричних баз, 1 – у інших періодичних виданнях, 9 тез доповідей у збірниках матеріалів та тез

конференцій. Новизну запропонованих технічних рішень підтверджено патентом на корисну модель.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел до кожного розділу, висновків та додатків (4 додатки на 12 сторінках). Загальний обсяг дисертації становить 172 сторінки, з них 142 сторінки – основний текст, 18 сторінок – список використаних джерел та 12 сторінок – додатки. Основний зміст дисертації містить 21 таблицю та 64 рисунків.

РОЗДІЛ 1. АДАПТАЦІЙНИЙ ОДЯГ ЯК ФАКТОР ІНТЕГРАЦІЇ В СУСПІЛЬСТВО ЛЮДЕЙ З ОБМЕЖЕНИМИ ФІЗИЧНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ

Згідно з оцінкою Всесвітньої організації охорони здоров'я [1], 15% населення в світі, тобто понад 650 мільйонів людей, має різні форми інвалідності. За прогнозами, в найближчі роки поширеність інвалідності буде зростати в результаті старіння населення, а також глобального зростання таких хронічних станів, як діабет, серцево-судинні хвороби, рак і психічні розлади. В Україні, за даними Міністерства соціальної політики, офіційно зареєстровано понад 2,8 мільйона осіб, що мають статус людини з інвалідністю, причому їх чисельність неухильно збільшується. Більшість з них стикаються з важко вирішуваними проблемами, що перешкоджають підвищенню їх особистісного статусу в соціумі, соціальної активності та адаптації, середовищної мобільності і рівня матеріального добробуту.

13 грудня 2006 р. Організація Об'єднаних Націй прийняла Конвенцію про права людей з інвалідністю [2] та Факультативний протокол до неї. Прийняття Конвенції ствердило «зміну парадигми» у ставленні та підходах до осіб з інвалідністю в багатьох країнах світу. Україна ратифікувала документ 16 грудня 2009 р., який набрав чинності 6 березня 2010 року. Конвенція прояснює зобов'язання держави дотримуватись та забезпечувати рівноправне користування особами з інвалідністю загальновизнаними правами людини. Зміна акцентів у трактуванні концепції інвалідності призводить до необхідності забезпечення комплексного підходу у створенні умов, які б сприяли реалізації прав осіб з інвалідністю на рівні з іншими громадянами країни. Інвалідність — це соціальне явище, а не захворювання чи вирок. Перед державою постають проблеми успішної соціалізації таких осіб, ефективності та доцільності інклюзивної освіти, надання соціальної допомоги, створення спеціалізованих закладів реабілітації тощо. І хоча досвід європейських країн із створення доступного середовища людям з інвалідністю значно більший, ніж в Україні,

однак і наше суспільство також почало відчувати потребу в інклюзії та активно працювати над розробкою методів та способів пристосування навколишнього середовища до потреб неповносправних своїх членів

1.1. Роль адаптаційного одягу у трактуванні концепції інвалідності

Інвалідність є результатом взаємодії між людьми, що мають фізичні, розумові, інтелектуальні чи сенсорні порушення і перешкоди у стосунках, та оточуючим середовищем. Тому поряд із будівництвом пандусів, спеціальних підйомників, засобів пересування, для підтримки інтеграції в суспільство громадян з порушенням мобільності передбачено також забезпечення їх реабілітаційним одягом та взуттям, пристосуваннями для надягання предметів одягу та іншими виробами. Якщо в європейських країнах суспільству вдалось розробити ефективні методи включення людей з інвалідністю у повноцінну життєдіяльність, створити умови для їх самоактуалізації, сформувані відповідне гуманне ставлення, то в Україні сьогодні є ще прогалини з вирішення зазначених питань як на державному рівні, так і на рівні громади, колективу..

Інвалідність класифікують за видами порушень функцій організму, до яких відносять [3]:

- 1) порушення психічних функцій (сприйняття, уваги, пам'яті, мислення, мови, емоцій, волі);
- 2) порушення сенсорних функцій (зору, слуху, нюху, дотику, больової, температурної та ін. видів чутливості);
- 3) порушення статодинамічних функцій (голови, тулуба, кінцівок, рухливих функцій, статички, координації руху);
- 4) порушення функції кровообігу, дихання, травлення, виділення, обміну речовин та енергії, внутрішньої секреції, імунітету тощо;
- 5) мовні порушення (не обумовлені психічними розладами), порушення голосоутворення, форми мови – порушення усної (ринолалія, дизартрія,

заїкання, алалія афазія) та письмової (дисграфія, дислексія), вербальної та невербальної мови;

б) порушення, які викликають спотворення (деформація обличчя, голови, тулуба, кінцівок, які призводять до зовнішнього спотворення, аномальні дефекти травного, сечовидільного, дихального трактів, порушення розмірів тулуба).

Розрізняють також вроджену й набуту інвалідність. Вроджену інвалідність викликають патогенні впливи під час пренатального періоду та травми під час народження. Набута інвалідність виникає у різні вікові періоди після народження в результаті хвороби чи травми і супроводжується посттравматичним синдромом. Ступені інвалідності можуть бути легкими чи середніми, непомітними стороннім, такими, що ускладнюють фізичні можливості та мобільність людини. Наприклад, людина добре ходить, але їй складно взяти руками предмет чи зробити з ним якусь дію.

У світовій практиці частка виробів, призначених для людей з порушенням мобільності, складає 37% від сумарного обсягу світового ринку реабілітаційних товарів. У комплексі заходів, що забезпечують можливість для людей з обмеженими руховими можливостями максимально наблизитися до повноцінного суспільного життя, створення комфортного і сучасного одягу із спеціальними функціонально конструктивними елементами є одним з першорядних і найважливіших завдань. У світовій практиці такий одяг має назву «адаптивний».

Адаптивний одяг – це спеціально розроблений одяг для людей з обмеженою рухливістю (тимчасовою або постійною), для літніх людей, інвалідів, лежачих хворих та пацієнтів після операції, які можуть мати труднощі з перевдяганням. Адаптивний одяг полегшує для медичного персоналу та осіб, які доглядають за хворими, одягання, роздягання та перевдягання лежачих пацієнтів, забезпечує легкий доступ до частин тіла, не роздягаючи пацієнта повністю, що дозволяє міняти підгузки або здійснювати інші гігієнічні процедури максимально зручно й швидко. Для досягнення позитивного адаптаційного ефекту людям з

інвалідністю необхідний психологічний комфорт, перешкодою якому є невпевненість в собі, обумовлена не тільки фізичним і психологічним станом, але і зовнішнім виглядом. Використання непристосованого, випадкового одягу призводить до обмеження їх можливостей самостійно виконувати життєво важливі функції. Для створення функціонального і комфортного одягу для осіб з інвалідністю необхідно досконально вивчити особливості фізіологічних змін їх тілобудови, врахувати специфічні психофізичні моменти, особливості умов експлуатації. Створення є вагомим фактором у зменшенні їх соціальної і психічної ізоляції в суспільстві. Відсутність на сучасному ринку актуального асортименту адаптивного одягу пов'язана, головним чином, з труднощами розробки оригінальних конструктивних рішень, що враховують зміни форми і розмірів тіла людини в результаті хвороби або травми.

Функціональний одяг для кожного типу інвалідності має абсолютно різні вимоги. Наприклад, пацієнтові, який не може підняти руки вище рівня плеча, потрібно адаптивне рішення в одязі, відмінне від рішення для пацієнта, який страждає нетриманням. Адаптивний одяг для пацієнтів після інсульту має бути на текстильних застібках, оскільки це захворювання часто викликає різний ступінь паралічу, що призводить до нездатності справлятися з кнопками та застібками. Слід також враховувати, що багато людей з обмеженими можливостями користуються допоміжними пристроями, такими як тростини, катетери або мішечки для сечовипускання, брекети, ходунки, інвалідні візки та ін. Для розміщення таких пристроїв необхідно вносити зміни в конструкцію одягу, обирати матеріали для його виготовлення з урахуванням специфіки експлуатації. Хворі, прикуті до ліжка, спастичні, аутистичні хворі тощо також потребують різних видів функціонального одягу. Фізичні вади часто можуть супроводжуватися порушенням координації, втратою чутливості та дисбалансом, що також треба приймати до уваги про проектуванні різних видів одягу.

Аналіз результатів опитування споживачів з обмеженими руховими можливостями, представлений в роботі [4], показав, що в даний час в більшості

випадків вони змушені купувати розроблену на типову фігуру одяг, пристосовуючи його до себе, оскільки залишаються неврахованими ергономічні вимоги до одягу: 70,1% респондентів відзначають незручність зняття і надягання одягу, 80,5% - відсутність відповідного розміру і погану посадку виробу на фігурі. Одяг має бути естетично привабливим і, по можливості, відповідати сучасним тенденціям моди і загальним стандартам якості, має бути зручним у одяганні-роздяганні, легким у догляді, а також забезпечувати носіям відчуття фізичного та психічного комфорту. Особливі вимоги, що виникають у споживачів з обмеженими можливостями, потребують спеціального проектування та розробки для вирішення фізичних, фізіологічних та психічних проблем. Слід зазначити, що в сучасних засобах масової інформації останнім часом замість визначення «адаптаційний одяг» все частіше використовується термін «інклюзивний одяг». Розробляючи одяг для людей з інвалідністю, також дуже важливим є правильний вибір матеріалів. Наприклад, у виробках для людей з ампутацією в місцях контакту одягу з протезними пристосуваннями зношування матеріалів буде проходити більш інтенсивно. Для людей, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, матеріали одягу в області плечового поясу мають бути еластичним, з підвищеними сорбційними властивостями і одночасно, бажано зі спеціальним покриттям, яке відштовхує вологу і бруд.

Основні фактори, що впливають на вимоги до інклюзивного одягу для людей з зі стійкими розладами нейромускулярних, скелетних і пов'язаних з рухом функцій організму та іншими обмеженнями статодинамічних функцій, систематизовані в роботі [4] (Рис.1.1).

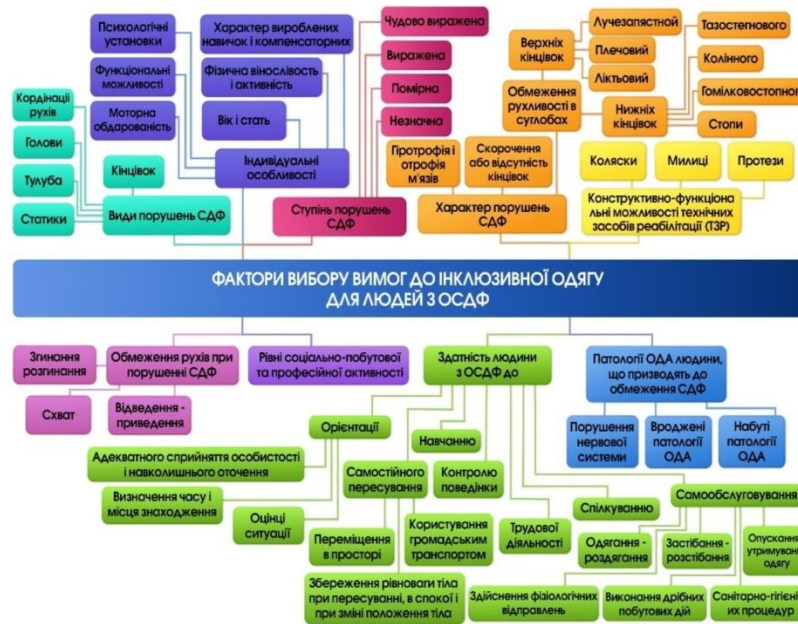


Рис.1.1. Схема факторів, що впливають на вимоги до інклюзивного одягу для людей з обмеженням статодинамічних функцій (за [4])

Вони включають в себе функціональні, ергономічні, експлуатаційні, естетичні, медико-технічні і соціальні вимоги.

Авторами [5] створено карту - схему, яка відображає частоту використання ключових слова, за якими інваліди-візочники здійснюють пошук одягу для своїх потреб (Рис.1.2).



Рис.1.2. Карта частоти ключових слів, за якими здійснюється пошук адаптивного одягу (за [5])

Грунтовний розгляд питань розробки адаптивного одягу для людей з інвалідністю представлено в недавньому дослідженні [6]. Тематика проведених опитувань, в яких приймали участь дизайнери, клініцисти та особи з інвалідністю, проаналізовано велику кількість статей та інформації, поданої на відповідних веб-сайтах, охоплювала різні аспекти та перспективи розробки адаптивного одягу сучасного дизайну (рис.1.3), як вагомого фактору інклюзії в суспільство людей, які можуть мати труднощі при одяганні (особи з інвалідністю, люди похилого віку, немічні, пацієнти після операції та ін.). Широке інтернет-опитування, проведене роботі [7], виявило, що багато потреб людей з пошкодженням спинного мозку не задовольняються наявними доступними рішеннями дизайну одягу, який не враховує ряд існуючих ключових проблем. Аналіз отриманих відповідей щодо потреб користувачів показав, що 41% респондентів відчували шкіряні подразнення, спричинені або посилені одягом; 85% висловили незадоволення часом необхідним для роздягання, 55% користувачів, хто потребує використання катетерів, були незадоволені зовнішнім виглядом сумки для катетерів, 79% відчували труднощі з доступом до свого катетера через одяг.

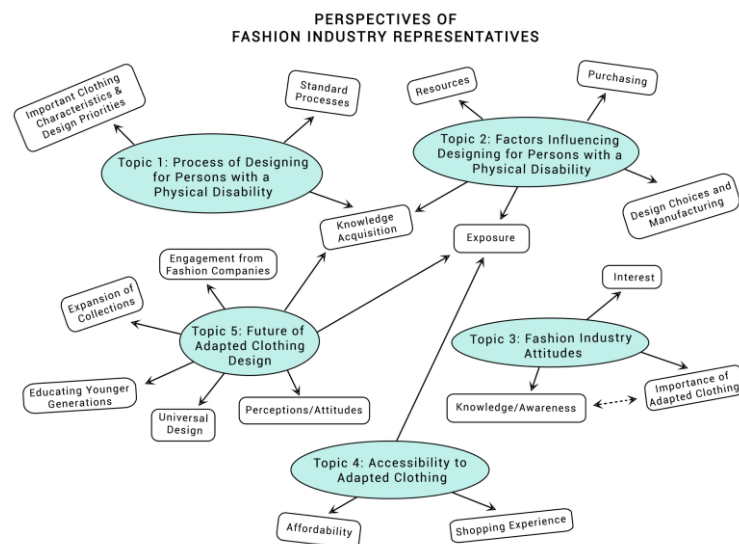


Рис.1.3. Тематика опитувань щодо адаптивного одягу (за[6])

Характерною особливістю є те, що, як правило, результатом лікування різних травм є збільшення об'єму живота навіть тоді, коли інші ділянки тіла залишаються худими, що ускладнює припасування одягу до контурів тіла. Дані показали, що споживачі з метою приховати або замаскувати область живота, зазвичай роблять це, купуючи одяг великих розмірів, в результаті чого спотворюється їх зовнішній вигляд і створюється більший ризик появи пролежнів. Також відзначалось, що в існуючому дизайні одягу для людей на візках виникло дві проблеми. Деякі дизайнери, зосередившись на рішеннях для одного конкретного клієнта, намагалися узагальнити свої конструкції для інших користувачів без аналізу їх різних потреб. І навпаки, деякі намагалися створити дизайн для широкої групи населення, враховуючи різні потреби, але не змогли вирішити проблеми, характерні для підгруп інвалідності. Широко доступні рішення для адаптаційного одягу зосереджувались переважно на функціональних та медичних питаннях (які часто вирішувались окремо) і менше робився акцент на вимогах естетичності та виразності одягу, що створювало негативні образи безстатевості, неелегантності чи непривабливості. Щодо одягу для людей, які користуються інвалідним візком, відзначається [7], що в його дизайні часто не враховується те, що при сидінні штани часто видаються занадто короткими, створюються зморшки, сорочка неестетично звисає по діагоналі та ін. Відсутність комфорту та невідповідність конструкції одягу запитам споживачів, які мають захворювання на артрит, відзначалась як результат опитування 800 респондентів. В якості основних проблем з одягом, що пов'язані з наслідками відсутності рухливості та браку сили в руках і пальцях, хворі на артрит називали труднощами в маніпулюванні застібками, довгі рукава, а також застібки на спині, погану посадку одягу на тілі [8]. Особливості дизайну функціонального повсякденного одягу для осіб, що пересуваються за допомогою інвалідного візка, авторами [9] запропоновано класифікацію ступеню самостійності у користуванні одягом при здійсненні найбільш поширених щоденних побутових дій (Рис. 1.4), у ступені варіює від «повної залежності» до «незалежності». В цій же роботі на основі

хронометражу часу показано, що при використанні спеціально розробленого адаптаційного одягу час, потрібний для роздягання при купанні, відвідуванні туалету скорочується приблизно на 50%, а здатність самостійно впоратися з одяганням поліпшилась на 25%.



Рис. 1.4. Рівні самостійності людини з інвалідністю при користуванні одягом

Комплекс факторів (Рис.1.5), які впливають на процеси розробки та впровадження у виробництво адаптаційного одягу, аналізуються в роботі [10].



Рис. 1.5. Фактори, які впливають на процеси розробки та впровадження у виробництво адаптаційного одягу

Питання розробки функціонального одягу для різних видів інвалідності з пропозиціями різних варіантів конструктивних рішень розглядаються також в роботах [11-22]. Так, в результаті анкетування споживачів адаптаційного одягу встановлено [16], що для більшості опитуваних (86%) його використання значно полегшувало повсякденну діяльність, скоротило необхідний час при одяганні та роздяганні на 31% при самообслуговуванні та на 43% - при одяганні за допомоги помічників; на 62% скоротився час при відвідуванні туалету.

Незважаючи на те, що комерціалізація виробництва адаптаційного одягу є доволі значною проблемою [15], велика кількість фірм-виробників виготовляє та реалізує одяг для цієї категорії населення, в тому числі, через інтернет-магазини. До розробок адаптивного одягу все частіше залучаються відомі дизайнери, а сам одяг з успіхом демонструється на світових подіумах (Рис. 1.6).



Рис. 1.6. Дизайнерські розробки одягу для людей з інвалідністю

Упродовж останнього десятиріччя питаннями розробки адаптаційного одягу та конфекціювання матеріалів для його виготовлення активно займаються в Київському національному університеті технологій та дизайну [23-45]. В рамках цих досліджень були створені колекції естетичних і функціональних виробів для людей з різними видами інвалідності.

Ідеологія реабілітації людей з обмеженими можливостями еволюційно розвивається від милосердя, простого догляду за пацієнтами і вирішення проблем медичного характеру до розробки і впровадження сучасних програм створення доступного середовища і забезпечення нужденних різноманітними

реабілітаційними виробами. Не можна не погодитися з тим, що сучасне милосердя - це не подання милостині, а організація державою і виконання суспільством певної програми підтримки нужденних вигляді надання соціальної і матеріальної допомоги, сформульованої в переліку реабілітаційних заходів, технічних засобів реабілітації та послуг, що надаються інваліду [46]. Сюди можна віднести також розробку і виробництво конкурентоспроможних реабілітаційних виробів, які допомагають інвалідам відновлювати або компенсувати тимчасові чи постійні порушення здоров'я, забезпечувати автономність існування, підвищувати якість життя.

Фізіологічні порушення опорно-рухового апарату, зокрема, атрофування м'язового масиву нижніх кінцівок, викликають необхідність розробки нових конструктивних рішень поясних виробів. Аналіз реальних умов експлуатації одягу людей з обмеженими руховими можливостями, які пересуваються в інвалідному візку, дозволив виявити ряд специфічних ергономічних вимог до такого одягу, який має

- відповідати формі і розмірам нижньої частини тіла сидячої людини;
- забезпечувати зручність одягання і зняття одягу;
- забезпечувати зручність користування окремими її елементами;
- виключати ризик потрапляння вільних частин одягу в робочі деталі крісла-коляски;
- попереджати пошкодження шкірних покривів внаслідок зіткнення швів з тілом в місцях постійного контакту з кріслом-коляскою;
- забезпечувати відсутність зайвих заломів і складок на поверхні сидіння;
- забезпечувати можливість зміни щільності облягання з урахуванням повнотної групи споживача.

1.2. Спортивний одяг для людей з інвалідністю

Інвалідність різко змінює життєвий стереотип хворого, порушує систему звичних соціальних контактів, нерідко завдає відчутного збитку особі. У числі найважливіших видів роботи з особами з обмеженими можливостями є адаптивна фізична культура і спорт, які виділені в багатьох країнах в самостійний реабілітаційний напрямок. Використання засобів фізичної культури є ефективним, а в ряді випадків і єдиним реальним напрямом реабілітації та соціальної адаптації представників даної категорії населення. Безперервність реабілітаційного процесу має важливе значення в психологічному настрої і заняття оздоровчою фізкультурою і спортом виступають не тільки як логічне продовження медичної реабілітації, але і як форма соціальної діяльності. Фізична реабілітація осіб з наслідками спинномозкової травми є найважливішим чинником корекції способу їх повноцінного життя [47-49]. При цьому всім пацієнтам рекомендовані вправи лікувальної фізкультури, спрямовані на розвиток дрібної моторики, різноманітні сенсорні програми для відновлення шкірної чутливості і здатності контактувати з побутовими предметами [50].

Як правило, виділяють 4 періоди травматичної хвороби, які входять в госпітальний етап фізичної реабілітації хворих. В першому періоді (гострий, перші 7-10 днів) лікувальна гімнастика направлена на підвищення життєвого тону хворого, поліпшення діяльності серцево-судинної системи, органів дихання і шлунково-кишкового тракту. Використовують дихальні (статичні і динамічні), загальнорозвиваючі вправи для дрібних і середніх м'язових груп і суглобів. Початкове положення для виконання фізичних вправ – тільки лежачи на спині. У другому періоді (до 30-го дня після травми) лікувальна гімнастика направлена на нормалізацію діяльності внутрішніх органів, поліпшення кровообігу в зоні пошкодження з метою стимуляції процесів регенерації, зміцнення м'язів тулуба, плечового і тазового поясу. Основна задача – вироблення «м'язового корсета» і підготовка організму до подальшого

розширення рухового режиму. В третьому періоді (до 45 -60-го дня після травми) заняття передбачають зміцнення м'язів тулуба, м'язів тазового дна, кінцівок, поліпшення координації рухів і мобільності хребта. У цьому періоді зростає загальне фізичне навантаження за рахунок збільшення тривалості заняття. Пізній період продовжується з 3 – 4-го місяця до 2 -3 років після травми. Також однією з форм фізичного виховання, яка не вимагає тривалої підготовки і використання складного устаткування і пристосувань, є прогулянки і ближній туризм. Це дозволяє забезпечити поєднання активного сприйняття навколишнього середовища з дозованим фізичним навантаженням, сприяє зниженню напруги нервової системи, поліпшенню функціонального полягання основних систем організму, підвищенню рівня фізичної підготовленості інвалідів. Правильно підібраний одяг для кожного з етапів фізичної реабілітації є запорукою їх вдалого проведення.

Спортивний одяг будь-якого вигляду формується під впливом чотирьох чинників: характеру спортивної діяльності, інтенсивності енерговитрат спортсмена при виконанні основних рухів, середовища спортивної діяльності, специфічних функцій спортивного костюма. Кожний з вказаних чотирьох чинників впливає на вибір матеріалу костюма, його конструкцію, модель, колір.

Аналіз вимог людей, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, до асортименту одягу виявив, що одним із універсальних його видів вважається спортивний костюм, однак конструкція та вибір матеріалів мають відповідати особливостям експлуатації. Особливості конструкцій одягу для занять різними видами спорту для інвалідів – спинальників детально розглядаються в роботі [22]. Враховуючи специфіку проведення фізичних вправ, слід пред'являти особливі вимоги до конструкції та вибору матеріалів, з яких буде виготовлений спортивний костюм. Раціонально обрана конструкція може значно полегшати процеси одягання-роздягання у хворих з обмеженою руховою можливістю і забезпечити зручність та комфортність при проведенні різних видів занять лікувальною фізкультурою. Бажаю, щоб спортивний одяг, мав би деталі, які, у разі необхідності, можна було б легко відстібувати (наприклад, нижня частина

рукав та штанів) або замінювати їх іншими у разі зволоження внаслідок потіння (спинка та пілочки). За результатами опитування потенційних споживачів [23,39,45] виявлено, що в конструкції штанів має бути відсутньою лінія сидіння, оскільки шов значно подразнює шкіряний покрив під час виконання фізичних вправ. Необхідно також враховувати особливі психофізіологічні вимоги до спортивного костюму – він повинен мати привабливий вигляд, викликати відчуття оптимізму, підтримувати прагнення подолати хворобу. Цьому сприяє використання відповідної фактури матеріалів, сполучення кольорів, оздоблювальних деталей, графічних акцентів та ін.

Особлива увага повинна приділятися вибору матеріалів для костюму. Вони мають бути порівняно легкими, м'якими, еластичними, щоб не затрудняти рухи інваліда при виконанні фізичних вправ, мати високі гігієнічні властивості - повітропроникність, гігроскопічність, паропроникність. Одночасно такі матеріали мають бути стійкими до дії багаторазових розтягуючих зусиль та витирання, не електризуватися та ін. Сумістити наявність всіх цих властивостей в одному матеріалі є непростю задачею, яка може бути вирішена шляхом використання новітніх функціональних текстильних полотен. Але, враховуючи їх вартість на сучасному ринку текстилю, такі вироби для вітчизняного споживача будуть не доступними за ціною. Тому варіантом вирішення завдання забезпечення необхідних властивостей спортивного костюму для людей, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, є комбінація розробки відповідного конструктивного рішення і зонального розташування у виробі деталей з текстильних матеріалів з наданими властивостями.

Конструкції інвалідних візків для занять різними видами спорту доволі суттєво розрізняються [22] і їх особливості можуть впливати на вимоги для відповідного спортивного костюму (Рис.1.7). Деталі - трансформери в костюмах можуть сприяти прилаштованості виробів для різних типів візків і видів рухів.



Рис.1.7. – Конструкції інвалідних візків для занять спортом: а - звичайний візок, б- гоночний, в - для баскетболу, г - для регбі, д - для тенісу

Одним із дуже важливих питань комфортної експлуатації інвалідних візків як при заняттях спортом, так і в побуті, є матеріал для рукавичок, за допомогою яких візок приводиться до руху.



Рис. 1.8. Пересування у візку з допомогою рук

Рукавички для людей, які пересуваються в інвалідному візку і ведуть активний спосіб життя - це необхідність і навіть частина техніки безпеки. Руки постійно піддаються дії тертя, подразнень, почервоніння і оніміння в зимовий

сезон. Під впливом мокрого снігу на ободі візка і в мороз, руки ціпеніють. Дослідження говорять, що майже 18% інвалідів-візочників, схильні до утворення саден і рваних ран рук. І ще більша кількість споживачів скаржиться на товсті, грубі мозолі, а кистьові суглоби піддаються постійним травмонебезпечним ситуаціям. Саме використання рукавичок, які виготовляються з міцних зносостійких матеріалів і мають протиковзку поверхню, допомагає знизити ризик пошкодження рук. Рукавички призначені виконати такі головні завдання:

- захистити шкіру рук інваліда-візочника від ушкоджень під час виконання повороту, руху, гальмування;
- забезпечити комфорт для рук в управлінні інвалідним візком в зимову і дощову погоду, уникнути пітливості долонь в спеку.

Крім того, рукавички мають не створювати проблем при одяганні – пальці мають легко входити у відповідні отвори, самі рукавички за допомогою текстильних застібок мають щільно фіксуватися на руці, в місцях контакту з колесами візка має забезпечуватися максимальне зчеплення та ін. Правильний вибір конструкції та матеріалів рукавичок вважається одним із найбільш важливих моментів для професійного спорту інвалідів-візочників [51] (Рис.1.9)

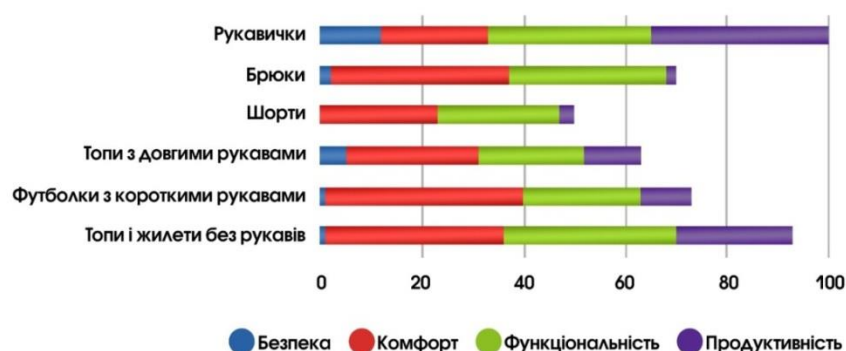


Рис. 1.9. Вагомість предметів спортивного одягу в екіпіровці, які потребують найбільшого вдосконалення (за [51])



Рис. 1.10. Рукавички для осіб, що пересуваються на інвалідному візку

Різні фірми пропонують широкий асортимент рукавичок для інвалідів – візочників (Рис. 1.10), але вони, як правило, коштують занадто дорого для пересічного українського споживача. Вітчизняні виробники такий товар не випускають.

1.3. Аналіз факторів, які забезпечують комфортні умови експлуатації адаптивного спортивного одягу

Відомо, що у осіб з ураженнями опорно-рухового апарату виникає складний комплекс структурно-функціональних змін центральної і периферичної нервової системи, а також порушення діяльності внутрішніх органів і систем. Особливість конфекціювання матеріалів спортивного одягу для цієї категорії споживачів складається в необхідності врахування того, що підвищена пітливість і погана терморегуляція не забезпечують підтримку необхідного теплового балансу в процесі експлуатації та легко можуть привести до некомфортних відчуттів і виникнення простудних захворювань. Послаблення циркуляції крові та більш низьке виробництво тепла призводить до потреби більш ефективної теплової ізоляції. В умовах рухової активності регуляція теплообміну здійснюється за допомогою функції потовиділення. Велику увагу при виборі матеріалів виробів для людей, які використовуються для пересування інвалідні візки, необхідно також приділити підтриманню у належному стані шкіри [52,53], яка є віддзеркаленням загального фізичного стану людини, оскільки до поверхні шкіри підходить велика кількість потових

та жирових залоз, нервових закінчень та капілярів. Основним способом підтримання теплового балансу при фізичних навантаженнях є тепловіддача за рахунок випарування поту. При активній м'язовій діяльності збільшується інтенсивність окислювально-відновлювальних процесів, що веде до збільшення потовиділення, і, відповідно, до зволоження одягу. Він має забезпечувати максимально швидке виведення поту від поверхні тіла людини і виводити його в навколишнє середовище, не заримуючи вологу в структурі пакету матеріалів. Тому для текстильних матеріалів, які використовуються в цих умовах, дуже важливими є властивості проникності, що забезпечують вентиляцію підодягового простору, а також здатність до сорбції рідкої та пароподібної вологи, виведення вологи з-під одягу та випарування її з поверхні тіла.

Відомо, що при фізичній активності енергія, яка виробляється тілом людини, трансформується у механічну роботу тільки у невеликій кількості, а в основному, переходить у теплоту, яка справляє відчутний вплив на організм. Основною умовою збереження комфортного теплового стану людини є підтримка динамічної рівноваги між метаболічним теплом, яке виробляється організмом, і теплом, яке віддається через одяг у навколишнє середовище. Інтенсивність втрат енергії регулюється, з одного боку, фізіологічною терморегуляцією (розширенням або звуженням судин і т.п.), з іншого боку – застосуванням відповідного одягу. При різноманітних видах діяльності людини виділення теплової енергії відбувається в широких межах – від 100 ккал/год (у стані відпочинку лежачи) до 950 ккал/год (при інтенсивній роботі) [54]. Тепловіддача являє собою перехід теплоти, що вивільнюється в процесах життєдіяльності організму, у навколишнє середовище одним із (а частіше – сполученням декількох) способів переносу тепла: теплопровідністю, конвекцією, тепловим випромінюванням, а також специфічним, властивим тільки живим організмам способом – випаруванням або за рахунок потовиділення, або через верхні дихальні шляхи [54,55]. Інтенсивність тепловіддачі змінюється прямо пропорційно зовнішнім умовам. Крім того, тепловіддача і щільність теплового потоку з ділянок тіла, що мають різну

кривизну і кровопостачання, відрізняються між собою. Для того, щоб підтримувати стабільну температуру тіла, потрібен безперервний теплообмін з навколишнім середовищем. Якщо матеріали одягу непроникні для пару та повітря, то мікроклімат підодягового простору, який відрізняється великими значеннями відносної вологості і температури, негативно впливає на організм людини, особливо на кардіоваскулярну систему.

Термофізіологічний комфорт визначається перенесенням тепла та вологи через матеріали одягу, причому волога може бути у формі пари та рідини. Одяг забезпечує певний мікроклімат (рис. 1.11) між тілом та зовнішнім середовищем і виступає бар'єром для передачі тепла та пари між шкірою та навколишнім середовищем [56].

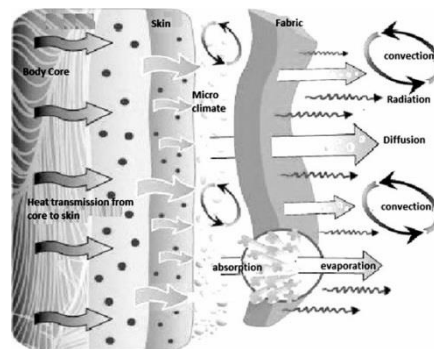


Рис. 1.11. Проходження тепла і вологи через текстильний матеріал (за [56])

Виділяють три основні процеси, що беруть участь у транспорті вологи через текстильні матеріали одягу [57], а саме дифузія вологи за рахунок градієнта парів вологи [58], сорбція-десорбція гідрофільними ділянками матеріалу [59] та примусова конвекція шляхом переміщення повітря близько до шкіри [60].

Відомо, що питома вага матеріалів у комплекті одягу складає біля 60%, інша частка припадає на повітряні прошарки. Механізм теплопередачі через повітряні прошарки в одязі залежить від їхньої товщини і різниці температур з обох сторін і відбувається він інакше, чим твердими тілами. Через складність конфігурації одягу, неоднакову щільність прилягання різних ділянок до тіла в процесах пересування людини під час виконання фізичних вправ, товщина повітряних прошарків спортивного одягу є вкрай нестабільною і коливається, у

середньому, у межах 2 – 15 мм, але може зменшуватися до нуля. Повітряні прошарки в багатошарових структурах одягу являються активними регуляторами процесів тепломасопереносу. Розташовуючись між шарами та всередині шарів, повітря значно впливає на процеси переміщення вологи та тепла. Тепломасообмін в такій системі можна змоделювати, використовуючи аналогії з електричними ланцюгами [61,62], вважаючи при цьому прошарки вологого повітря ємностями, що акумулюють (погано проводять) теплову енергію і, навпаки, шари зволоженої тканини – ємностями, що акумулюють вологу. Відповідно, шари текстильних матеріалів можна вважати провідниками, які мають деякий термічний опір, а прошарки повітря характеризувати певним вологостним опором. Еквівалентний кожному з типів обміну електричний ланцюг являє собою RC – контур із джерелом електродвижучої сили, що забезпечує певну різницю електричного потенціалу на клеммах (Рис. 1.12.). Вводячи характерний параметр часу, можна записати з його допомогою залежність процесу «зарядки» і «розрядки» такої ємності у часі.

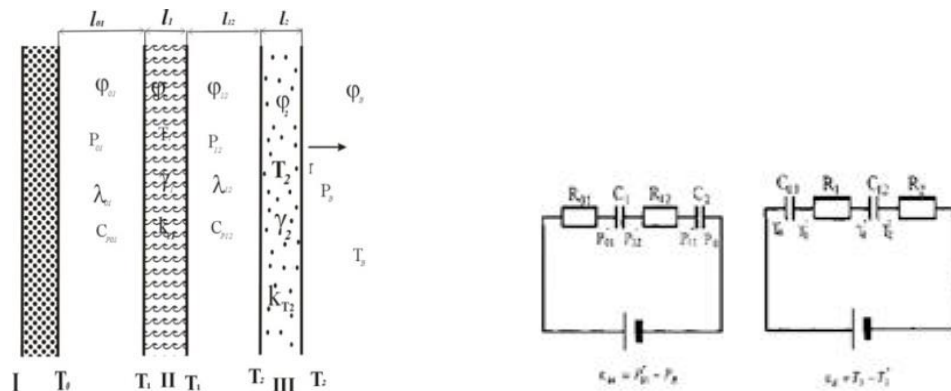


Рис. 1.12. Умовна схема (за [61,62]) типів стаціонарного чергуючого тепломасообміну у пакеті одягу, де I -зовнішній шар шкіри із середньою температурою поверхні T_0 ; II – білизняний шар, III - зовнішній шар пакету одягу

Для забезпечення об'єднання належних властивостей в одному пакеті вирішальне значення має склад та послідовність розташування шарів, для вірного підбору яких необхідно знати, які властивості має кожний компонент та

який його внесок в комплексну функцію пакету. Завдання першого шару - відводити від тіла вологу при фізичних навантаженнях, попереджаючи переохолодження. Матеріал другого шару виконує термоізоляційну функцію, створюючи ефект сухого тепла. Основне його завдання – зберігати тепло, а також відводити вологу до наступного (зовнішнього) шару одягу. Третій шар, як правило, використовується для вітро- та вологозахисту.

Повітропроникність, належить до числа однієї з важливих характеристик матеріалів, що забезпечують комфортність спортивного одягу, яка характеризує здатність полотен пропускати повітря при наявності різниці з обох боків матеріалу (чи пакету матеріалів) або тиску, або температури. Цей процес може також реалізуватися під впливом обдування. Показником даної якості є коефіцієнт повітропроникності V , $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, який визначається як об'єм повітря, що проходить через одиницю площі за одиницю часу при різниці тиску по різні сторони проби 49 Па. Цей показник значною мірою визначає стан підодягового мікроклімату, від якого залежать процеси теплообміну одягненої людини, а отже, її самопочуття. Низька повітропроникність порушує видільну функцію шкіри, затримує вентиляцію одягу, випаровування вологи з поверхні шкіри, що може призвести до некомфортного самопочуття, впливати на здоров'я людини. З іншого боку, підвищені значення повітропроникності характеризують текстильні полотна з низькими теплозахисними властивостями.

Прогнозуванню та визначенню повітропроникності текстильних полотен присвячено велику кількість наукових досліджень (напр., [63-71]). Величина цього показника визначається кількістю та площею наскрізних пор різного типу, особливостями їх форми та розподілом за розмірами, що, в свою чергу, залежить від особливостей будови ниток, способу виробництва полотен, переплетення та виду завершального оздоблення. Характеристики руху (ламінальний або турбулентний) і напрями потоків повітря (ортогональний чи перпендикулярний), опір, який матеріал чинить потоку повітря, що проходить через нього, також в значній мірі визначаються формою та розмірами пор, глибиною кожної пори або товщиною текстильного полотна [71]. Пористість

текстильних полотен є однією з важливих характеристик, що має суттєвий вплив на ергономічні показники їх якості, які забезпечують регулювання теплообміну організму людини з навколишнім середовищем, зокрема повітро-, паропроникність та теплопровідність, однак нормативи для показників пористості відсутні. До показників пористості відносять поверхневу пористість – показує відсоткове відношення суми площ наскрізних пор до площі елемента структури, на якому вони розміщені; об'ємну пористість – показує відсоткову частку повітряних проміжків лише між нитками; загальну пористість – характеризує відсоткову частку всіх проміжків між нитками, всередині ниток та волокон. Для визначення пористості текстильних полотен використовують ряд різних методів, які включають цифрові зображення, геометричне моделювання та повітропроникність. В останні роки, крім вище перерахованих методів, застосовуються методи комп'ютерного вимірювання наскрізної пористості за допомогою електронно-обчислювальної техніки. Основою цих методів є обробка цифрового зображення текстильного полотна за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке дає змогу розрахувати значення поверхневого заповнення та наскрізної пористості досліджуваного зразка. Вихідне зображення поверхні зразка тканини можна отримати при скануванні на просвічування [72]. Скановане зображення поверхні зразка тканини (Рис 1.13.б) містить чорні ділянки на білому фоні. Площа однієї пори розглядається як сукупність чорних точок в одній ділянці.

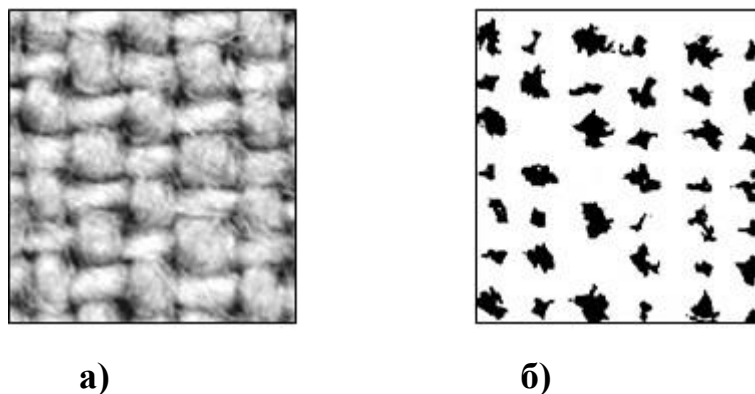


Рис. 1.13. Оптичне (а) і скановане (б) зображення тканини (за [72])

Наскрізна пористість R_s визначається як відношення сумарної кількості чорних точок (сумарної площі пор) до загальної площі зразка (тобто, загальної кількості чорних та білих точок сканованого зразку). Поверхнєве заповнення тканини E_s розраховується як відношення загальної кількості білих точок (площі ниток основи і утку) до загальної площі зразка (тобто, загальної кількості чорних та білих точок сканованого зразку). В останні роки для цієї мети активно використовується 3D моделювання.

В результаті інтенсивного потовиділення, притаманного хворим з розладом центральної нервової системи, відбувається зволоження одягу. Потовиділення - це природний процес охолодження організму шляхом випаровування вологи з поверхні шкіри. У разі, коли одяг має високі гігієнічні властивості, в умовах активних фізичних навантажень зайва волога виводиться через одяг в навколишнє середовище і організм не відчуває дискомфорту. Таким чином, комфортні умови експлуатації спортивного одягу визначаються забезпеченням відповідного рівня вологообмінних процесів, які характеризують здатність матеріалів поглинати і транспортувати пари вологи (поту). Питання паропроникності, вологості, вологопровідності, вологопоглинання є взаємопов'язаними і активно досліджуються для текстильних матеріалів різного призначення (напр., [74-83]).

При безпосередньому контакті текстильного матеріалу з водою вона поглинається як шляхом дифузії молекул в полімер, так і шляхом механічного захоплення частинок води структурою матеріалу. В останньому випадку істотну роль відіграють процеси змочування і капілярного вбирання. Змочування може відбуватися при повному зануренні матеріалу в воду (імерсійне змочування) або при частковому контакті води і матеріалу (контактне змочування). До основних факторів, що впливають на змочування текстильних матеріалів, відносяться кут контакту між твердим тілом і рідиною, поверхневий натяг між твердим тілом і рідиною, температура рідини, щільність і в'язкість рідини, хімічна природа поверхні. Величина крайового кута змочування на поверхні не гладкого, шорсткого полотна θ_w описується

співвідношенням Венцеля-Дерягина $\cos \theta_{uu} = K \cos \theta$, причому $K > 1$. Для погано змочуваних гладких поверхонь при $\theta > 90^\circ$, підвищена шорсткість поверхні збільшує величину крайового кута змочування θ_{uu} [84-86]. При переміщенні рідини в пористих структурах, до яких відносяться всі ТМ, відіграє роль процес перколяції [87]: перколяційний шлях рідини в текстильному полотні можливий за рахунок наявності як поздовжніх, так і поперечних ділянок пряжі (грубокапілярна волога, за [88]) в структурі полотна.

Ступінь змочування поверхні визначається її гідрофобністю та гідрофільністю і якісно оцінюється крайовим кутом змочування Θ° (Рис.1.14) та поверхневим натягом (σ), співвідношення між якими визначається рівнянням Юнга:

$$\theta = \frac{\delta_{тг} - \delta_{тр}}{\delta_{рг}}$$

де σ - поверхневий натяг на межі розділу (тг – тверде тіло - газ, тр – тверде тіло - рідина, рг – рідина - газ), $\Theta = 0^\circ$ - відповідає повній змочуваності, $\Theta = 180^\circ$ - повному відштовхуванню води від поверхні.

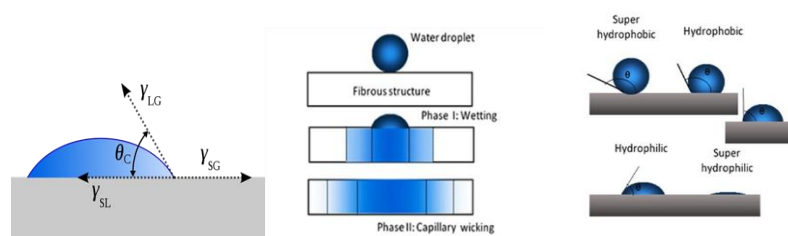


Рис. 1.14. Крапля рідини на поверхні твердого тіла.

Найчастіше спостерігається ефект неповного змочування, яке характеризується крайовим кутом або кутом змочування θ , який утворюється між поверхнею матеріалу і дотичній до поверхні межі «рідина - повітря». Цей показник вимірюється з боку рідкого середовища, в розрахунок береться периметр змочування і вершина його кута.

Поверхня текстильних матеріалів відрізняється шорсткістю - сукупністю мікронерівностей, що утворюють рельєф поверхні. Це збільшує площу

фактичного контакту рідини з матеріалом в порівнянні з номінальною площею контакту (площею проекції краплі на гладку поверхню). Тому для шорсткої поверхні співвідношення приймає вигляд:

$$\theta_{ш} = k \cdot \frac{\delta_{тг} - \delta_{тр}}{\delta_{рг}}$$

де k - коефіцієнт шорсткості, що дорівнює відношенню фактичної площі поверхні контакту до номінальної площі.

Якщо вода добре змочує дану поверхню, то збільшення шорсткості призводить до посилення змочування і, навпаки, якщо вода погано змочує поверхню, то шорсткість підвищує значення крайового кута. Значення крайових кутів на поверхні плівок полімерів можуть бути визначені експериментально за допомогою різних методів - (Рис. 1.15): вимірюванням

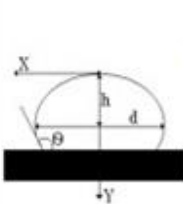
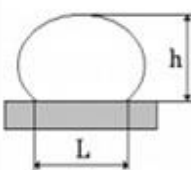
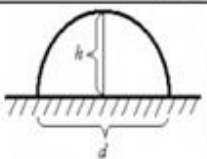
I метод		II метод		III метод	
	Проекція на екран, кут вимірюють за допомогою транспортира	 Проекція на екран, лінійка	Розрахунок за формулою $\frac{2h}{L} = \operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right)$	 За допомогою стереоскопічного мікроскопа	Розрахунок за формулою $\cos \theta = \frac{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - h^2}{\left(\frac{d}{2}\right)^2 + h^2}$

Рис. 1.15. Методи визначення крайового кута змочування (за[89])

крайового кута змочування: за профілем краплі; по тиску газу, що компенсує капілярний тиск (для пористих твердих тіл і капілярів); за швидкістю капілярного підняття (також для пористих твердих тіл і капілярів); метод прямої пластини (метод Вільгельми); метод похилої пластини; за величиною крапель. З них останній - найбільш простий в апаратурному оформленні, не вимагає знання поверхневого натягу рідини, однак представляє певні технічні проблеми в разі хорошого змочування (крайовий кут - менше 45-60°).

Гідрофобність і гідрофільність залежать від хімічної будови речовини і фізичної структури матеріалу. Вплив хімічної структури на гідрофобність і гідрофільність пов'язаний з наявністю або відсутністю в молекулах і

макромолекулах речовини полярних груп, здатністю зв'язувати молекули води міжмолекулярними і, перш за все, водневими зв'язками. Якщо основний полімер матеріалу не містить полярні або містить неполярні групи (CH_3 , C_2H_5 та ін.), то такий матеріал не здатний зв'язувати воду, але може пов'язувати гідрофобні, неполярні речовини. Прикладами гідрофобних хімічних волокон є поліпропіленові, поліефірні, в меншій мірі ацетатні волокна. Гідрофобність поверхні природних волокон і їх захист від атмосферних впливів забезпечується найтоншими плівками гідрофобних речовин (вуглеводні), що закривають гідрофільний об'єм волокон, що складається з біополімерів (целюлоза, білок, наприклад, кератин вовни). Крайовий кут змочування залежить від сил поверхневого натягу на поверхні розділу фаз. Лінія, по якій поверхня розділу газ-рідина стикається з поверхнею твердого тіла, називається периметром змочування. Розтікання краплі води по поверхні матеріалу припиняється при зрівноваженні сил поверхневого натягу.

Текстильні матеріали відносяться до капілярно-пористих тіл, які мають складну систему пор і капілярів і які різняться розмірами і характером розташування. Пори у текстильних матеріалах утворюються в результаті не дуже щільного розташування макромолекул, мікрофібрil, фібрил в структурі волокон, між волокнами і нитками в структурі самого матеріалу. Встановлено, що мікропориста структура матеріалів зв'язана перш за все з особливостями будови текстильних волокон и ниток, а макропориста - з будовою самих матеріалів, степеню їх заповнення волокнистим матеріалом. В зв'язку з цим поглинання речовин структурою текстильних матеріалів представляє собою суммарний ефект капілярного проникнення рідини в простір між волокнами і між нитками через пори різного діаметру та будови. Зважаючи на важливість показника капілярності для прогнозування властивостей текстильних матеріалів, крім використання існуючих стандартизованих методів, велика увага приділяється подальшому удосконаленню методик визначення цього показника (напр., [90]).

1.4. Вуглецеві матеріали у лікуванні пролежневих виразок

Знерухомленість людини, яка значний час змушена проводити в інвалідному візку, породжує дуже багато супровідних ускладнень, які істотно погіршують результати реабілітації. Особливою небезпекою є можливість появи пролежнів [91-93], які формуються у тих місцях тіла, де кістки проходять близько до поверхні шкіри (Рис.1.16).

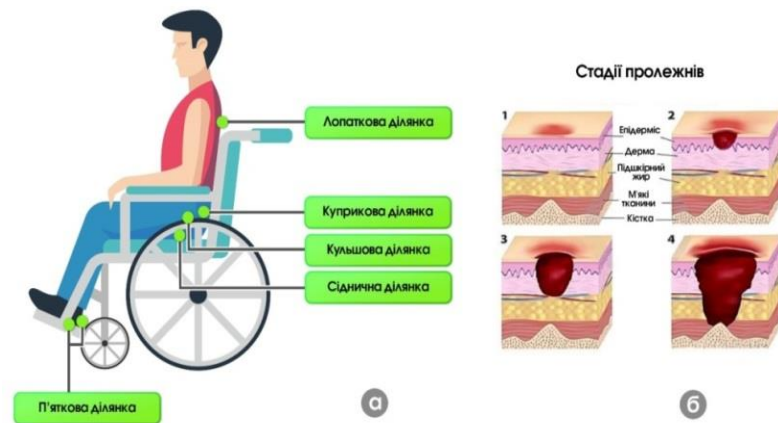


Рис.1.16. а-Ділянки тіла з ризиком виникнення пролежнів, б - Стадії розвитку пролежневих виразок

Лікування і догляд за пролежнями являють собою одну з важливих проблем сучасної медицини. Зважаючи на щоденне довготривале перебування людей з травмами хребта в інвалідному візку в нерухомому сидячому положенні, проблема забезпечення відповідних умов в місцях виникнення пролежнів є вельми актуальною. В лікуванні та догляді за пролежнями, яке відрізняється високою вартістю та довготривалістю, успішно застосовується вільнеросорбція (аплікаційна сорбція) - лікування ран за допомогою місцевої аплікації сорбентів. При аплікаційній сорбції відбувається прямий контакт сорбенту з поверхнею рани, де видаляються токсини та продукти тканинної деградації мікробних клітин. Сорбція ранового вмісту сприяє нормалізації біологічних показників всього організму у відповідь на пошкодження. Вельми ефективним вважається застосування перев'язувальних засобів на основі активних волокнистих вуглецевих сорбентів [94]. Вуглецеві сорбенти є

зручною матрицею для іммобілізації різних лікарських речовин. Завдяки їх розвинутій сорбційній поверхні такі матеріали забезпечують швидке поглинання ранового ексудату, утримують в своїй структурі вологу і лікарські препарати, очищують та дезінфікують рани шляхом нейтралізації токсичних речовин, запобігають розвитку мікрофлори. У порівнянні з традиційно використовуваними перев'язними засобами, вони знижують кількість мікроорганізмів у вогнищі запалення в середньому в 100-1000 разів. Вуглецеві сорбенти є зручною матрицею для іммобілізації різних лікарських речовин. Активовані вуглецеві волокнисті матеріали характеризуються гідрофільністю, яка залежить від полярних функціональних груп, розташованих на поверхні вуглецевих волокон. Ця властивість дозволяє фізично і хімічно взаємодіяти з біологічними рідинами всією поверхнею і забезпечувати дренажний ефект.

Вуглецеві матеріали медичного призначення зазвичай отримують шляхом карбонізації віскозних тканин в присутності каталізатора з подальшою графітизацією і обробкою електрохімічним методом, в результаті чого кількість вуглецю доводиться до 99%. На вітчизняному ринку представлено доволі широкий асортимент вуглецевих серветок [95-98]. Завдяки розвиненій мікро-, мезо- і макропористості, яка виникає в результаті термічної обробки гідратцелюлозного матеріалу, вони мають велику сорбуючу здатність, м'яку, пористу, проникну структуру, ефективно поглинають мікроорганізми, токсини та неприємні запахи. Широко використовується в медицині вуглецева сорбуюча пов'язка вітчизняного виробництва [99] із розвинутою (1500 см²/г) сорбційною поверхнею та унікальними сорбційно-кінетичними характеристиками, які забезпечують швидке поглинання з рани у великій кількості (до 1,5 г на 1 г власної ваги) різноманітних біологічно активних компонентів, включаючи продукти білкового метаболізму та протеолізу, бактеріальні ендотоксини, біогенні аміни та медіатори запалення, що викликає зменшення інтенсивності запальної реакції.

Пов'язки на основі вуглецевої тканини атравматичні, інертні до тканин організму людини, не викликають біологічної реакції відторгнення; сприяють

швидкому і гладкому протіканню фази загоєння та епіталізації рани, мають властивість легко піддаватися модифікації за рахунок наявності макропор на вуглецевих волокнах, що дозволяє наносити різні активні компоненти (органічні і неорганічні добавки, метали та ін.). Зважаючи на ефективність та перспективність використання вуглецевих текстильних сорбентів в медицині, проводяться активні спроби модифікування їх властивостей (напр.[100-106]). Так, автори [102] пропонують спосіб одержання срібловмісних аплікаційних композитів на основі волокнистих вуглецевих сорбентів, що включає активований волокнистий вуглецевий сорбент, просочений срібловмісним бактерицидним агентом. Ранове вуглецеве покриття, описане в патенті [103], містить зовнішній шар з адсорбуючого текстильного матеріалу, що може бути різного складу і структури, та не скріплений з ним внутрішній шар з вуглецевої тканини. Авторами патенту [104] пропонується просочення вуглецевого шару бактерицидною ефірною олією. Комбінація гідроколоїдного шару і шару активованого вугілля в медичних пов'язках [105] призводить до синергетичного ефекту загоєння ран. Такі удосконалення підвищують експлуатаційні властивості вуглецевих пов'язок, але не вирішують проблему, на яку звертають увагу практикуючі лікарі - комбустіологи – занадто високу швидкість сорбції ексудату, що не забезпечує вимоги довготривалого підтримування вологості в рані. Цей недолік було запропоновано [106] знівелювати шляхом термоклейового з'єднання вуглецевої тканини з гідрофільними нетканими текстильними полотнами. Перший шар такого композиційного матеріалу – вуглецева тканина, яка контактує з рановою поверхнею, забезпечує сорбцію та евакуацію зайвої вологи з поверхні рани, сприяє її знезаражуванню та підтримуванню стерильності поверхні. Другий, накопичувальний шар з нетканого полотна, слугує своєю ємністю, в якій буде акумулюватися евакуйована волога. Змінюючи сировинний склад і структуру цього шару, можна регулювати швидкість випаровування рідини з поверхні пов'язки.

Висновки до розділу 1

Ставлення до осіб з інвалідністю як до пацієнтів, якими необхідно лише опікуватися, і які не можуть долучатися до активного суспільного життя, за останнє десятиріччя змінилося на відношення до них, як до повноправних членів суспільства, що мають рівні права з іншими громадянами країни. Визнання суспільством права людей з інвалідністю на повноцінне життя означає створення реальних умов для їх реабілітації та соціальної адаптації, у тому числі, і за допомогою вдало підібраного одягу та інших виробів легкої промисловості.

Наявність великої кількості людей з особливими потребами зумовлює необхідність виробництва спеціально прилаштованого одягу та предметів догляду із текстилю, які сприятимуть вирішенню частини побутових проблем, самообслуговуванню, а також залученню до повноцінної суспільно-корисної праці.

На основі аналізу джерел науково-технічної та медичної інформації встановлено, що проблема проектування одягу для осіб з інвалідністю недостатньо вивчена, відсутня науково обґрунтована методика конфекціювання матеріалів для ергономічних, прилаштованих до умов експлуатації текстильних виробів даного призначення. Виявлено, що одяг, який використовується, найчастіше не виконує функції нівелювання наслідків інвалідності та не забезпечує комфортності у користуванні. Розробка адаптаційного одягу, який може бути віднесений до швейних виробів категорії «Екіпіровка та засоби реабілітації, призначені для полегшення переміщення інвалідів з порушенням мобільності», сприятиме підвищенню загального комфорту та психологічної адаптації людини, яка пересувається за допомогою інвалідного візка.

Встановлено, що щоденна фізична активність є неодмінною умовою успішної реабілітації та підтримання здоров'я людей, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, тому спортивний костюм є одним з найбільш затребуваних виробів. Існуючі спортивні костюми для даної категорії

споживачів не забезпечують зручності у користуванні, захисні, комунікативні та сенсорні властивості, довговічність тощо.

Аналіз умов експлуатації спортивного одягу для оіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, дозволив встановити, що забезпечення комфортності досягається регулюванням газово-вологісного складу та температури підодягового простору шляхом використання матеріалів з відповідними вологотранспортними властивостями, що характеризуються здатність до поглинання крапельно-рідинної вологи, її переміщенню в глибину матеріалу та віддачі в оточуюче середовище.

Розглянуті питання експлуатаційної ситуації споживання засвідчили, що знерухомленість людини, яка значний час проводить в інвалідному візку, викликає появу пролежнів в місцях, де кістки тіла проходять близько до поверхні шкіри. Використання на цих ділянках аплікаційних накладок на основі активних волокнистих вуглецевих сорбентів сприятиме зниженню дії цього негативного фактору і забезпечуватиме лікувально-профілактичний ефект.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Л. М. Якушенко. Актуальні проблеми соціального захисту людей з інвалідністю. Національний інститут стратегічних досліджень. *Аналітична записка. Серія «Соціальна політика»*, № 9, 2019. С. 1-11.
2. Конвенція про права осіб з інвалідністю (Конвенція про права інвалідів) ООН. Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_g71
3. Інструкція про встановлення груп інвалідності за 14 листопада 2011р.– [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1295-11>.
4. Зайцева Т.А., Слесарчук И.А., Данилова О.Н. Проектирование поясной одежды с улучшенными эргономическими показателями для людей с ограниченными двигательными возможностями. *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2 (часть 2). С.144-145.
5. Feng Q., Hui C.L. Clothing Needs for Wheelchair Users: A Systematic Literature Review. *Advances in Aging Research*. 2021. Vol.10 No.1, p.1-30.
6. Alida E. Research and industry practices in designing clothes for optimal participation of persons with a physical disability. *Thesis of Dissertation. Université de Montréal*. 2019. 178 p.
7. Howe I. Fashioning Identity: Inclusive Clothing Design and Spinal Cord Injury. Sydney, Australia: University of Sydney; 2012. p.1-10
8. Reich N, Otten P. Clothing and dressing needs of people with arthritis. *Clothing & Textiles Research Journal*. 1991. №9(4). P. 34-40.
9. Wang YW, D.;Zhao, M.;Li, J. Evaluation on an ergonomic design of functional clothing for wheelchair users. *Applied Ergonomics*. 2014;45(3). P.550-555.
10. Na H-S. Adaptive clothing designs for the individuals with special needs. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*. 2007. 31(6). P. 933-941.
11. Freeman C M., Kaiser S., Wingate, S. B. Clothing by Persons with Physical Disabilities: a Social-Cognitive Framework. *Clothing and Textiles Research Journal*. 1985. 4(1). P. 46-52.

12. S. Ayachit, M. Thakur. Functional Clothing for The Differently Abled. *Indian Journal of Public Health Research & Development*. 2017 Vol.8, No. 4. P.904-913.
13. M. Nejedlá. Somatometry and comfort of clothing for handicapped persons. *Fibres and Textiles* (4) 2016. P. 15-20.
14. Reich N, Otten P. Clothing and dressing needs of people with arthritis. *Clothing & Textiles Research Journal*. 1991. №9(4). P. 34-40.
15. Kosinski K. & Orzada B. & Kim H. Commercialization of adaptive clothing: toward a movement of inclusive design. *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*. 2018. №75(1).
16. Kratz G, Soderback I. Individualized adaptation of clothes for impaired persons. A comparison of two groups with and without experience of adapted clothes. *Scand Journal Rehabil Med*. 1990. №22(3). P.163-170.
17. Chang, W. M., Zhao, Y. Z., Guo, R. P., Wang, Q., Gu, X. D. . Design and study of clothing structure for people with limb disabilities. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*. 2009. Vol. 2, No.2. P. 61-66.
18. Ф.У. Нигматова, З.Р. Игамбердиева, Ш.Т. Касымов, М.Ш. Шомансурова, Проблемы проектирования адаптационной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями. *Проблемы текстиля*. 2018. №1. С. 45-50.
19. Curteza A., Cretu V., Macovei L., Poboroniuc M. Designing Functional Clothes for Persons with Locomotor Disabilities. *Research J.*, 2014, vol. 14, №. 4, P. 281-289.
20. Козлова Е.В., Плешкова О.М. Формирование требований к проектированию одежды для людей с ограниченными возможностями передвижения. *Швейная промышленность*. №2. 2007. С.42-44.
21. Козлова Е.В., Плешкова О.М. Разработка моделей одежды для людей, находящихся в инвалидном кресле. *Швейная промышленность*. №6. 2007. С.53-54.

22. Barry Mason. The ergonomics of wheelchair configuration for optimal sport performance. A Doctoral Thesis. May 2011. 197 p.
23. Супрун Н.П., Власенко В.І., Арабулі С.І. Текстиль та багатофункціональні текстильні композиційні матеріали у виробках для інвалідів та важкохворих. Монографія. Київ. КНУТД, 2011. 182 с.
24. 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.
25. Супрун Н.П. Загальні засади розробки одягу для людей з обмеженими фізичними можливостями. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля*. 2007. №3. С. 435-440.
26. Супрун Н.П., Хатибова Н.Р., Волинець Т.О. Спортивний одяг для інвалідів з порушенням функцій спинного мозку. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2007. №1. С.74-78.
27. Хатибова Н.Р., Супрун Н.П. Оцінка впливу фізичних вправ на вибір матеріалів для спортивного одягу інвалідам. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля*. 2007. №3. С. 477-480.
28. Suprun N., Kovtun S., Vlasenko V. Comfortable clothes for disabled people. *Vlakna a textil*. 2008. N3. P.12-15.
29. Н.П.Супрун, М.А.Мархай. Проблемні питання створення одягу для інвалідів з порушенням опорно- рухової сфери. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну* №5 (43), 2008. С.161-165.
30. Хатибова Н.Р., Супрун Н.П. Загальні принципи вибору матеріалів для спортивного костюму інвалідів з порушеннями функцій головного мозку. *Проблеми легкої и текстильної промисленности Украины*. 2008. №1 (14). С.22–26.

31. Мархай М.А., Супрун Н.П. Выбор материалов для спортивных костюмов инвалидов-спинальников. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля*. 2009. №2 (132). С. 257-260.
32. Супрун Н.П., Мархай М.А. Передумови розробки адаптаційного одягу для інвалідів. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну* 2010. №4. С. 235 -239.
33. Супрун Н.П., Мархай М.А. Основні принципи вибору матеріалів для адаптаційного одягу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну* 2010. №5 (т.1). С.134 -138.
34. Мархай М.А., Супрун Н.П. Загальні аспекти розробки адаптаційного одягу для інвалідів. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2010. №1(37). С. 117 -120.
35. Супрун Н.П., Безруковая М. М. Разработка комплекта экологических текстильных материалов для оздоровительно-лечебных процедур. *Известия ВУЗов. Технология легкой пром.* 2011. №2. С. 45 – 47.
36. Супрун Н.П., Мархай М.А., Харьковская М.В. Применение экологических текстильных материалов в комплектах для оздоровительно-лечебных процедур. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Даля*. 2011. №1 (135). С. 257-260.
37. Супрун Н.П., Мархай М.А., Клейнер Ю.Я. Использование экологического текстиля в мультифункциональных комплектах для инвалидов. *Проектирование и исследование технических систем*. 2011. №3/17. С.96 – 102.
38. Супрун Н.П. Адаптаційний одяг як складова універсального дизайну. *Міжвідомчий науково-технічний збірник «Технічна естетика і дизайн»*. Вип.14. Київ. КНУБА. 2018. 264 с. (с.177-182).
39. Супрун Н.П., Зубкова Л.І., Пожилов-Несміян Г.М., Ващенко Ю.О. Розробка сучасного одягу для людей з інвалідністю. *Індустрія моди. Fashion industry*. 2019. № 2. С. 47-53.
40. Пожилов-Несміян Г. М., Іванов І. О., Супрун Н. П., Гаврусенко Н. Ф. Реабілітаційний спортивний костюм для людей з травмами хребта (інвалідів-

спинальних). Патент на корисну модель №134987. Заявл.11.01.2019. Опубл.10.06.2019. Бюл.№11.

41. Супрун Н.П. Нові розроблення одягу для людей з особливими потребами та соціально-незахищених верств населення. Розділ в науково-практичній монографії «Розвиток кластерного підприємництва у легкій промисловості міста Києва» : Науково-практичне видання / за наук. ред. І. М. Грищенка. К. : «Світ успіху», 2019. 496 с. (С.354-376).

42. Пожилов-Несміян Г.М., Супрун Н.П., Гірна Т.В. Розробка аплікаційних вкладок у швейні вироби для людей з інвалідністю. *Вісник КНУТД. Серія Технічні науки*. 2020. № 1 (142). С. 63-70.

43. Gleb Pozilov-Nesmiyan, Natalya Suprun, Tatyana Girna. Development of application insets in the garments for people with disabilities. *Tekstilna industrija* 2020. Vol.68. N1. P. 18-22.

44. Супрун Н, Пожилов-Несміян Г. Конфекціювання матеріалів для спортивних костюмів людей з травмами хребта. *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні проблеми сучасного дизайну»*. Київ, 23 квітня 2020 року. КНУТД, 2020. Том 1. С. 342-346.

45. Супрун Н.П., Пожилов-Несміян Г. М. Адаптаційний одяг як фактор інтеграції в суспільство людей з обмеженими фізичними можливостями. *Матеріали V-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Інновації в управлінні асортиментом якістю та безпекою товарів і послуг»*. Львів. 7 грудня 2017 р. с.193-195.

46. Юревич А.В., Гусев И.Д., Пухир В.М. Милосердие как побудительный мотив разработки реабилитационных изделий для маломобильных граждан. *Сборник материалов Международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС-2018)*. Москва, 17-19 апреля 2018 г. Том. Ч. 2. С.127-130.

47. Храмов В.В., Козев Ю.А. Качество жизни спортсмена-инвалида. *Физкультура в профилактике, лечении и реабилитации*. 2004. № 5(9). С 11-13.

48. Астафьева Н.Г., Кобзев Ю.А., Храмов В. В. Оценка качества жизни лиц с физическими недостатками, занимающихся адаптивным спортом. *Социология медицины*. 2003 . №1. С 41-44.
49. Реабілітація інвалідів-візочників : методичні рекомендації / Уклад. :О. М. Звіряка. Суми: Вид-во СумДПУ імені А. С. Макаренка. 2013. 120 с.
50. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Петросова И.А., Зарецкая Г.П. О программе сенсорной реабилитации с помощью предметов с разной текстурой поверхности. В *Сборнике научных трудов «Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии»*. Часть 1. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2018. С. 207-213.
51. Braganca, J. Steele, S. Gill, M. Carvalho, P. Arezes. Sports-wear in wheelchair rugby: establishing design needs. *In book: Advances in Design for Inclusion Publisher. Springer International Publishing. Advances in Intelligent Systems and Computing*. June 2017. P.381- 389.
52. Милисент М. Айшервуд. Полноценная жизнь инвалида. / Пер. с англ. М.: Педагогика. 1991. 88 с.
53. Meinander H., Varheenmaa M. Clothing and textiles for disabled and elderly people. VTT Tiedotteita. Research notes 2143. Finland. VTT Informational Service. 2002. 57 p.
54. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды. М.: Легпромбытиздат, 1991. 160с.
55. Колесников П.А. Теплозащитные свойства одежды. М.: Легкая индустрия, 1965. 346с.
56. Parson K. C. Heat Transfer through human body and clothing system maral sekkar, New York, 1994.
57. Das B, Das A, Kothari VK. Fanguiero R., Mario Araújo. Moisture transmission through textiles. Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *Autex Res Journal*. V.7. №2. (2007) 100-110.
58. Sachdeva R C. Fundamentals of engineering heat and mass transfer. New Age International (P) Ltd, India. 2005. P. 327.

59. Barnes J C & Holcombe B V, Moisture Sorption and Transport in Clothing During Wea. *Text Res Journal*. V.66. N12. (1996) 777 – 786.
60. Gibson P., Kendrick C., Rivin D., Sicuranza L. An automated water vapor diffusion test method for fabrics, laminates, and film. *Journal Coated Fabrics*, V. 24 N. 4 (1995) p. 322-345.
61. Роганков В.Б., Супрун Н.П. О некоторых особенностях и концепциях проектирования спецодежды. *Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины*. 1999. №2. С.215–227.
62. Мураховский В.Г., Роганков В.Б., Супрун Н.П. Основные принципы создания комфортного стационарного тепломассообмена в модели оболочки. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 1999. №2. С. 55–58.
63. Ogulata R. T., Mavruz S.; Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics. *Fibres & textiles in Eastern Europe* 2010, Vol. 18, No. 5 (82) pp. 71-75.
64. Mezarciöz S., Mezarciöz S., Oğulata R. Prediction of air permeability of knitted fabrics by means of computational fluid dynamics. *Tekstil ve Konfeksiyon* 24(2), 2014. P. 202-211.
65. Siddiqui M.O., Ali M., ZUBAIR M., Sun D. Prediction of air permeability of knitted fabric by using computational method. *Tekstil ve Konfeksiyon* 28(4), 2018. p. 273-279.
66. Hes L, Dolezal I. Testing of air permeability of distant knitted fabrics in the direction of their plane. *J Textile Eng Fashion Technol*. 2017. 2(6) p.547–549.
67. Havlova M. Air permeability and constructional parameters of woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – 2013.- V.21, 2013, P.84-89.
68. Çeven E.K, Günaydin G.K. Investigation of Moisture Management and Air Permeability Properties of Fabrics with Linen and Linen-Polyester Blend Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe* . 2018; V. 26, 4(130): p. 39-47.

69. Галавська Л. Є. Теоретична модель прогнозування повітропроникності кулірного трикотажу. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2012. № 3. С. 105-110.
70. Л.В. Пелик, О.В. Остапчук. Дослідження повітропроникності текстильних матеріалів із використанням луб'яних волокон. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія: Технічні науки. 2020, № 2 (283). С.181-185.
71. Prakash C. C., Ramakrishnan G. Effect of blend proportion on thermal behaviour of bamboo knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*. 2013. 104:9, P. 907-913.
72. Островецька Ю.І., Супрун Н.П., Власенко В.І. Розробка комп'ютерного методу визначення показників наскрізної пористості та поверхневого заповнення тканин. *Вісник Технологічного Університету Поділля*. 2005. №5. С.15-18.
73. Kanakaraj P., Ramachandran R. Active knit fabrics - functional needs of sportswear application. *Journal of textile and apparel, technology and management*. 2015. V.9. № 2. P.1-10.
74. Gibson P. Modeling heat and mass transfer from fabric-covered cylinders. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics* Vol 4 № 1. 2009. P. 1-8.
75. Angelova R.A., Reiners P., Georgieva E., Plamenova Kononva H., Pruss B., Kyosev Y. Heat and mass transfer through outerwear clothing for protection from cold: influence of geometrical, structural and mass characteristics of the textile layers. *Text. Res. Journal*. Vol 87 № 9. 2016. P. 1060-1070.
76. Frackiewicz-Kaczmarek J., Psikuta A., Bueno M-A., Rossi R.M. Air gap thickness and contact area in undershirt with various moisture contents: influence of garment fit, fabric structure and fiber composition. *Text. Res. Journal*. Vol 85 № 20. – 2015. - P. 2196-2207.

77. Karthik T., Senthilkumar P., Murugan R. Analysis of comfort and moisture management properties milkweed blended plated knitted fabrics for active wear application. *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 47 № 5. 2016. P.897-920.

78. Дрозд, Т. Ф. Марцинкевич, М. Н. Михалко М. И. Оценка паропроницаемости трикотажных бельевых полотен. *Вестник Витебского государственного технологического университета* Вып. 23. 2012. -С. 34-40.

79. Ионова М.Х., Вершинина А.В., Кирсанова Е.А. Оценка гигиенических свойств материалов и пакетов для изделий легкой промышленности. *Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2017)*. М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. С. 239-242.

80. Negru D., Buhu L., Loghin E., Dulgheriu I., Buhu A. Absorption and moisture transfer through knitted fabrics of natural and man-made fibers. *Industria textile* Vol 68 №4. 2017. P. 269-274.

81. Onofrei E., Rocha A.M., Catario A. Investigating the effect of moisture on the thermal comfort properties of functional elastics. *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 42 № 1. 2011. P. 34-51.

82. Rajan T.P., Souza L.D., Ramakrishnan G., Kandhavadiwu P., Vigneswaran C. Influence of porosity on water vapor permability behavior of warp knitted polyester spacer fabrics. *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 45 № 5. 2014. P. 796-812.

83. Suganthi T., Senthilkumar P. Moisture-management properties of bilayer knitted fabrics for sportswear. *Journal of Industrial Textiles*, Vol. 44 № 7. 2017. P. 1447-1463.

84. Браславский В.А. Капиллярные процессы в текстильных материалах. М.: Легпромбытиздат, 1987. 112с.

85. Cassie A. B., Baxter, S. Wettability of porous surfaces. *Trans. Faraday Soc.* 1944. Vol. 40. P.546 –551.

86. Zisman W. A. Relation of the Equilibrium Contact Angle to Liquid and Solid Constitution. Contact Angle, Wettability, and Adhesion. - *Washington, DC: American Chemical Society*, 1964. P. 1–51.

87. Тарасевич Ю.Ю. Перколяция: теория приложения алгоритмы. Учебное пособие. М.:Едиториал УРСС. 2002. 112 с.
88. Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия. 1968. 472 с.
89. Костромина С.В. Исследование смачиваемости современных влагозащитных тканей жидкостями разного вида. *Альманах современной науки и образования*, № 11 (30) 2009, часть 1. С. 53-56.
90. Привала В. О. Сучасні напрямки розробки обладнання для дослідження капілярності текстильних матеріалів. *Матеріали Міжнародної наукової конференції «Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень»* 10.04.2020 р. м. Луцьк. Том 1. С.111-113.
91. M. Stephens, C.A. Bartley. Understanding the association between pressure ulcers and sitting in adults what does it mean for me and my carers? Seating guidelines for people, carers and health & social care professionals. *Journal of Tissue Viability* 27 (2018) P. 59-73.
92. Rathore F, P. W., Waheed A. Pressure ulcers in spinal cord injury: an unusual site and etiology. *Am Journal Phys Med Rehabil*. 2009. 88(7). P. 587-590.
93. Kruger E. A. Kruger E. A., Pires M., Ngann Y., Sterling M., Rubayi S. Comprehensive management of pressure ulcers in spinal cord injury: Current concepts and future trends. *Journal Spinal Cord Med*. 2013 Nov; 36(6). P. 572–585.
94. Столяров Е.А., Барская М.А., Бирюкова Г.Т. Использование углеродсодержащих материалов в хирургии. *Хирургия*. 1999. № 4. С. 56–57.
95. Углеродные салфетки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://survival.com.ua/uglerodnyie-salfetki-sorousal-legius-lecheniya-ran-ozhogov-obmorozheniy-prolezhney-nestan/>
96. Бауер Бандаж [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bauer-bandage.com.ua>
97. Углеродная салфетка АУТ-М [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sohim.by/rus/production/carbon/napkin/>

98. Аатравматическая повязка «Карпема» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.niigrafit.ru/produktsiya/uglerodnye-materialy-dlya-meditsiny.php>
99. Пов'язка вуглецева сорбуюча. ТУ У 24.4-05416946-001:2010. Свідоцтво про державну реєстрацію № 9698. 2010.
100. Патент №2494763. Аберяхимов Х. М., Золкин П. И., Леонова Т. В. Повязка из углеродной ткани на основе вискозы. Опубл. 10.10.2013.
101. Патент UA 78585 U. Ніколаєв В.Г., Кудряченко В.В., Колосов О.Є. Спосіб використання пов'язки вуглецевої сорбуючої медичного призначення. Опубл. 25.03.2013.
102. Патент 105609. Ніколаєв В.Г., Єрохін В.Є., Рябушко В.І., Сахно Л.О. Спосіб одержання апікаційних срібловмісних композитів на основі волокнистих вуглецевих сорбентів. Опубл. 26.05.2014.
103. Патент US20150032069. Tse-Hao Ko, Ching-Han Liu, Jui-Hsiang Lin, Yen-Ju Su. Wound dressing. Опубл. 29.01.2015.
104. Патент UA 98723 U. Сарнацька В.В., В.Г. Ніколаєв, Юшко Л.О. Спосіб отримання апікаційних вуглецевих ліпидовмісних композитів. Опубл. 12.05.2015.
105. Patent US 9782512. Hasso von Blücher, Raik Schönfeld, Frank Pallaske. Multi-layered wound dressing containing an hydrocolloid and activated carbon. Опубл. 31. 09. 2012.
106. Патент UA № 124242. Супрун Н.П., Литвинова О.І., Лобода Г.А. Ранове покриття. Опубл. 26.03.2018. Бюл. №6.

РОЗДІЛ 2.

ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інтеграція передових технологій у виробництво, розширення асортименту застосовуваних текстильних матеріалів, вимагають пошуку сучасних підходів до процесу підбору матеріалів для швейних виробів. Для розробки і створення одягу для людей з інвалідністю, який би відповідав їх багатоплановим вимогам, необхідне глибоке вивчення питання впливу структури текстильних матеріалів та конструкції швейних виробів на забезпечення захисної та інших функцій у відповідності до специфіки умов експлуатації. Це потребує проведення попереднього дослідження та розробки вимог на основі думок спеціалістів та потенційних споживачів і дасть змогу запропонувати одяг, який відповідає конкретним умовам експлуатації. У сучасній міжнародній практиці такий підхід входить до поняття “конфекціювання”. Цей термін означає раціональний та науково обґрунтований підбір пакету комплектуючих матеріалів для виготовлення конкретного виробу, в процесі якого має бути виявлено взаємозв'язок матеріалу і моделі (виробу) для встановлення впливу одягу на працездатність та самопочуття людини у ньому.

Спортивний одяг для інвалідів-спинальників має відповідати складному комплексу вимог, які ставлять споживачи, з одного боку та виробники – з іншого боку. Усе різноманіття вимог до такого одягу можна оцінити двома великими групами показників – споживчими та техніко-економічними. Функціональні вимоги відображають відповідність виробів основним функціональним призначенням, що, в першу чергу, визначається їх відповідністю до сучасного способу життя, конкретній обстановці життєдіяльності. Ергономічні вимоги служать найбільш значущими для даного виду одягу і пов'язані в основному з фізіологічними змінами організму людей з обмеженням статодинамічних функцій при певному виді патології. Естетичні вимоги відображають особливості розробки композиційного рішення інклюзивної одягу, що відповідає сучасним тенденціям моди, врахування і

приховування морфологічних дефектів, наприклад, атрофованих нижніх кінцівок. Соціальні вимоги забезпечують активну залученість інвалідів в суспільне життя, що особливо важливо при створенні інклюзивної одягу. В особливу групу виділяються медико-технічні вимоги, які встановлюють можливість забезпечувати часткову або повну незалежність від послуг оточуючих при взаємодії з одягом, полегшення дій осіб, зайнятих доглядом за інвалідами; профілактику розвитку морфологічних деформацій. До цієї групи вимог включаються вимоги щодо забезпечення зручності користування (запобігання зісковзування, наявність спеціальних елементів, що полегшують використання протезів, милиць і т.п.), забезпечення часткової і повної незалежності від послуг оточуючих при взаємодії з одягом, полегшення дій осіб, зайнятих доглядом, в тому числі, можливість проведення медичних та санітарно-гігієнічних процедур, профілактика розвитку морфологічних деформацій, забезпечення безпеки конструкції одягу в місцях контакту з технічними засобами реабілітації (виключення ризику потрапляння вільних частин одягу в робочі деталі крісла-коляски, протезів та ін.). Для запобігання запальних процесів, які можуть виникати внаслідок носіння звичайного одягу, враховуючи специфічні пози людей в інвалідному візку, необхідно також передбачати мінімум складок і швів, що буде попереджати пошкодження шкірних покривів при взаємодії швів з тілом в місцях постійного контакту з деталями візка.

Аналіз публікацій, присвячених питанням розробки одягу для людей, які внаслідок отриманих травм або хвороби пересуваються за допомогою інвалідного візка, дозволив виділити серед основних негативних факторів, що впливають на їх фізіологічний стан, стомлення, зниження функціонального потенціалу організму, нервово-психічні та емоційні перевантаження, монотонність рухів і фізичних навантажень (статичних і динамічних), незручність пози, тиск одягу. Зменшенню впливу цих факторів сприяють як регулярні фізичні вправи, так і прогулянки на свіжому повітрі, подорожі, спілкування з позитивно налаштованими оточуючими. Попередньо проведені

опитування вітчизняних споживачів засвідчили, що найбільш зручним видом одягу для таких видів діяльності є спортивний костюм, але його конструкція і вибір матеріалів мають бути адаптовані до специфічних умов експлуатації. Пріоритетними вимогами, що висуваються до такого одягу, є зручність в експлуатації, зручність при надяганні і знятті, раціональне розташування і зручність користування конструктивно - декоративними елементами (кишенями, застібками і т.д.), якість застосовуваних матеріалів (гігієнічність, стійкість до стирання і розриву, незмиральність, легкість в догляді) і термін служби виробу.

Втрата виробом під час використання вихідних властивостей пов'язана в першу чергу з тими впливами, яким він піддається з боку зовнішнього середовища (механічні навантаження, дія вологи, тепла та ін.), в результаті чого виріб деформується, змінюючи вихідні розміри, форму і зовнішній вигляд, що також має бути врахованим при його проектуванні і конфекціюванні матеріалів.

2.1. Розробка універсального спортивного комплекту для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка

Для уточнення вимог з метою подальшого їх врахування при проектуванні спортивного костюму і конфекціюванні матеріалів для його виготовлення нами було проведено опитування потенційних споживачів на базі Ірпінського шпиталю в неврологічному відділенні реабілітації хворих з наслідками травм і захворювань хребта і спинного мозку. Більшість із опитуваних нами не були інвалідами з дитинства, а стали ними у віці, коли світогляд вже сформовано, внаслідок поранення, хвороби, аварії або нещасного випадку. Проведене анкетування викликало велику зацікавленість у респондентів не тільки тому, що його результати дають змогу розробити зручний функціональний одяг, але воно також стало свідомством того, що суспільство не байдуже до людей з особливими потребами, не залишає їх наодинці з проблемами, а пам'ятає і піклується про них.

Дослідження проводилися серед трьох груп респондентів - людей, що пересуваються на інвалідних візках, людей, що доглядають за ними і медичного персоналу. На першому етапі було виявлено контингент для подальших досліджень - це чоловіки середньої вікової групи, з обмеженою здатністю до самообслуговування, самостійного пересування, трудової діяльності, а також з повною або частковою нерухомістю нижньої частини тулуба і повною нерухомістю нижніх кінцівок. Форма дослідження – усне опитування, з відкритими прямими і непрямим питаннями. У ході опитування виявилися пріоритети, які віддаються потенційними споживачами при визначенні загальних вимог до одягу, при виборі матеріалу, конструктивних особливостей та ін. Усі дані, отриманні в ході опитування, оброблені за допомогою комп'ютерних програм Microsoft Word и Excel; проранжировані і представлені у вигляді діаграм.

Передусім, було проведено невелике попереднє анкетування, яке складалося із 4-х питань і наданих варіантів відповідей:

- 1) Як часто Ви займаєтеся фізичною культурою і спортом?
 - а) завжди
 - в) дуже рідко
 - б) іноді
 - г) ніколи
- 2) Що Ви відчуваєте, займаючись фізичною культурою і спортом?
 - а) покращую свої функціональні можливості
 - б) соціальну повноцінність
 - в) емоційний підйом
3. Які види вправ Вам подобаються більше?
4. Чи має враховувати спортивний одяг особливості порушення функції рухової системи людини?
5. Якими комплексними показниками повинні володіти матеріали для спортивного одягу?
 - а) зручністю у користуванні;

- б) зовнішньою виразністю;
- в) захисними;
- г) гігієнічними;
- д) довговічністю та збереженістю зовнішнього вигляду і форми;

При відповіді на перше питання 68.4 % респондентів відповіли - завжди, 21% іноді, 4.2% - дуже рідко, 6,4% - ніколи. Тобто, більшість із опитуваних займається фізичною культурою і спортом, що дозволяє їм об'єктивно відповідати на подальші питання. На четверте питання всі опитані відповіли позитивно, не дивлячись на те, що 31,6 % не завжди займаються фізичною культурою і спортом. Це зв'язано з тим, що спортивний одяг для спинальників часто служить повсякденним одягом і для прогулянок, і удома. Аналіз відповідей респондентів на 5 питання дозволив зробити висновки, що набір якостей матеріалів для виготовлення спортивного одягу у людей з порушеннями функцій спинного мозку приблизно однаковий і включає такі комплексні показники, як зручність у користуванні, гігієнічність, зовнішня виразність, збереженість зовнішнього вигляду.

Основним засобом для пересування по вулиці і всередині приміщення для людей з хворобами опорно-рухового апарату є інвалідні крісла-коляски механічного типу, які приводяться в рух ободом коліс. Даний вибір обумовлений ціновими і габаритними характеристиками, зручністю при користуванні і ступенем зусиль, що докладаються для переміщення. Розподіл ваги тіла на сідниці і стегна відбувається таким чином, щоб не викликати надмірного тиску на сідничні горби. Це запобігає циркуляторним порушенням і подразненням шкіри в підколінній області. У кріслі забезпечується надійне, комфортне розміщення і пересування людини, але мінус таких крісел – ускладнення процесу пересідання. Експлуатація цих пристроїв зумовлює специфічний характер дій корпусом і руками при пересуванні (Рис.2.1.), що робить некомфортним використання звичайного побутового одягу.



Рис.2.1. Типові рухи людини при переміщенні за допомогою інвалідного крісла-коляски механічного типу

За результатами опитування щодо комплектації одягу всі групи респондентів виділили в якості пріоритетних для знаходження в приміщенні і для прогулянок комплекти, що складаються з куртки, фуфайки і штанів. Встановлено, що середній час безперервного перебування людини в інвалідному візку становить близько 15 годин в день. Зважаючи на довготривалий щоденний термін користування спортивного костюму, обґрунтований вибір матеріалів для його виготовлення набуває особливого значення. За гігієнічними властивостями у всіх групах респондентів перевагу віддано матеріалам з високим ступенем вологоємності і повітропроникності. З огляду впливу кольору на психофізіологічний стан людини, до анкетування були включені питання щодо бажаних кольорних рішень в спортивному костюмі. Результати опитування (Рис.2.2.) засвідчили перевагу сірого кольору, який обрали 45% респондентів.

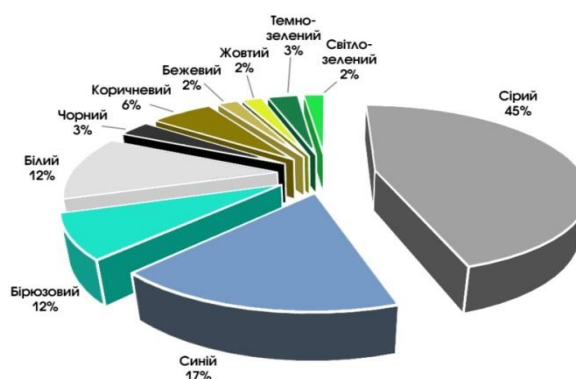


Рис. 2.2. Кольори матеріалів спортивного костюму, яким віддають перевагу опитувані

Зважаючи на довготривалий щоденний термін користування спортивного костюму, обґрунтований вибір матеріалів для його виготовлення набуває особливого значення. За гігієнічними властивостями у всіх групах респондентів перевагу віддано матеріалам з високим ступенем вологоємності і повітропроникності. В результаті подальшого усного опитування також встановлено, що середній час безперервного перебування людини в інвалідному візку становить близько 15 годин в день. Встановлено також середню частоту очищення спортивного одягу шляхом прання (Рис.2.3.), що найчастіше проводиться один раз на тиждень.

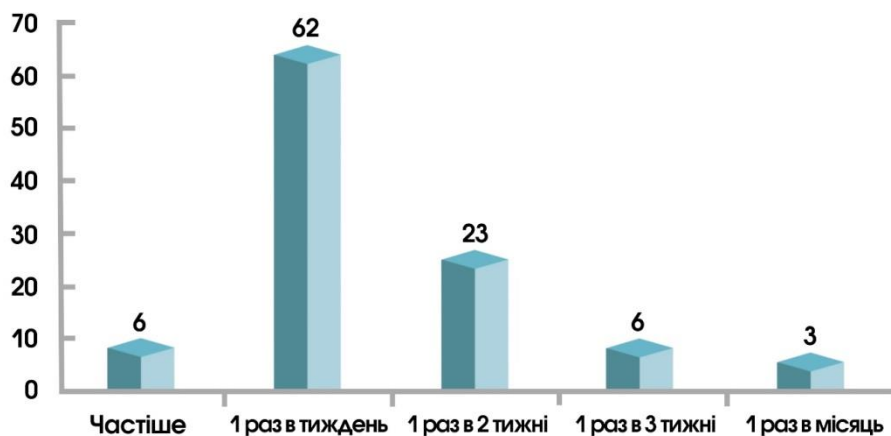


Рис. 2.3. – Періодичність прання спортивного костюму

В результаті спілкування з особами, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, визначено топографію (умовний розподіл на зони впливу) можливих локальних зон травмування одягом шкірних покривів, а також зони костюму, які при експлуатації в найбільшому ступеню піддаються дії стирання, розтягування і підвищеного потовиділення. До таких зон споживачі відносять ділянки пройма - рукав (з боку спинки), нижню частину рукава від лінії низу до лінії ліктя і манжети. У брюках найчастіше відбувається стирання і забруднення передніх частин від лінії стегон до коліна, розрив крокового шва і шва сидіння. При невідповідній конструкції відзначається також тиск одягу на задню поверхню стегон, крижі і сідниці.

З урахуванням проведеного аналізу наукових публікацій, на базі результатів проведеного опитування серед потенційних споживачів, а також порад і побажань медичних працівників та осіб, що допомагають у догляді, нами розроблено спортивний комплект для людей з травмами хребта, до складу якого входять реабілітаційний спортивний костюм (рис.2.4), фуфайка з короткими рукавами (Рис. 2.5) та утеплюючий жилет з автономним підігрівом (Рис. 2.6). Новизна розробленого реабілітаційного спортивного костюму підтверджена патентом [1].

Костюм, розрахований як на самостійне одягання, так і на одягання при сторонній допомозі, відрізняється сучасним дизайном та максимальною прилаштованістю до умов експлуатації. Штани 1 повністю роз'єднуються по лінії стегон за допомогою застібок у вигляді кнопок 3, передня частина штанів в області сидіння виконана заниженою, а задня частина виконана завищеною, і до неї приєднаний за допомогою допоміжних текстильних застібок жорсткий корегуючий корсет 4, що фіксує положення хребта людини, по шаговій лінії розмішений прорізний вентиляційний отвір 5, оснащений тонким трикотажним сітчастим полотном 6, який регулюється за допомогою застібки-блискавки, кишені розташовані на штанах по лінії стегон 8 і по лінії, що нижче колін 9 мають текстильні застібки-блискавки, що робить їх зручними для доступу при переміщенні в сидячому положенні в інвалідному візку.

Фуфайка виконана з розширеною нижньою частиною 10, є можливість відстібання нижньої частини рукава 11 за допомогою застібок-блискавок, по бокових лініях в області пройми переходячи на лінію рукава розташовуються прорізні вентиляційні отвори 12, затягнені тонким трикотажним сітчастим полотном для забезпечення клімат-контролю підодягового простору в штанах і фуфайці. Розмір отворів регулюється застібками-блискавками, кишені, розташовані в нижній частині 14, також мають текстильні застібки-блискавки.

До нововведень, реалізованих в запропонованому спортивному костюмі, можна також віднести те, що конструкція штанів не має лінії сидіння, подовжена і розширена тазова частина брюк, забезпечена подвійна ластовица в

промежині, розрахована на підгузок - навіть повним він не тягтиме і не натиратиме, еластичні манжети не дозволять штанині задиратися і збиратися під колінами, широка резинка на поясі забезпечує зручність в користуванні.

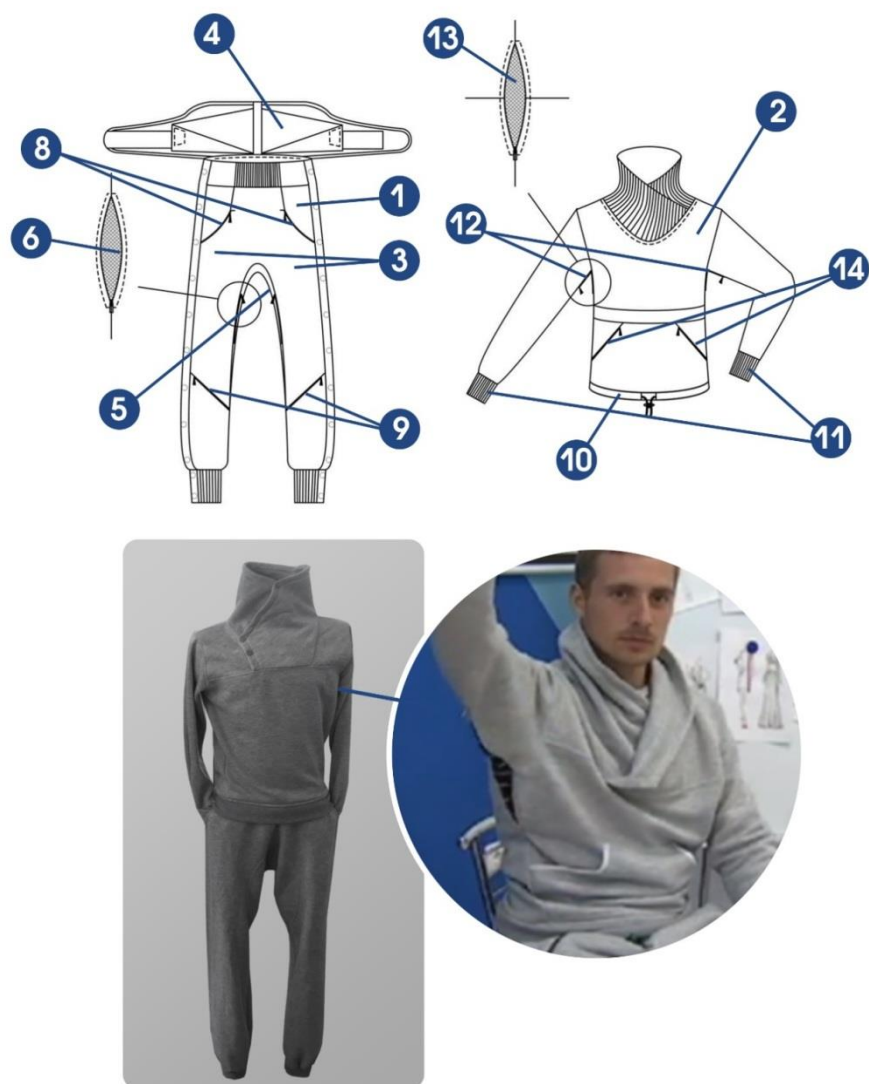


Рис.2.4. Реабілітаційний спортивний костюм для людей з травмами хребта (другий шар комплекту)

Враховуючи можливі зміни погоди (похолодання або потепління) в комплект до розробленого спортивного костюму нами запропоновано також включити фуфайку з короткими рукавами (Рис.2.5). Зважаючи на великий

ризик виникнення пролежнів та їх негативного розвитку, у найбільш вразливих місцях (Рис.1.13.) передбачено розташування сорбуючих лікувальних аплікаційних накладок, які закріплюються у відповідних ділянках першого шару костюму за допомогою текстильних застібок.



Рис. 2.5. Фуфайка з короткими рукавами (перший, натільний шар комплекту)

Утеплюючий жилет з автономним підігрівом (Рис. 2.6), який при силі току 2А і напругенні 5V забезпечує 3 рівня підігріву: 36, 40 і 45⁰С. Система нагрівальних пластин з еластичних вуглецевих волокон розташовується у пілочках і спинці. Живлення пластин здійснюється від гнучких сонячних батарей, які знаходяться у верхній частині спинки, в місці найбільшого

потрапляння сонячного світла. Батареї мають USB вихід, який також можна підключити до універсальної мобільної батареї, POWER BANK, ноутбука, комп'ютера тощо. Застосована система одягу зумовлює певну автономність знаходження людини в інвалідному візку, оскільки генерована сонячною батареєю енергія є достатньою як для підігріву одягу за допомогою нагріваючих елементів в жилеті, так і для підзарядки мобільного телефону, планшета, CD та DVD плейєрів, ліхтаря та інших мобільних електричних пристроїв.

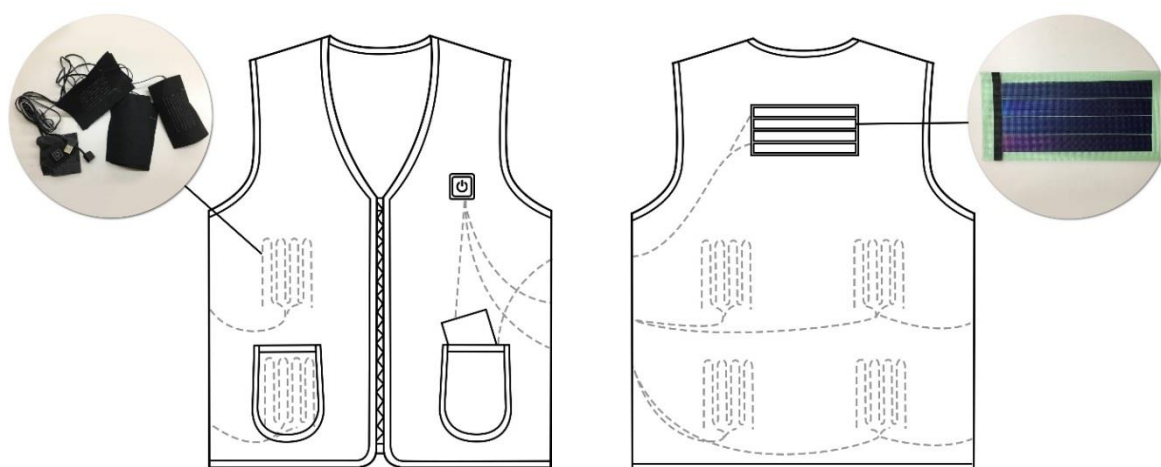


Рис. 2.6. Жилет з сонячною батареєю (третій шар комплекту)

Одним із способів вивчення технологічних і експлуатаційних властивостей матеріалів є проведення дослідної експлуатації виробів. В сучасних умовах економіки застосування цього способу є доволі обмеженим, особливо для матеріаломістких виробів, однак для виробів спеціального призначення, до яких, безумовно, можна віднести адаптаційний одяг, така процедура є бажаною. В процесі носіння відзначають зміни властивостей матеріалів: зносостійкість за стадіями: утворення мшистості, пілінг, блиск, зміна кольору, утонення, розрідженість структури, руйнування однієї системи ниток, руйнування до діри; деформація, зминальність, утворення заломів, зміна лінійних розмірів, розтягнення тощо.

За розробленою конструкцією було виготовлено декілька експериментальних екземплярів універсального спортивного комплекту, які

надано для дослідної експлуатації із здійсненням регулярного моніторингу ключових показників якості. Оцінка здійснювалася шляхом визначення комфортності від експлуатації - тепловідчуття, відображення соматичного стану здоров'я шкіри людини після трьох місяців носіння, а також порівняльним аналізом зміни ряду експлуатаційних характеристик в результаті експлуатації упродовж півроку. Згідно отриманих даних (Рис. 2.7), за усіма використаними показниками оцінки розроблений спеціальний адаптивний спортивний комплект перевищує звичайний побутовий одяг.

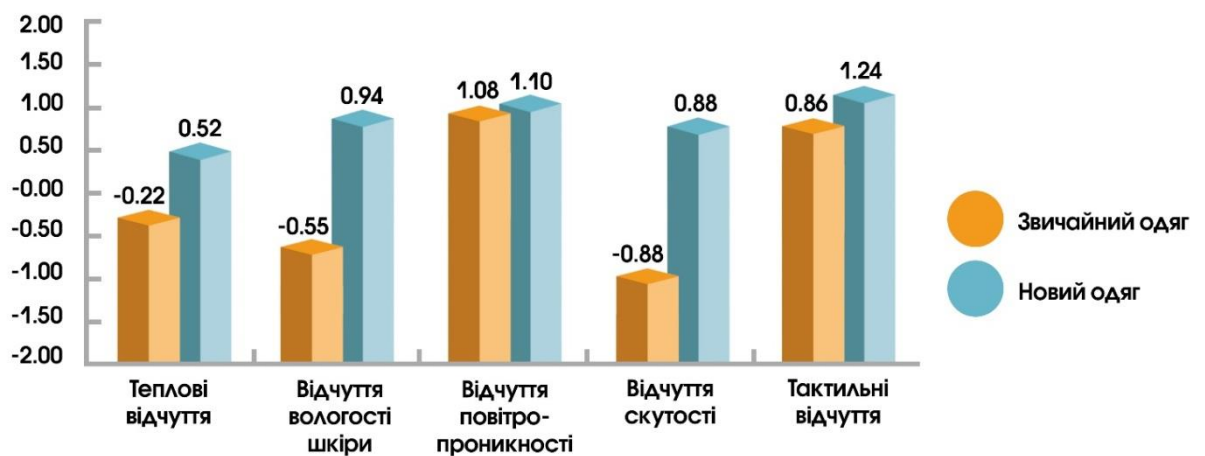


Рис.2.7. Порівняльна оцінка комфортності розробленого універсального спортивного комплексу та традиційного спортивного костюму (за даними опитування)

В межах оцінки зручності респондентам було запропоновано порівняти час, необхідний для здійснення повсякденних дій (одягання - роздягання, відвідування туалету, купання) при використанні розробленого універсального спортивного комплексу та звичайного спортивного костюму. Результати показали, що у новому комплекті легкість одяганням - роздягання покращилася на 24%, а час, необхідний для користування туалетом, а також при купанні, скоротився в середньому на 30 %.

2.2. Об'єкти та методи досліджень

Конфекціювання матеріалів та вибір методів дослідження їх характеристик здійснювався з урахуванням основної функції конкретного шару універсального спортивного комплексу. Для порівняльного аналізу та обґрунтованого вибору в якості матеріалів куртки і штанів спортивного костюму (Рис.2.4), було обрано чотири види футерованих трикотажних полотен, у сировинному складі яких основним волокном було бавовняне, в зразках №2 і №4 присутнє еластичне поліуретанове (ПУ) синтетичне волокно Лайкра Футеровані полотна (Рис.2.8) з виворітного боку мають начісування, що робить їх теплими, дуже м'якими і приємними на дотик. Цей вид матеріалу стійкий до скатування і витягування, довго служить і не змінює форму з часом. Структурні характеристики футерованих полотен приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики будови футерованих трикотажних полотен спортивного костюму

Умовне позначення зразка	Вміст складників сировинного складу, %	Поверхнева густина, Ms, г/м ²	Товщина, мм	Число петельних рядків і стовпчиків на 100 мм	
				П _Г	П _В
Трик1	Бавовна 100%	250	0,8	142	110
Трик2	Бавовна 95% ПУ 5%	350	2,3	130	111
Трик3	Бавовна 100%	250	1,1	163	115
Трик4	ПЕ 93% ПУ 7%	225	1,3	193	141

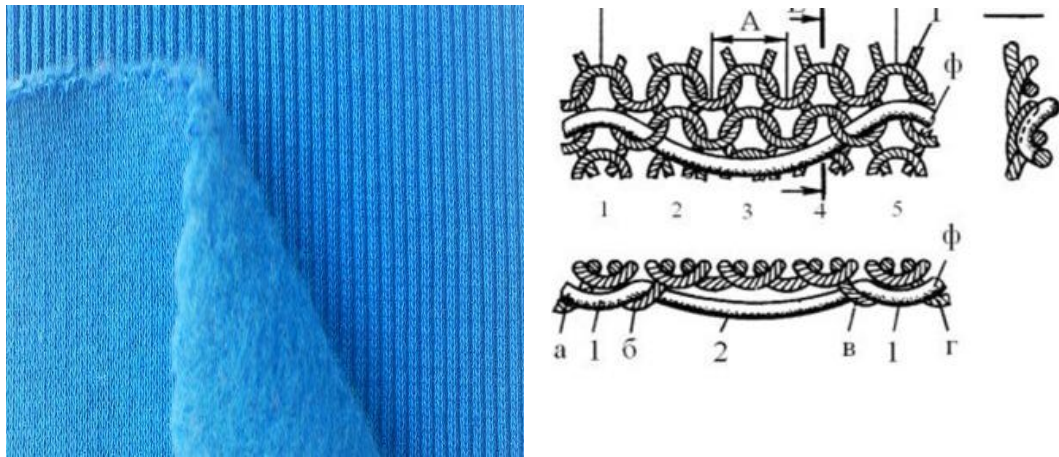


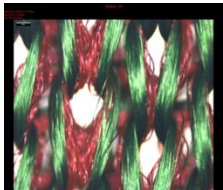
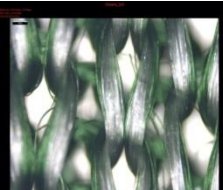

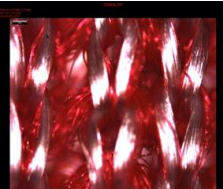
Рис. 2.8. Футероване полотно: а- зовнішній вигляд, б – переплетення

Основна функція першого шару спортивного комплекту (фужайки з короткими рукавами) складається в підтриманні теплового балансу шкіри шляхом відведення з її поверхні зайвої вологи. Для виготовлення трикотажних полотен виробів цього асортименту використовуються як натуральні, так і хімічні волокна. Створені за останнє десятиріччя різними фірмами-виробниками різні види інноваційного трикотажу на базі синтетичних волокон за рахунок наданої специфічної структури забезпечують форсоване виведення вологи з-під одягу, навіть при підвищеній вологості повітря навколишнього середовища, при одночасному захисті підодягового простору від вологи і холодного повітря ззовні [2-6]. Це досягається різними технологічними прийомами, використанням ультратонких волокон (microfiber), зміною форми поперечного перерізу волокон, за рахунок чого значно підвищуються капілярні властивості. При зазначених перевагах інноваційних матеріалів, основним їх «недоліком» для вигоди споживача є відчутно вища ціна у порівнянні з традиційними трикотажними полотнами.

Для порівняльного аналізу і подальшого вибору в якості основного матеріалу для виготовлення фужайки з короткими рукавами обрано трикотажні полотна комбінованого переплетення, виготовлені із віскозних волокон (Віс) та ультратонких волокон поліпропілену (ПП), або їх суміші. Характеристики структури полотен наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

**Структурні характеристики трикотажних полотен для виготовлення
фуфайки**

Умовне позначення зразка	Вміст складників сировинного складу, %	Мікрофотографія полотна $\times 25$	Поверхнева густина, Ms, г/м ²	Товщина, мм	Число петельних рядків і стовпчиків на 100 мм	
					П _Г	П _В
Трк1	Віс-50, ПП-50		143	0,9	100	110
Трк2	Віс – 100		137	0,8	95	190
Трк3	ПП – 100		154	0,8	78	104
Трк4	Віс – 30, ПП – 70		151	0,9	118	200

Для використання в місцях підвищеного потовиділення у фуфайки з короткими рукавами вибір відповідних матеріалів проводився серед інноваційних функціональних полотен різного сировинного складу, які використовуються для виготовлення функціонального спортивного одягу (Таблиця 2.3, Рис.2.9). Полотна виготовлені з використанням бавовняних, віскозних, ультратонких поліестерових (ПЕ) та поліпропіленових (ПП) волокон.

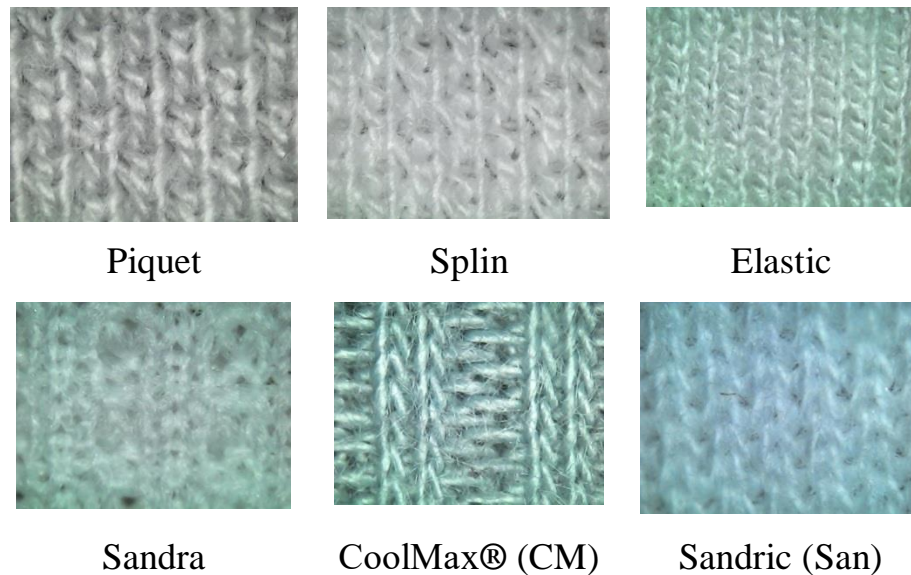


Рис.2.9.Зовнішній вигляд зразків трикотажних полотен для функціональних вставок

Таблиця 2.3.

Структурні характеристики функціонального трикотажу для фуфайки з короткими рукавами


Умовне позначення зразка	Торгова назва	Переплетення	Вміст складників сировинного складу, %	Поверхнева густина, Ms, г/м ²	Товщина, мм	Число петельних рядків і стовпчиків на 100 мм	
						Np	Nc
Тр1	Piquet	пресове	Бавовна – 100	207	0,82	245	120
Тр2	Splin	пресове	Бавовна – 33 ПЕ – 67	195	0,76	250	120
Тр3	Elastic	гладь	Віс – 100	210	0,52	245	160
Тр4	Sandra	пресове	ПП – 100	95	0,69	230	135

Тр5	CoolMax	комбіно ване	ПЕ – 100	190	0,58	170	125
Тр6	Sandric	пресове	ПП – 100	95	0,69	230	135

Враховуючи особливі вимоги і важливість вибору матеріалів рукавичок для пересування на інвалідному візку, які піддаються підсиленій дії сил тертя, окрему увагу було приділено розробці зносостійких, але одночасно, і достатньо гігієнічних, матеріалів для накладок на ці вироби. На Черкаському шовковому комбінаті було виготовлено дослідні зразки тканини, яку заплановано використати для цієї мети (Табл.2.4).

Таблиця 2.4.

Структурні характеристики тканини для зносостійких накладок

Артикул тканини	Вміст складників сировинного складу, [%]	Фото тканини	Поверхня ва густина Ms ,г/м ²	Переплетення	Товщина,мм	Кількість ниток на 100 мм		Лінійна густина пряжи, текс	
						по основі	по утку	по основі	по утку
Авизент 6700 (6)-У	Бавовна – 100		393	Полотняне	0,69	350	190	50,0	46,0

2.2.1. Розробка антипролежневих сорбуючих аплікаційних накладок

Для антипролежневих сорбуючих аплікаційних накладок нами запропоновано використовувати багат шарові композиційні матеріали на базі вуглецевої тканини медичного призначення [7, 8]. Для виготовлення цих композитних матеріалів у якості першого шару, що має безпосередній контакт з

пролежнем, використано активований вуглецевий матеріал медичного призначення вітчизняного виробництва ТУ У 24.4-05416946-001-2010 [9].

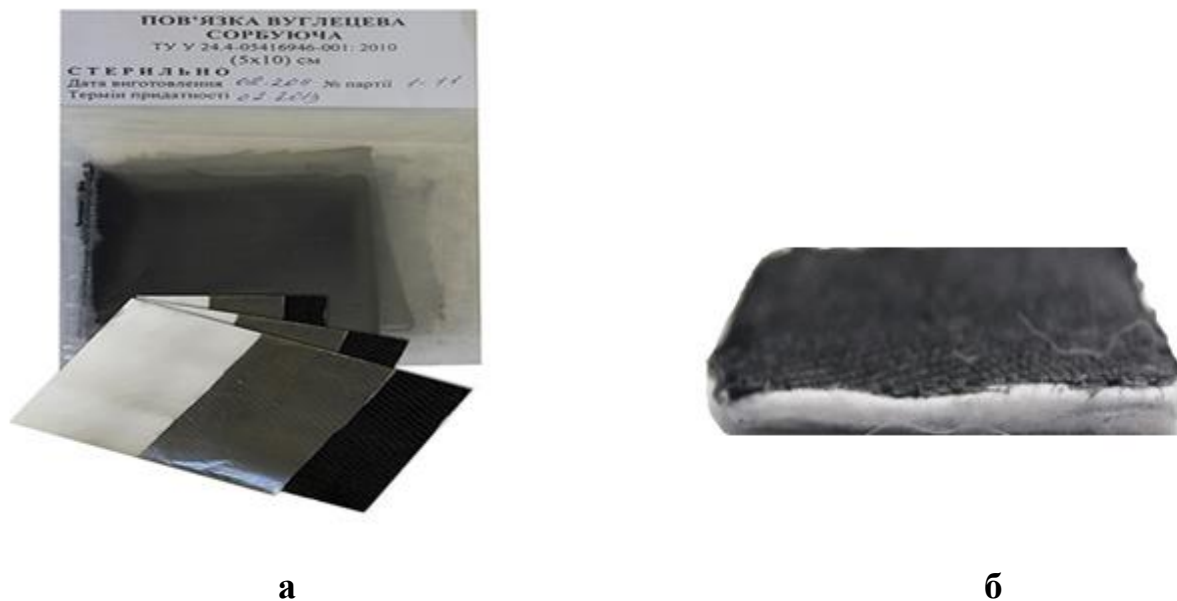


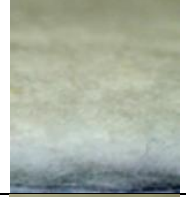
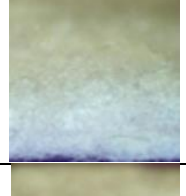


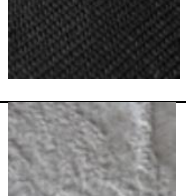



Рис. 2.10. а- Сорбуюча вуглецева тканина; б – розроблений композиційний матеріал на її основі

Розвинута поверхня вуглецевої тканини забезпечує сорбцію та евакуацію виділень з виразок, а також дезінфікування рани, однак надто висока швидкість сорбції призводить до висихання рани та зменшує термін комфортного знаходження покриття на рані, що є істотним недоліком. Для зниження цього негативного чинника у якості накопичувального шару запропоновано [9] використовувати текстильні полотна різного сировинного складу (Рис.2.10). В даній роботі було використано неткані голкопробивні полотна на основі натуральних волокон бавовни та льону, виготовлені в КНУТД на технологічному обладнанні кафедри (Табл.2.5). Для покращення експлуатаційних та технологічних властивостей до складу полотен додавалися поліамідні (ВПА), поліефірні (ВПЕ) та поліуретанові (ВПУ) волокна.

Таблиця 2.5.

Структурні характеристики вихідних матеріалів

№ п/п	Фото зразка	Умовне позначення	Вміст складників сировинного складу, (%)	Товщина, (мм)	Поверхнева густина, M_s , (г/м ²)
1		НТЛП50	Льон – 50 ВПЕ – 50	1,2	138
2		НТЛП70	Льон – 70 ВПЕ – 30	1,1	193
3		НТЛЛ50	Льон – 50 ВПА – 30 ВПУ – 20	0,7	183
4		НТБП50	Бавовна-50 ВПЕ – 50	0,7	169
5		НТБП70	Бавовна-70 ВПЕ – 30	0,5	185
6		НТБЛ50	Бавовна-50 ВПА – 30 ВПУ – 20	0,5	191
7		Вуглецева тканина	Вуглецеве волокно 100%	0,5	161
8		Клейова павутинка	Поліетилен	0,2	34

З'єднання шарів проводилось шляхом термодублювання з використанням клейової павутинки з сополімеру етилену та вінілацетату при температурі 200°C. Структурні характеристики дво- і тришарових композиційних покриттів наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6.

Структурні характеристики дво- і тришарових композиційних покриттів

№ п/п	Умовне позначення	Вміст складників сировинного складу, (%)	Поверхнева густина, М _s , (г/м ²)	
			2 шарові	3 шарові
1	НТЛЛ50	Вуглецева тканина + Льон – 50, ВПА-30, ВПУ-20	231	308
2	НТЛП70	Вуглецева тканина + Льон – 70, ВПЕ – 30	212	385
3	НТЛП50	Вуглецева тканина + Льон - 50, ПЕ – 50	295	369
4	НТБЛ50	Вуглецева тканина + Бавовна–50, ВПА-30, ВПУ-20	303	379
5	НТБП70	Вуглецева тканина + Бавовна-70 ВПЕ – 30	204	307
6	НТБП50	Вуглецева тканина + Бавовна-50 ВПЕ – 50	336	410

2.3. Експертна оцінка показників якості композиційних матеріалів з вуглецевою тканиною

Експертний метод оцінки якості матеріалів для швейних виробів засновано на визначенні числових показників продукції на базі рішень, які приймає група спеціалістів-експертів. Для обробки результатів, отриманих в результаті застосування методу експертних оцінок, використовують різні способи математичного аналізу (регресійний аналіз, дисперсійний, спосіб ранжирування факторів і ін.). У найбільшій мірі цілям даної роботи відповідає спосіб ранжирування факторів з визначенням їх вагомості, що дозволить включати в дослідження найбільш значимі з них. Застосований в роботі метод індивідуального опитування виключає можливість авторитарного впливу, що може негативно позначитися на результатах оцінки експертами. Експерт спирається на власний досвід, кваліфікацію і інтуїцію, а результати конфекціювання, здійснюваного методами експертної оцінки, визначаються досвідом і кваліфікацією експертів. Ранжирування властивостей матеріалів для конкретної моделі виробу здійснюється, ґрунтуючись на фундаментальних знаннях в галузі матеріалознавства та сертифікації продукції легкої промисловості, з урахуванням призначення виробу і передбачуваних умов експлуатації. На цьому етапі визначається, які споживчі ознаки матеріалів потрібно врахувати в даній моделі.

Для експертної оцінки показників якості матеріалів розроблених композиційних матеріалів була сформована експертна група, де експертами були представники медичного персоналу Ірпінського військового шпиталю. Отримавши анкету (Таблиця 2.7), експерт після ознайомлення зі змістом проставляє ранги відповідно до власними знаннями і уявленнями. Найбільш значущому показнику присвоюється ранг 1, наступному за ним по значущості - 2 і т.д. Групі експертів з $m = 10$ фахівців запропоновано до рангової оцінки $n = 10$ показників якості. Приклад анкети експерта представлений у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7.

Приклад анкети експерта

Позначення	Показники якості матеріалів та їх розмірність	Рангова оцінка
X1	Зміна лінійних розмірів після мокрих обробок по ширині, %	10
X2	Коефіцієнт повітропроникності, $\text{дм}^3/\text{см}^2 \cdot \text{с}$	7
X3	Гігроскопічність, %	8
X4	Водопоглинання, %	1
X5	Крайовий кут змочування, град	5
X6	Площа розтікання краплі, мм^2	4
X7	Швидкість розтікання краплі, $\text{мм}/\text{с}$	3
X8	Капілярність, мм	6
X9	Швидкість висихання, t, с	2
X10	Вологовіддача, %	9
	$\sum_{i=1}^n R_n = 0,5n(n+1)$	55

Визначення експертами коефіцієнтів вагомості показників якості починається з ранжирування, коли кожному показнику присвоюється певний ранг. Матриця ранжирування показників якості представлена в таблиці 2.8.

За результатами оцінки коефіцієнтів вагомості оцінюється узгодженість думок експертів за допомогою коефіцієнту конкордації W

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}$$

де $S_i = \sum_{j=1}^m R_{ji}$ – сума рангових оцінок експертів по кожному показнику

(табл.2.7;); $\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = 0,5m(n+1)$ – середня сума рангів для всіх показників.

Таблиця 2.8.

Матриця ранжирування показників якості

Шифр Експертів	Рангові оцінки показників якості										$\sum R_n$	T _j
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10		
1	10	5	8	2	6	4	3	7	1	9	55	0
2	10	7	6	1	5	3	4	8	2	9	55	0
3	9	6	8	1	5	4	3	7	2	10	55	0
4	9	7	8	1	6	5	3	4	2	10	55	0
5	10	6	8	2	5	4	3	7	1	9	55	0
6	10	5	7	1	6	3	4	8	2	9	55	0
7	10	7	8	1	6	4	3	5	2	9	55	0
8	10	5	7	2	6	3	4	8	1	9	55	
9	9	6	8	1	5	4	3	7	2	10	55	
10	10	5	8	1	6	4	3	7	2	9	55	0
Si	97	59	76	13	56	38	33	68	17	93	550	0
S	55											
Si-S	42	4	21	-42	1	-17	-22	13	-38	38	-	-
(Si-S) ²	1764	16	441	1764	1	289	484	169	1444	1444	7816	-
W	0,95											
mn – Si	3	41	24	87	44	62	67	32	83	7	-	-
Ji	0,01	0,09	0,05	0,19	0,10	0,14	0,15	0,07	0,18	0,02	1,00	-
Ji ₀	-	-	-	0,25	0,13	0,18	0,20	-	0,24	-	1,00	-

Враховуючи, що $T_j = 0$, то

$$W = \frac{7816}{\frac{1}{12} 10^2 (10^3 - 10)} \approx 0,95.$$

Чим ближче значення W наближається до 1, тим краща узгодженість думок експертів. Значимість коефіцієнта конкордації оцінюють по критерію χ^2 .

$$\chi^2 = Wm(n-1). \chi^2 = 0,95 * 10 (10-1) = 85,5$$

W значимий при умові, що $\chi^2 > \chi^2_{\text{табл.}}$. Значення $\chi^2_{\text{табл.}}$ знаходять з таблиці 2.9.

Таблиця 2.9.

Значення критерію Пірсона

q	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0.01	6.6	9.2	11.3	13.3	15.1	16.8	18.5	20.1	21.7	23.2	24.7
0.05	3.8	6.0	7.8	9.5	11.1	12.6	14.1	15.5	16.9	18.3	19.7

Оскільки, $\chi^2 = 85,5 > \chi^2_{\text{табл } 0,01} = 23,2$ то. W значимий з імовірністю не менше 0,99.

Для кожного показника визначається коефіцієнт вагомості за формулою:

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

Отримані коефіцієнти вагомості показників якості композиційних матеріалів з вуглецевою тканиною, розраховані за цією формулою, представлені у вигляді діаграми Парето – Лоренца на рис. 2.11.

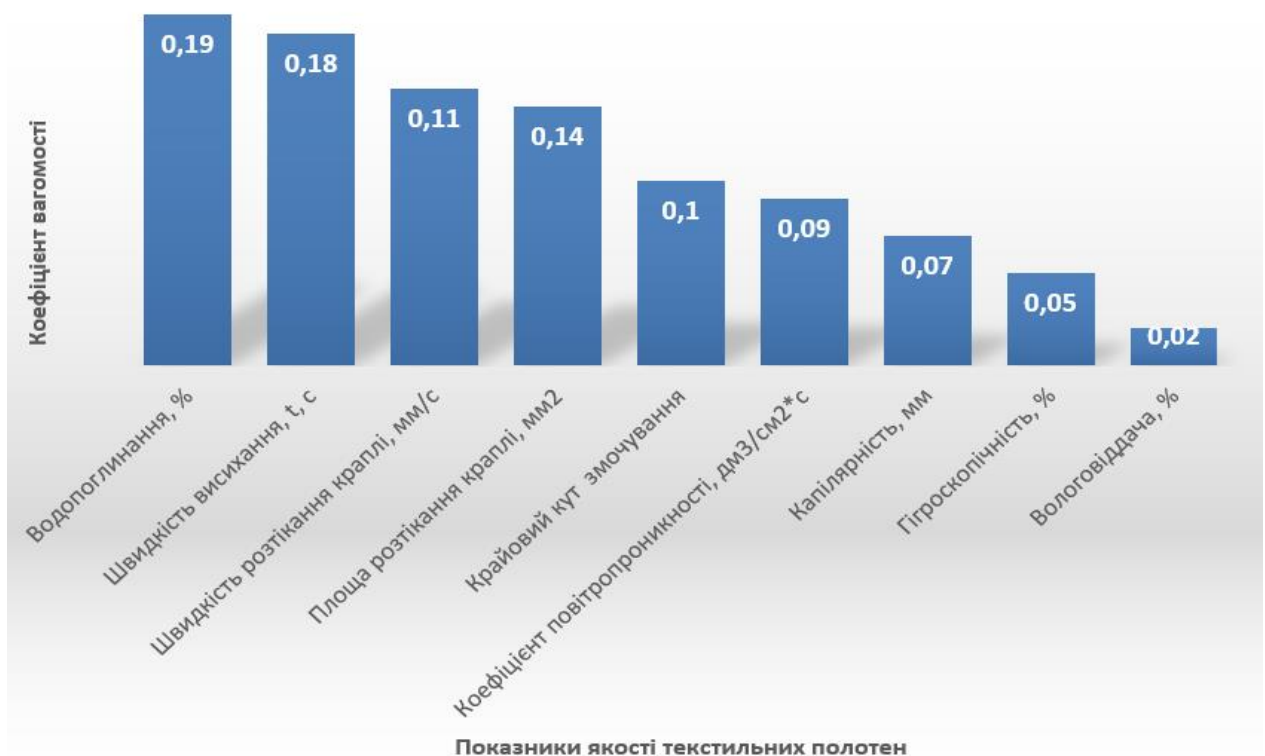


Рис. 2.11. Діаграма Парето – Лоренца для композиційних матеріалів з вуглецевою тканиною

Розраховано також суттєво вагомі показники, для яких $j_i > \frac{1}{n}$. Їх значення представлені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10.

Суттєво вагомі показники якості для композиційних матеріалів з вуглецевою тканиною

№	Позначення	Показники якості	Коефіцієнт вагомості
1	X4	Водопоглинання, %	0,25
2	X9	Швидкість висихання, с	0,24
3	X7	Швидкість розтікання краплі, мм/с	0,20
4	X6	Площа розтікання краплі, мм ²	0,18
5	X5	Крайовий кут змочування, град	0,13
		Сума	1,00

За аналогічною процедурою було здійснено експертне опитування, проведено ранжирування показників якості трикотажних полотен для спортивного костюму (Рис. 2.12), визначені суттєво вагомі показники. В якості експертів виступали потенційні споживачі спортивного костюму - особи, як мають ушкодження хребта і пересуваються на інвалідних візках.



Рисунок 2.12. Коефіцієнти вагомості показників якості трикотажних полотен для спортивного костюму

До суттєво вагомих показників якості трикотажних полотен для спортивного костюму експерти віднесли:

- Коефіцієнт повітропроникності, $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$;
- Гігроскопічність, %;
- Капілярність, мм
- Водопоглинання;
- Розтяжність при навантаженнях, менших за розривне

2.4. Методи дослідження

При вивченні властивостей вихідних текстильних матеріалів та їх пакетів в роботі були використані як методики, викладені у відповідних стандартах ДСТУ, ГОСТах, так і спеціально розроблені або удосконалені існуючі методи. Товщину зразків визначали при тиску 200 Па згідно ДСТУ ISO 5084:2004 [10], поверхневу густину - відповідно до ДСТУ ISO 9073-1:2008 [11].

Визначення показників, які характеризують здатність текстильних полотен взаємодіяти з пароподібною та рідкою вологою (поглинати, віддавати, перерозподіляти та накопичувати) було проведено за стандартизованими методиками. Гігроскопічність Γ , [%], яка характеризує вологість матеріалів при 100% відносній вологості повітря і температурі повітря $20 \pm 2^\circ\text{C}$, розраховувалась як

$$\Gamma = \frac{m_z - m_c}{m_c} 100\% \quad (2.1)$$

де m_z – маса проби матеріалу, яка зволожувалася у ексікаторі при 100% відносній вологості повітря, z , m_c – маса висушеної проби, z .

Вологоємність, що показує, яку частину від маси матеріалу становить маса вологи, яка знаходиться у ньому після занурення у воду, розраховувалась відповідно до ДСТУ ГОСТ 3816:2009 [12], як:

$$W_\phi = \frac{m_\phi - m_c}{m_c} 100\% \quad (2.2)$$

де m_ϕ – маса зволоженої проби, m_c – маса висушеної проби, z .

Було проведено також визначення поглинальної здатності при односторонньому горизонтальному контакті з джерелом зволоження. Для цього випробуваний зразок (Рис.2.13,а). поміщали поверхнею контакту на зволожену підфарбованою дистильованою водою пористу підложку з мікрофібри у ємність (чашку Петрі), при цьому краї зразка з крайовими зонами виступали за підложку, щоб уникнути крайового ефекту (Рис.2.13,б). Поглинальну здатність при односторонньому контакті визначалась за допомогою оцінки зміни маси композиційного матеріалу з плином часу.

Зважування проводилось через певний проміжок часу до тих пір, поки маса зволоженого зразка не приймала постійне значення, причому після кожного зважування до підложки за допомогою піпетки додавалась вода у кількості, тієї, що поглинута зразком.

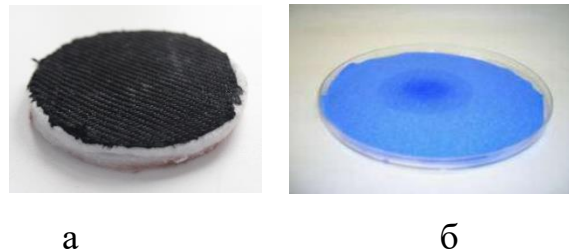


Рис. 2.13. Схема проведення дослідів з визначення поглинальної здатності при односторонньому горизонтальному контакті з джерелом зволоження

Крайовий кут змочування поверхні рідини текстильного полотна є показником змочуваності його поверхні. Крайовий кут змочування та зміна його значення у часі, поведінка краплі на поверхні досліджуваних зразків поверхня волокон вимірювались із застосуванням електронного USB мікроскопа (Рис. 2.14) за наступною методикою. Досліджуваний зразок



Рис. 2.14. Схема визначення крайового кута змочування

встановлювали на столик у нерухомому стані. Краплю підфарбованої води наносили на поверхню зразка зі сторони нетканого матеріалу за допомогою пристрою формування краплі (шприца з голкою внутрішнім діаметром 0,1 мм). Крапля падає на поверхню тканини, контактує з нею і досягає стану рівноваги.

Кут перетину між дотичною лінією повітря-рідина та граничною лінією поверхня-рідина називається крайовим кутом змочування. Краплю освічують та фіксують її профіль за допомогою електронного USB мікроскопа. Digital Microscope U500X - сучасний цифровий мікроскоп з можливістю фото та відеозйомки досліджуваних зразків, оснащений 2-мегапіксельною камерою і має змінне збільшення в діапазоні від 20 до 500 крат. Мікроскоп підключається до комп'ютера або ноутбука через стандартний порт USB 2.0.

Вивчення зразків і обробка зображення відбувається за допомогою зручної програми захоплення зображення Micro Capture Pro, що входить в комплект поставки. Отримане зображення збільшується до необхідного розміру і по фотографії краплі або за її електронному аналогу визначають параметри краплі, необхідні для розрахунку крайового кута змочування. Електронний USB мікроскоп та програмне забезпечення Micro Capture Pro дозволяє записати динаміку поведінки краплі та визначити точний час поглинання її зразками.

Для оцінки капілярності при горизонтальному положенні текстильних матеріалів був використаний метод, за яким досліджувався показник «площа розтікання води по поверхні матеріалу» S , мм² [13]. Метод базується на вимірюванні площі розтікання краплі води по поверхні текстильних полотен. На поверхню полотна за допомогою піпетки наноситься 0,3 мл підфарбованої води (пропорція: на 100 мл води 0,1 мл чорнил). Через час, потрібний для повного розтікання, за допомогою лінійки з точністю вимірювання 0,5 мм вимірювалась найбільша відстань розповсюдження мокрої плями у поздовжньому ($l_{\text{под}}$, мм) та поперечному ($l_{\text{попер}}$, мм) напрямках. Умовний діаметр розтікання краплі $l_{\text{ум}}$, мм по поверхні визначався, як середня величина між значеннями величин розтікання в поздовжньому та поперечному

напрямках, за співвідношенням:
$$l_{\text{ум}} = \frac{l_{\text{под}} + l_{\text{попер}}}{2}$$
.

Площа кола S , мм², яке утворює крапля води на поверхні полотна

розраховувалась за формулою:
$$S = \frac{\pi \cdot l_{\text{ум}}^2}{4}$$
.

Час висихання тв, хв, трикотажного полотна для характеристики вологовіддачі визначали за кривими кінетики висихання проб, після їх витримування зануреними в воді протягом 60 хвилин. Надлишок води з поверхні проби видаляли шляхом віджимання валиком проби, яка розміщала між трьома шарами фільтрувального паперу з обох боків. Проби висушувались в сушильній шафі при $T = 36 \pm 2^{\circ}\text{C}$ до досягнення постійної маси тв, хв. Зважування проводилось на аналітичних терезах через кожні 10 хвилин.

Фізико-механічні властивості полотен досліджувались згідно існуючих стандартизованих методик. Визначення повної деформації розтягування та її складових частин проводилось з використанням релаксометра «Стійка» та приладу ПР-2 (ГОСТ 8847-85).

Висновки по розділу 2

На базі відділення реабілітації хворих з наслідками травм хребта і спинного мозку Ірпінського шпиталю проведено опитування щодо формування вимог до адаптаційного одягу. Анкетування проводилися серед трьох груп респондентів - людей, що пересуваються на інвалідних візках (чоловіки середньої вікової групи, з обмеженою здатністю до самообслуговування та самостійного пересування), осіб, що доглядають за ними та медичного персоналу шпиталю.

Результати опитування засвідчили, що найбільш затребуваним виробом є спортивний костюм, однак існуючі спортивні костюми для даної категорії споживачів не забезпечують зручності у користуванні, захисні (захист від переохолодження, перегріву та бактеріального зараження), комунікативні та сенсорні властивості, довговічність тощо.

Встановлено, що найчастіше для переміщення використовуються коляски механічного типу, які приводяться в рух ободом коліс, що зумовлює специфічний характер дій корпусом і руками при пересуванні, і зумовлює специфічні вимоги до конструкції та матеріалів спортивного костюму.

Виявлено ділянки в одязі, які в найбільшому ступені піддаються тиску, розриву і стиранню, що враховано при розробці раціональної конструкції і конфекціюванні матеріалів комплекту. Встановлено, що від текстильних матеріалів спортивного костюму вимагається одночасне забезпечення захисної, гігієнічної та естетичної функцій, що можливо лише при раціональному формуванні відповідних пакетів матеріалів.

Розроблено універсальний спортивний костюм для осіб з травмами хребта, до складу якого входять штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка з трансформуємими деталями, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних накладок, жилет з автономним підігрівом, який забезпечується вмонтованими сонячними батареями. Експериментальні екземпляри універсального спортивного комплекту надано для дослідної експлуатації із здійсненням регулярного моніторингу ключових показників якості.

В якості об'єктів дослідження обрані трикотажні полотна, а також спеціально виготовлені багатошарові композиційні матеріали на базі вуглецевої тканини, наведено їх склад, визначено характеристики структури. На основі проведеної експертної оцінки встановлено ієрархічну структуру та виявлено найбільш вагомні показники якості цих матеріалів. Для композиційних лікувально-профілактичних вкладок це – показники водопоглинання, швидкості висихання, швидкості розтікання краплі, площа розтікання краплі, крайовий кут змочування. Для матеріалів спортивного костюму найбільш вагомими показниками якості визначено коефіцієнт повітропроникності, гігроскопічність, капілярність, волого поглинання та розтяжність по ширині при дії навантажень, менших за розривальне.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Пожилов-Несміян Г. М., Іванов І. О., Супрун Н. П., Гаврусенко Н. Ф. Реабілітаційний спортивний костюм для людей з травмами хребта (інвалідів-спинальників). Патент на корисну модель №134987. Заявл.11.01.2019. Опубл.10.06.2019. Бюл.№11.
2. Kanakaraj P., Ramachandran R. Active Knit Fabrics - Functional Needs of Sportswear Application. *Journal of textile and apparel technology and management*. 2015. Vol.9.N2. P.1-11.
3. Shobanasree P., Vibha G., Lavanya M. An overview on the influence of fabric structural parameters in sports intimate apparels. *International Conference on Information Engineering, Management and Security*. 2016. V.01. P. 28-32.
4. Wang F., Zhou X., Wang S. Development processes and property measurements of moisture absorption and quick dry fabrics. *Fibres & textiles in Eastern Europe*. 2009. V. 17, №.2 (73). P. 46-49.
5. Сулейманова, Г.В. Зиятдинова А.И. Инновационные технологии в производстве изделий легкой промышленности для активного отдыха. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. №15. С. 159-160.
6. Галавська Л. Є. Антонюк Н. О., Батрак О. А. Дослідження споживних властивостей двошарового трикотажу білизняного призначення. *Хмельницького національного університету*. 2018. 1 (257). С. 162-168.
7. Пожилов-Несміян Г.М., Супрун Н.П., Гірна Т.В. Розробка аплікаційних вкладок у швейні вироби для людей з інвалідністю. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Серія Технічні науки. 2020. № 1 (142). С. 63-70.
8. Патент UA № 124242. Супрун Н.П., Литвинова О.І., Лобода Г.А. Ранове покриття. Опубл. 26.03.2018. Бюл. №6.
9. Пов'язка вуглецева сорбуюча. ТУ У 24.4-05416946-001:2010. Свідоцтво про державну реєстрацію № 9698. 2010.

10. ДСТУ ISO 5084:2004. Матеріали текстильні. Визначення товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів (ISO 5084:1996. IDT). Введ. вперше 01.01.2006. Держспоживстандарт України, 2005. 5 с.

11. ДСТУ ISO 9073-1:2008 Матеріали текстильні. Методи випробування нетканих матеріалів. Частина 1. Метод визначення поверхневої густини (ISO 9073-1:1989, IDT). Держспоживстандарт України. 2010. 15 с.

12. ДСТУ ГОСТ 3816:2009 (ИСО 811–81). Полотна текстильні. Методи визначення гігроскопічних і водовідштовхувальних властивостей. Київ. 2009

13. Ковтун С.І. Розробка та дослідження текстильних композиційних матеріалів для виробів медичного призначення: автореферат дис. на здобуття наук. ступ. канд. тех.наук: Київ. 2007. С.26.

РОЗДІЛ 3

ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ КОМПЛЕКСУ ГІГІЄНИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКТУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ХРЕБТА

Для виготовлення товарів широкого вжитку матеріали повинні мати комплекс відповідних властивостей, що забезпечують високу якість, оскільки в процесі експлуатації вони піддаються впливу складного комплексу фізико-механічних та фізико-хімічних факторів: вологи, поту, тепла, багаторазових стискань, розтягнень тощо. Від інтенсивності дії вказаних факторів та від значень фізико-механічних показників якості матеріалів залежить термін експлуатації виробів з них. З метою оцінки комплексу властивостей матеріалів проводять ряд лабораторних випробувань. До фізичних випробувань, як правило, відносять визначення показників, що характеризують відношення до дії води, тепла, паро- і повітропроникність та ін. Механічні випробування – це визначення показників, що характеризують реакцію матеріалу на дію зовнішніх сил (розтягування, стискання, згинання, стирання тощо), які по-різному прикладені до матеріалу і викликають його деформацію або руйнування. Коли розглядаються властивості матеріалів, що пов'язані із дією на них як зовнішніх механічних сил, так і з реакцією внутрішньої структури на фізичні впливи (вода, пар), їх прийнято називати фізико-механічними властивостями.

Особливості вимог до спортивного костюму для людей з пошкодженнями хребта, зумовлені специфікою фізіолого-гігієнічних показників споживачів, сферою експлуатації та деяких інших факторів, які було розглянуто нами в розділі 1, обумовлюють певні відмінності у регулюванні тепломасообмінних процесів. Для текстильних матеріалів такого призначення бажаним є об'єднання високих значень гігроскопічності, вологопровідності, антистатичності, антимікробності, гіпоалергенності, відповідних теплофізичних властивостей тощо. Однак досягти цього на практиці в одному матеріалі не

завжди можливо. Ефективним технологічним прийомом, який може задовольнити поєднані вимоги, є нашарування індивідуальних матеріалів в багат шарову структуру (пакет матеріалів), кожен шар якого виконує певну функцію. Переваги таких пакетів містяться в можливості варіювання їх властивостей в широких межах за рахунок використання великого різноманіття властивостей матеріалів, що поєднуються, прогнозованості з високою ймовірністю властивостей пакету. Регулювати їх структуру, а відповідно, і властивості, можна, підбираючи полотна-шари, які мають різний сировинний склад, структуру, товщину та інші властивості, а також за рахунок додаткових обробок поверхні.

3.1. Аналітичне дослідження гігієнічних властивостей трикотажних полотен для спортивного костюму

У забезпеченні комфортних умов експлуатації одягу визначальна роль належить вологообмінним процесам. Людина відчуває і реагує на дуже незначну зміну вологості (3–5%), тому підвищена вологість у підодяговому просторі викликає відчуття дискомфорту. Для текстильних матеріалів спортивного костюму дуже важливими є властивості, які забезпечують вентиляцію підодягового простору, виведення вологи з-під одягу та випарування її в оточуюче середовище. Для зниження динаміки наростання вологості у підодяговому просторі при спортивних заняттях і покращення самопочуття людини зараз широко використовується сучасний трикотаж спеціальної конструкції і сировинного складу. Одним із найважливіших показників якості тканин є їх гігієнічні властивості, які характеризуються показниками гігроскопічності, вологості та вологопоглинання. Від гігроскопічності залежить здатність поглинання поту, що виділяється шкірою людини. При низькій гігроскопічності зменшується здатність захищати тіло від різкого впливу температури навколишнього повітря. Отримані експериментальні дані для трикотажних полотен спортивного костюму

(другого шару комплекту), наведені на рис. 3.1.- 3.3. та в таблиці 3.1, свідчать про те, що всі вони мають достатньо високу гігроскопічність і високі значення вологоємності, що забезпечуватиме при експлуатації виробів евакуацію поту та створюватиме нормальний мікроклімат підодягового середовища.

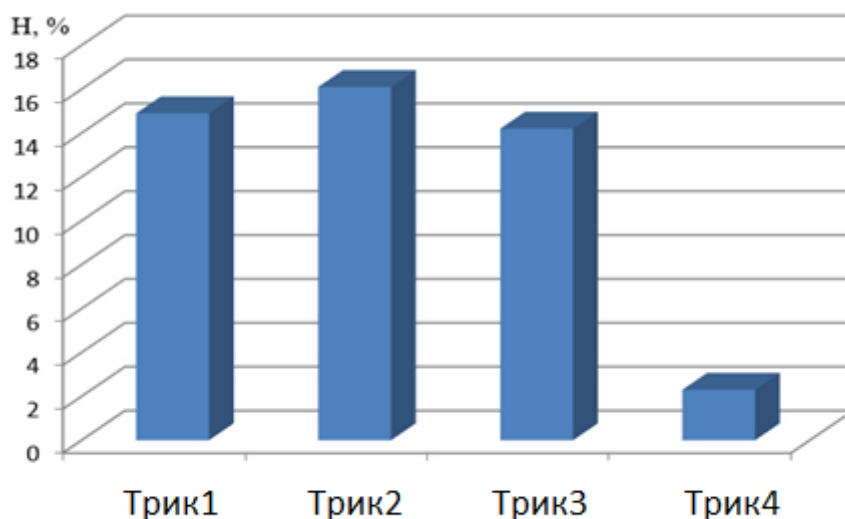


Рис. 3.1. Гігроскопічність досліджуваних трикотажних полотен

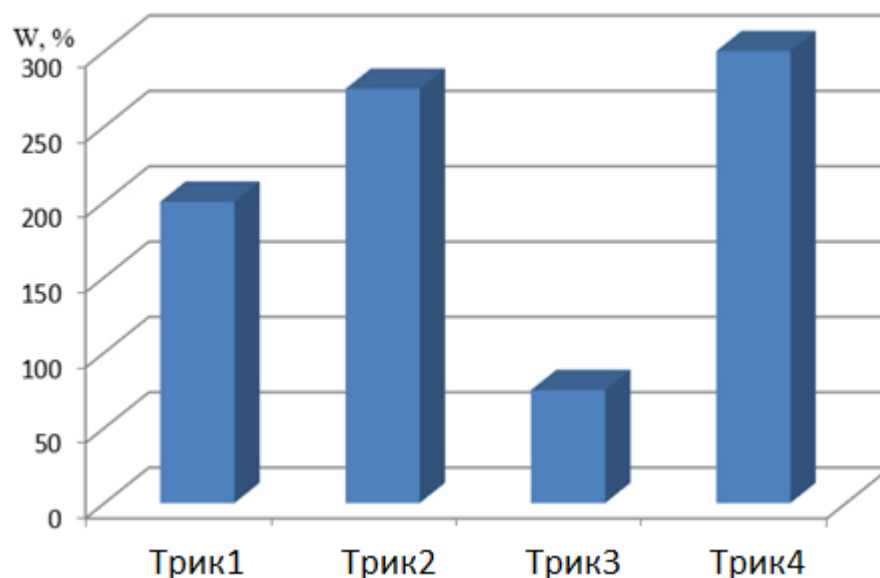


Рис. 3.2. Вологоємність досліджуваних трикотажних полотен

Показники капілярності, яка визначалась за стандартизованою методикою при прямовисному розташуванні із зануренням одного кінця проби у рідину, також

доволі високі (Рис. 3.3) і відповідають значенням, притаманним матеріалам для спортивного одягу. Найбільшу здатність поглинати і переносити вологу під дією капілярних сил має полотно фліс-стрейч (зразок № 2).

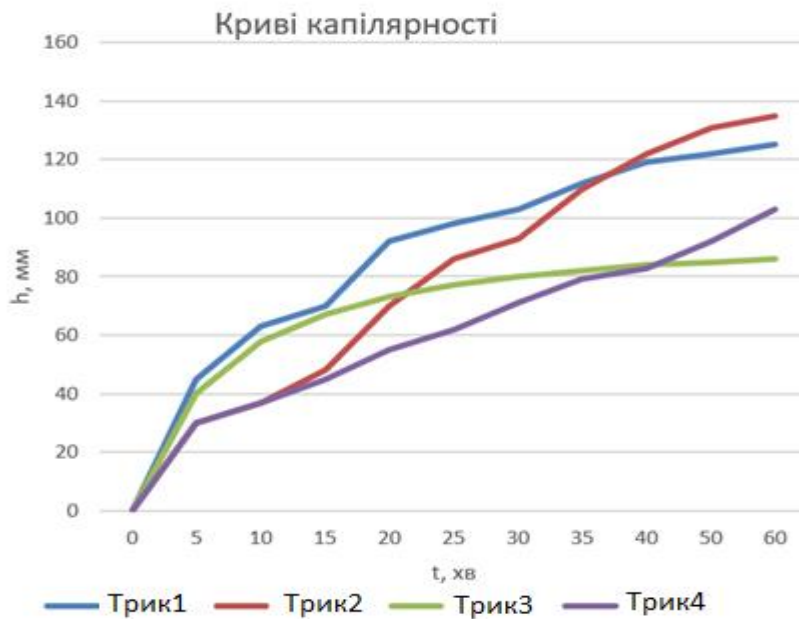


Рис. 3.3. Капілярність досліджуваних матеріалів у повздовжньому напрямі

Таблиця 3.1.

Гігієнічні властивості трикотажних полотен другого шару спортивного комплекту

Умовне позначення	Сировинний склад, %	Гігроскопічність H [%] (24 год)	Вологоємність, W , [%]	Коефіцієнт повітропроникності, B_h [дм ³ /м ² с]
Трик1	Бавовна 100%	14,9	200	76
Трик2	Бавовна 95%, ПУ 5%	16,1	275	250
Трик3	Бавовна 100%	14,2	75	139
Трик4	ПЕ 93% ПУ 7%	2,3	300	264

В багат шаровому спортивному комплекті особливий інтерес являють собою текстильні полотна для білизняного шару, основною функцією яких є сприяння оптимізації мікроклімату тіла, вологообміну та швидкому висиханню шкіри [1,2]. Незважаючи на наявність на вітчизняному ринку великого різноманіття білизняних трикотажних полотен, кількість науково-обґрунтованих висновків щодо доцільності їх використання для забезпечення комфортності виробів є дуже обмеженою. Особливо це стосується інноваційних трикотажних полотен, що виготовлені на базі гідрофобних синтетичних волокон, яким за рахунок функціоналізації поверхні надані спеціальні властивості. Для обраних для дослідження зразків таких матеріалів (Табл. 2.3) проведено визначення показників кінетики зволоження і видалення вологи. Отримані залежності зміни маси зразків у часі в процесі визначення вологоємності і висушування представлені на Рис. 3.4. - 3.6.

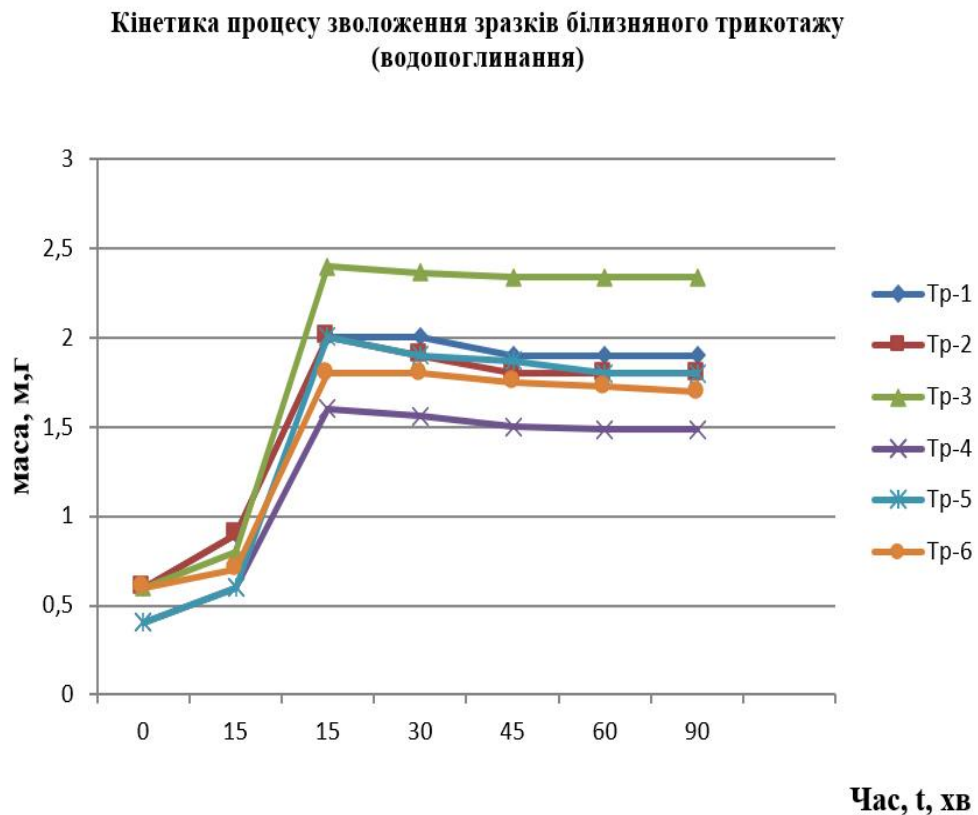


Рис.3.4. Зміна маси зразків у процесі визначення вологоємності

Кінетика процесу сушіння зразків білизняного трикотажу

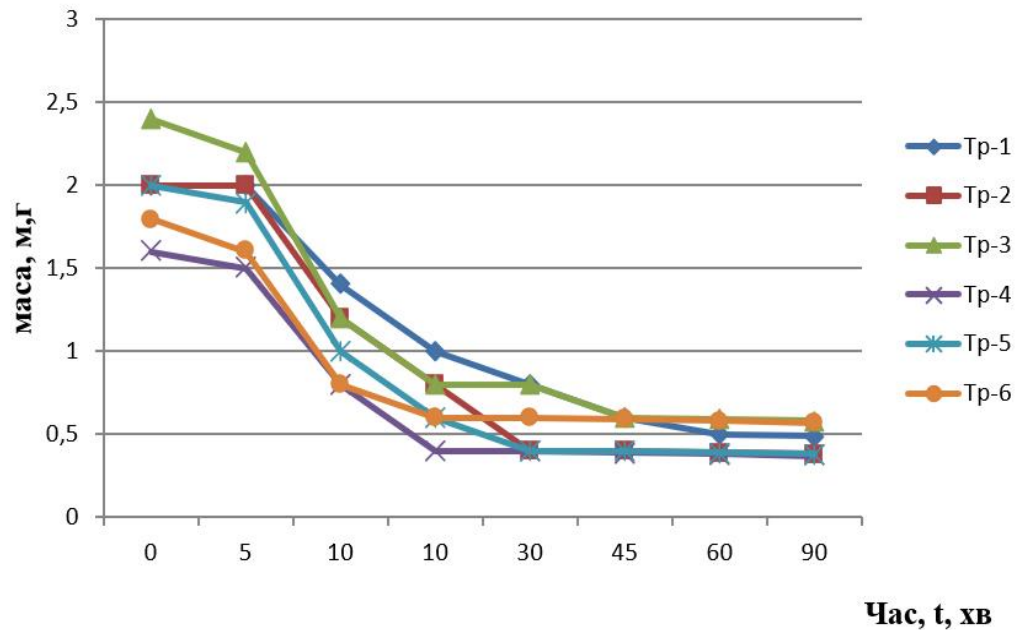


Рис. 3.5. Зміна маси зразків у процесі висушування

В процесі експерименту виявлено, що для всіх зразків досліджуваних трикотажних полотен процес поглинання води проходить, в основному, на перших хвилинах. Надалі рідина накопичується більш повільно і виходить на рівень, який не змінюється через 60 хв для всіх зразків.

ВОДОПОГЛИНАННЯ ТРИКОТАЖНИХ ПОЛОТЕН



Рис.3.6. Діаграма водопоглинання зразків трикотажних полотен

Як свідчать проведені дослідження, всі обрані полотна відзначаються високими вологосорбційними властивостями, а найбільше значення вологопоглинання мають зразки №2 і №5 ($W=400\%$). Найбільш швидкою вологовіддачею відрізняється трикотажне полотно №4 із ультратонких поліпропіленових волокон – після намокання воно висихає за 20 хвилин. Отримані дані щодо гігієнічних властивостей дають підставу обґрунтовано підійти до вибору трикотажних полотен для різних деталей і функціональних вставок спортивного костюму.

3.2. Моделювання процесу змочування з врахуванням одночасного випаровування з вільної поверхні текстильного полотна

Під час експериментальних досліджень одержані дані, що певною мірою розходяться з відомими результатами щодо водопоглинання текстильних матеріалів (напр., [3 - 12]). Так, на графіку, який демонструє зміну маси зразків трикотажних полотен для натільної фуфайки у процесі визначення вологості (Рис. 3.7) відзначаємо наявність достатньо явно виражених трьох ділянок. На першій спостерігається відносно повільне зростання маси. Друга ділянка відображує досить швидке накопичення рідини в матеріалі. Третя ділянка демонструє досить парадоксальний результат – зменшення (хоча й повільне) вмісту рідини в матеріалі. Пояснення цього феномену потребує детального розгляду процесів накопичення вологи в умовах, коли одночасно з сорбцією рідини проходить процес випаровування її з поверхні.

Відомі результати (див. напр., [3-5]) не визначали наявність третьої ділянки. В дослідженні [5] наведені залежності розповсюдження рідини, які дають наступні результати (рис.3.12)

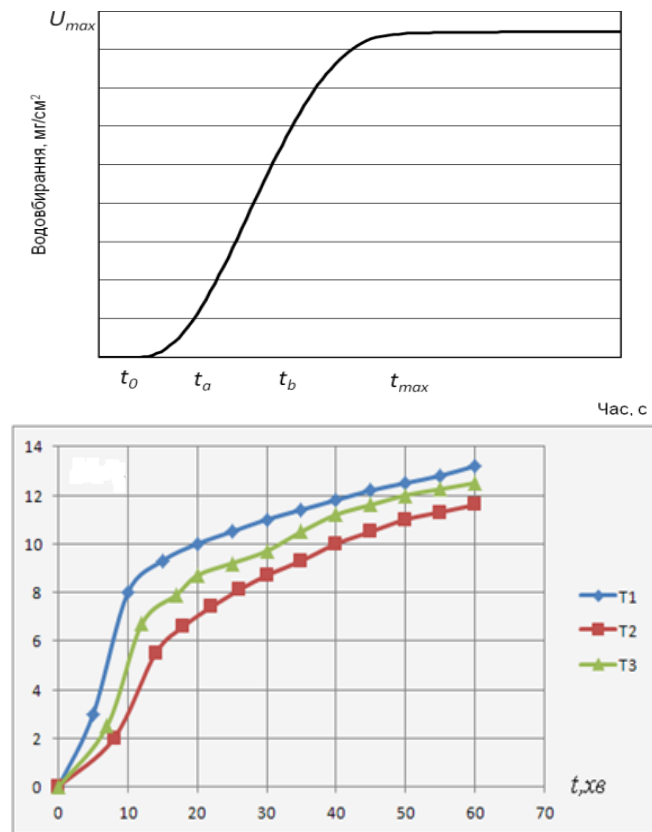


Рис. 3.7. – Відомі ([3-5]) залежності накопичення рідини

На наш погляд, це пояснюється тим, що попередні дослідники при побудові досліджень не повністю враховували процес випаровування рідини з вільної поверхні матеріалу.

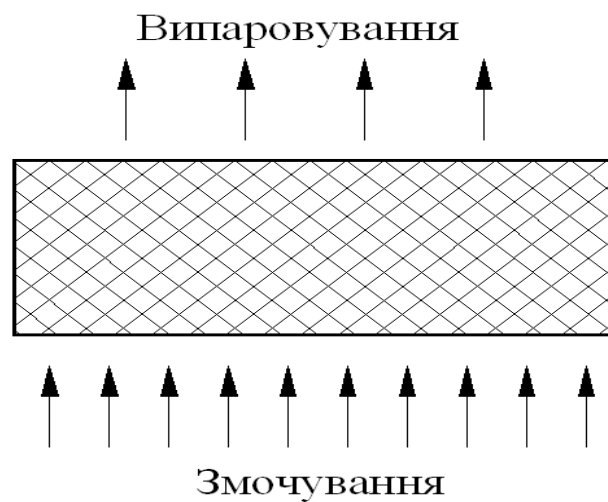


Рис.3.8.– Загальна схема проходження рідини крізь матеріал

Схема проходження рідини крізь текстильний матеріал з врахуванням випаровування може бути представлена у вигляді схеми (рис.3.8). Під дією процесів дифузії рідина проникає в матеріал. В процесі накопичення вона займає порожнини в матеріалі. При досягненні вільної поверхні рідина частково випаровується. Таким чином, концентрація рідини в матеріалі змінюється в залежності як від товщини самого матеріалу, так і від часу процесу.

Диференціальне рівняння нестационарної дифузії має вигляд

$$\frac{\partial}{\partial x} D \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} \quad (1)$$

де x – координата, що йде від нижньої поверхні матеріалу до верхньої, t – час, u – концентрація рідини, що вимірюється в відносних одиницях вмісту рідини, D – коефіцієнт дифузії, що у загальному випадку залежить від концентрації рідини.

Як показано [4], ця залежність може бути також записана у вигляді

$$D = D_0(1 + \beta \cdot u). \quad (2)$$

де D_0 , β – константи дифузії матеріалу.

Для розв'язання диференціальних рівнянь до них треба додати граничні і початкові умови. Для диференціального рівняння другого порядку по координаті (ліва частина рівняння) необхідні дві граничні умови. Для диференціального рівняння першого порядку по часу необхідна одна початкова умова. Слід відзначити, що зміна навіть однієї граничної умови може корінним чином змінити не просто результати, але й взагалі підхід до розв'язання рівняння.

Очевидно, що у початковий момент часу по всій товщині крім поверхні, що торкається рідини, концентрація рідини дорівнює нулю ($u = 0$ при $t = 0$).

На поверхні матеріалу, що торкається рідини (на рисунку це нижня поверхня) концентрація рідини завжди дорівнює одиниці ($u = 1$ при $x = 0$). Щодо концентрації на верхній поверхні, то однозначна відповідь досить складна.

В [6] розв'язана задача при умові нульової концентрації рідини на верхній поверхні. Очевидно, що результат має в основному теоретичне значення. Робота [7] присвячена розв'язанню рівняння в умовах відсутності випаровування на верхній поверхні матеріалу. Розв'язок дуже складний, його дуже важко використовувати. Підхід можливий тільки при заданих граничних умовах. Автором роботи [8] використано спрощений метод, що дозволив створити реальні методи моделювання проходження рідини, у тому числі крізь багатошарові матеріали. Гранична умова, яка приймалася в роботі, також не передбачає випарювання. Тривимірні моделі, запропоновані в [93, 94], можуть розв'язувати будь-які задачі, але потребують дуже великих ресурсів для підготовки даних і наступної чисельної реалізації.

Нами пропонується підхід, який можна розглядати, як розвиток підходів [9, 10] з врахуванням можливості випарювання з зовнішньої поверхні матеріалу. Врахування цього процесу при моделюванні процесу накопичення вологи досі не розглядалося. Його важливість визначається наближенням процесу моделювання до реального, одержаного експериментальним шляхом. Враховуючи складну залежність коефіцієнту дифузії від концентрації рідини, перепишемо ліву частину рівняння у вигляді :

$$D_0 \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \beta \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right] \right\}. \quad (3)$$

Одержане рівняння має нелінійний характер. Похідні в цьому рівнянні представлені у ступеневій залежності і у вигляді добутків. Аналітичних методів розв'язання таких рівнянь не існує.

Будемо створювати спрощену модель. При цьому враховуємо, що товщина текстильного матеріалу достатньо стала і реальні градієнти вологості в ньому не можуть досягати значних величин. В таких умовах концентрацію по товщині матеріалу будемо розглядати, як умовно безперервну величину. При цьому будемо фіксувати концентрацію в трьох точках (Рис.3.9).

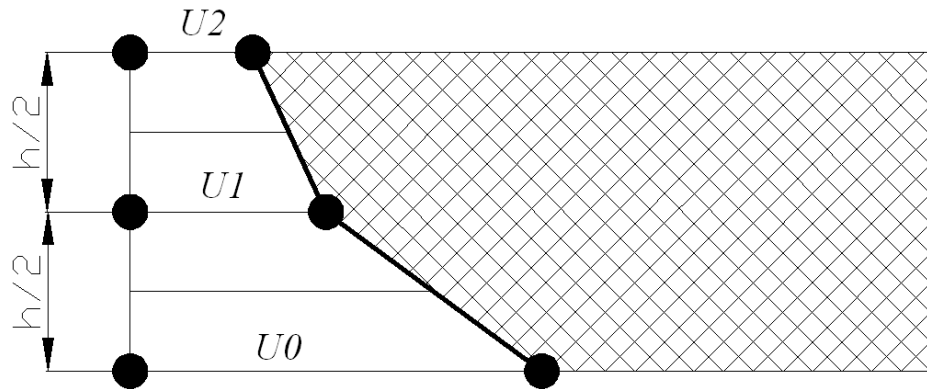


Рис.3.9. – Контрольні точки визначення концентрації рідини в тонкому матеріалі

З першої граничної умови відомо, що $U_0=1$. Друга гранична умова дасть вираз для U_2 , або вираз для зв'язку цієї величини з U_1 . Тоді невідомою залишається одна концентрація U_1 . Приблизні значення похідних можуть бути переписані у наступному вигляді.

Для нижньої ділянки:

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{01} \approx \frac{U_1 - U_0}{h/2}. \quad (4)$$

Для верхньої ділянки

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{12} \approx \frac{U_2 - U_1}{h/2}. \quad (5)$$

Друга похідна в середині матеріалу виражається як

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_1 \approx \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{12} - \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{01}}{h/2} = \frac{U_2 - 2 \cdot U_1 + U_0}{h^2/4}. \quad (6)$$

Першу похідну в середині матеріалу будемо розглядати, як середнє значення верхньої і нижньої похідної

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_1 \approx \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{12} + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{01}}{2} = \frac{U_2 - U_0}{h}. \quad (7)$$

Тоді ліва сторона диференційного рівняння може бути переписана у вигляді

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ U_2 + U_0 - 2U_1 + \beta \left[\left(\frac{U_2 - U_0}{2} \right)^2 + U_1(U_2 + U_0 - 2U_1) \right] \right\}. \quad (8)$$

Враховуємо, що концентрація $U_0=1$. Концентрація U_2 відома або є функцією концентрації всередині $U_2=f(U_1)$. Тоді залежність від часу необхідно шукати для концентрації всередині. Для цієї величини можна записати повну похідну від часу, рівняння в частинних похідних перетвориться в рівняння в повних похідних.

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ f(U_1) + 1 - 2U_1 + \beta \left[\frac{(f(U_1) - 1)^2}{4} \right] + U_1(f(U_1) + 1 - 2U_1) \right\} = \frac{dU_1}{dt}. \quad (9)$$

В процесі змочування текстильного матеріалу слід відзначити три етапи.

Перший етап. Рідина проникає крізь матеріал, але не досягла верхньої границі (рис.3.10). При цьому перша похідна для нижньої ділянки

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{01} \approx \frac{U_1 - U_0}{z} = \frac{0 - 1}{z} = -\frac{1}{z}. \quad (10)$$

Перша похідна для верхньої ділянки

$$\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)_{12} \approx \frac{U_2 - U_1}{h - z} = \frac{0 - 0}{h - z} = 0. \quad (11)$$

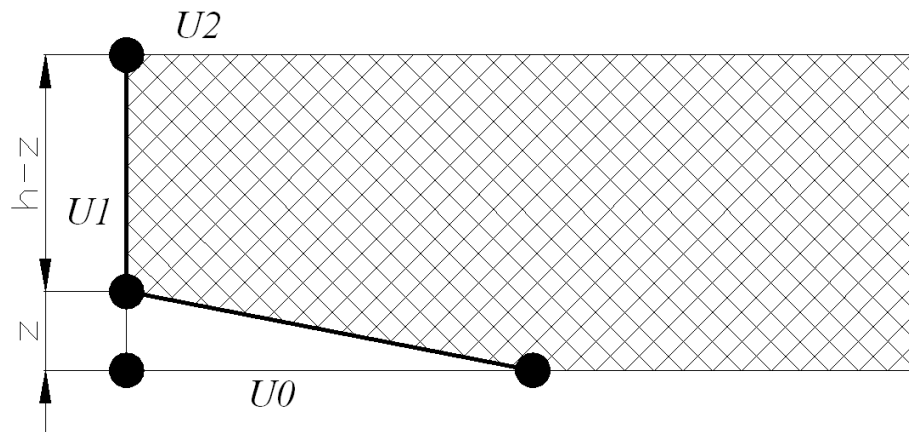


Рис.3.10. – Початковий етап змочування

Друга похідна в точці, до якої досягла рідина

$$\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\right)_1 \approx \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{12}}{z} - \frac{\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{01}}{z} = \frac{1}{z^2}. \quad (12)$$

Рівняння для концентрації на нижній ділянці може бути записано у вигляді $u = U0 + (U1 - U0)\frac{x}{z} = 1 - \frac{x}{z}$. Концентрація всередині ділянки $US = 1 - \frac{1}{2z}$.

В таких умовах ліва частина рівняння переписеться у вигляді

$$D_0 \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \beta \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x} \right)^2 + u \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \right] \right\}. \quad (13)$$

$$D_0 \left\{ \frac{1}{z^2} + \beta \left[\left(\frac{1}{z} \right)^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{z^2} \right] \right\} = D_0 (1 + 1,5\beta) \frac{1}{z^2}. \quad (14)$$

Похідна по часу визначиться як $\frac{dUS}{dt} = \frac{1}{2z^2} \frac{dz}{dt}$.

Відповідно, диференціальне рівняння приймає вигляд

$$D_0 (1 + 1,5\beta) \frac{1}{z^2} = \frac{1}{2z^2} \frac{dz}{dt}. \quad (15)$$

або

$$\frac{dz}{dt} = 2D_0 (1 + 1,5\beta). \quad (16)$$

В цьому рівнянні невідомим є висота. Розв'язком рівняння є лінійна функція

$$z = 2D_0 (1 + 1,5\beta) \cdot t. \quad (17)$$

Загальний вміст рідини визначається площею трикутника (Рис.4):

$$U = \frac{z \cdot (U1 + U0)}{2} = D_0 (1 + 1,5\beta) \cdot t. \quad (18)$$

На цьому етапі залежність вмісту рідини в матеріалі від часу має лінійний характер. Графічна залежність для даної ділянки показана на рис. 3.11.

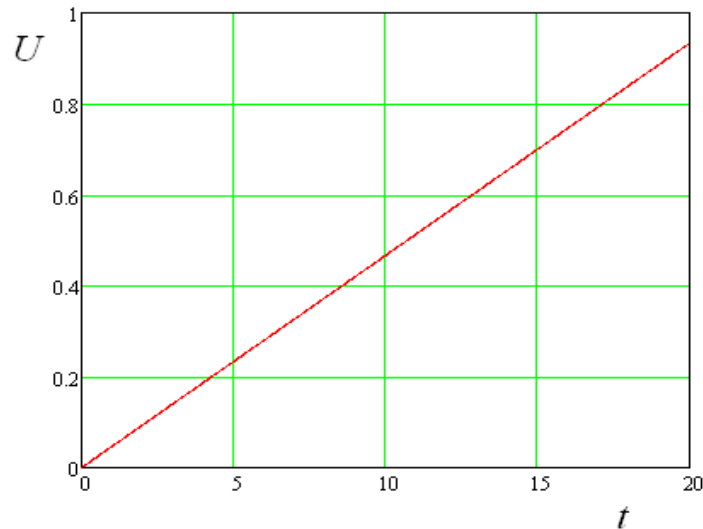


Рис.3.11. - Зміна вмісту рідини на першому етапі зволоження

Другий етап. Рідна накопичується в матеріалі. Випаровування не відбувається. Ця умова відповідає рівності нулю похідної на верхній частині матеріалу, або умові $U_2=U_1$. Диференціальне рівняння перепишеться у вигляді

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ U_1 + 1 - 2U_1 + \beta \left[\left(\frac{U_1 - 1}{2} \right)^2 + U_1(U_1 + 1 - 2U_1) \right] \right\} = \frac{dU_1}{dt}. \quad (19)$$

Приводимо подібні доданки з однаковими степенями. Одержуємо

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ 1 + 0,25\beta - U_1 \cdot (1 + 0,5\beta) + U_1^2 \cdot 0,75\beta \right\} = \frac{dU_1}{dt}. \quad (20)$$

Введемо означення

$$a_0 = \frac{4D_0}{h^2} (1 + 0,25\beta), \quad (21)$$

$$a_1 = \frac{4D_0}{h^2} (1 + 0,5\beta), \quad (22)$$

$$a_2 = \frac{4D_0}{h^2} 0,75\beta. \quad (23)$$

Тоді рівняння перепишеться у вигляді

$$a_0 - a_1 \cdot U_1 - a_2 \cdot U_1^2 = \frac{dU_1}{dt} . \quad (24)$$

Дане рівняння дозволяє розділення змінних:

$$dt = \frac{dU_1}{a_0 - a_1 \cdot U_1 - a_2 \cdot U_1^2} . \quad (25)$$

Ліва частина має елементарний інтеграл $\int dt = t + C$. Права частина має вигляд дрібно раціональної функції, інтеграл від якої також можливо взяти в явному вигляді

$$I = \int \frac{dU_1}{a_0 - a_1 \cdot U_1 - a_2 \cdot U_1^2} . \quad (26)$$

Дискримінант знаменника

$$\Delta = a_1^2 + 4a_0 \cdot a_2 > 0 .$$

Тоді корні характеристичного рівняння

$$\lambda_{1,2} = \frac{a_1 \pm \sqrt{\Delta}}{2 \cdot a_0} = \frac{1 + 0,5\beta \pm \sqrt{1 + 3,5\beta + 1,5\beta^2}}{2 + 0,5\beta} . \quad (27)$$

З врахуванням знака інтеграл переписується у вигляді

$$I = \int \frac{dU_1}{(U_1 - \lambda_1)(U_1 + \lambda_2)} , \quad (28)$$

$$\lambda_1 = \frac{1 + 0,5\beta + \sqrt{1 + 3,5\beta + 1,5\beta^2}}{2 + 0,5\beta} , \quad (29)$$

$$\lambda_2 = \frac{\sqrt{1 + 3,5\beta + 1,5\beta^2} - 1 - 0,5\beta}{2 + 0,5\beta} . \quad (30)$$

В свою чергу підінтегральний вираз може бути переписаний у вигляді

$$\frac{1}{(U_1 - \lambda_1)(U_1 + \lambda_2)} = \frac{A}{U_1 - \lambda_1} + \frac{B}{U_1 + \lambda_2} . \quad (31)$$

Чисельники дробів визначаються з відомих умов [13]: $B=-A$

$$A = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} = \frac{2\sqrt{1 + 3,5\beta + 1,5\beta^2}}{2 + 0,5\beta}. \quad (32)$$

Інтеграл функції може бути розписаний, як

$$I = \int \left(\frac{A}{U_1 - \lambda_1} - \frac{A}{U_1 + \lambda_2} \right) dU_1 = A \ln(U_1 - \lambda_1) - A \ln(U_1 + \lambda_2) = \ln \left(\frac{U_1 - \lambda_1}{U_1 + \lambda_2} \right)^A. \quad (33)$$

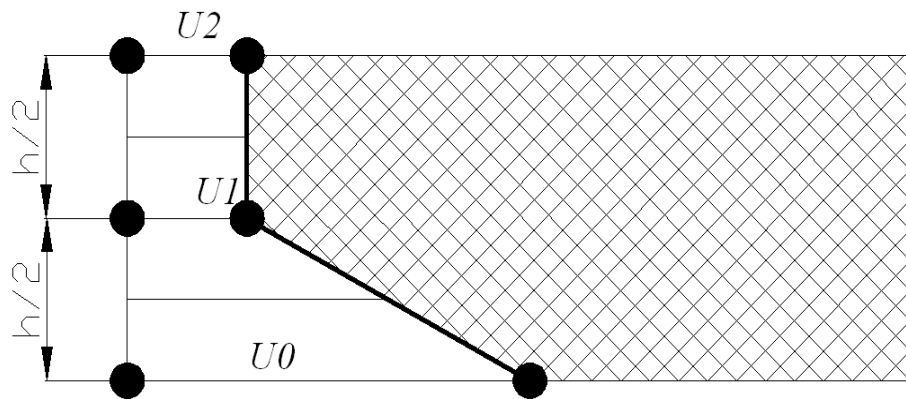


Рис.3.12. Другий етап накопичення рідини

Таким чином, розв'язок диференційного рівняння в цьому випадку може бути записаний, як

$$\ln \left(\frac{U_1 - \lambda_1}{U_1 + \lambda_2} \right)^A = t + C. \quad (34)$$

Оскільки C – довільна константа, перепишемо у вигляді

$$\ln \left(\frac{U_1 - \lambda_1}{U_1 + \lambda_2} \right)^A - \ln C = \ln \frac{1}{C} \left(\frac{U_1 - \lambda_1}{U_1 + \lambda_2} \right)^A = t. \quad (36)$$

Послідовно перетворюємо вираз

$$\left(\frac{U_1 - \lambda_1}{U_1 + \lambda_2} \right)^A = C \cdot e^t. \quad (37)$$

$$\frac{U_1 - \lambda_1}{U_1 + \lambda_2} = \left(C \cdot e^t \right)^{1/A} = K \cdot e^{\frac{t}{A}}. \quad (38)$$

$$U_1 - \lambda_1 = K \cdot e^{\frac{t}{A}} (U_1 + \lambda_2). \quad (39)$$

$$U_1 = \frac{K \cdot e^{\frac{t}{A}} \cdot \lambda_2 + \lambda_1}{1 - K \cdot e^{\frac{t}{A}}}. \quad (40)$$

Загальне накопичення рідини в матеріалі відповідає площі на рис.6

$$U = U_1 \frac{h}{2} + \frac{U_1 + U_0}{2} \cdot \frac{h}{2} = \frac{h}{4} (3 \cdot U_1 + 1). \quad (41)$$

Константу K знаходимо з умови рівності накопиченої рідини наприкінці першого етапу і початку другого етапу. Зокрема, у випадку закріплення початку другого етапу $U_1=0$ при $t=0$

$$0 = \frac{K \cdot \lambda_2 + \lambda_1}{1 - K}. \quad (42)$$

$$K = \frac{1 - \lambda_1}{1 + \lambda_2}. \quad (43)$$

Зміна вмісту рідини на другому етапі графічно зображена на рис.3.13.

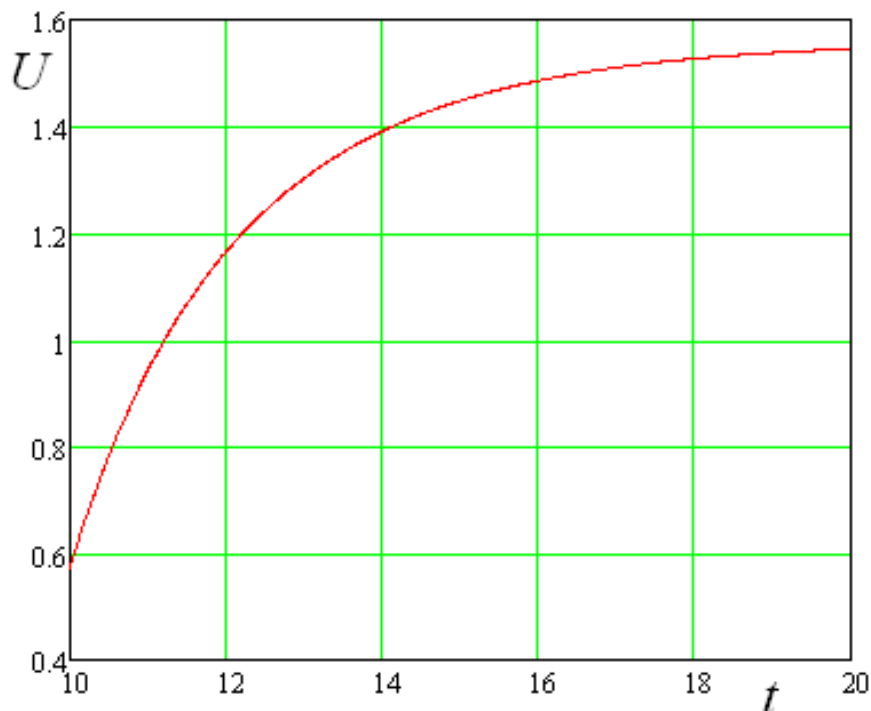


Рис.3.13. Зміна вмісту рідини на другому етапі

Третій етап. Певна кількість рідини накопичена в матеріалі. Концентрація рідини на зовнішній поверхні досягла критичного рівня U_{cr} . Зайва

рідина випаровується. Тоді гранична умова на верхній поверхні має вигляд $U_2=U_{cr}$. Рівняння (19) перепишеться у вигляді

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ U_{cr} + 1 - 2U_1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] + U_1(U_{cr} + 1 - 2U_1) \right\} = \frac{dU_1}{dt}. \quad (44)$$

Після приведення подібних доданків з однаковими степенями одержуємо

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ U_{cr} + 1 - 2U_1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] + U_1(U_{cr} + 1 - 2U_1) \right\} = \frac{dU_1}{dt}. \quad (45)$$

$$\frac{4D_0}{h^2} \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] - U_1 \cdot [\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2] - U_1^2 \cdot \beta \right\} = \frac{dU_1}{dt}. \quad (46)$$

Надалі процес схожий на попередній з другого етапу з різницею в визначенні коефіцієнтів. Зокрема означимо

$$b_0 = \frac{4D_0}{h^2} \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] \right\}, \quad (47)$$

$$b_1 = \frac{4D_0}{h^2} [\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2], \quad (48)$$

$$b_2 = \frac{4D_0}{h^2} \beta. \quad (49)$$

Тоді рівняння перепишеться у вигляді

$$b_0 - b_1 \cdot U_1 - b_2 \cdot U_1^2 = \frac{dU_1}{dt}. \quad (50)$$

Дане рівняння дозволяє розділення змінних

$$dt = \frac{dU_1}{b_0 - b_1 \cdot U_1 - b_2 \cdot U_1^2}. \quad (51)$$

Ліва частина має елементарний інтеграл $\int dt = t + C$.

Права частина має вигляд дрібно раціональної функції, інтеграл від якої також можливо взяти

$$I = \int \frac{dU_1}{b_0 - b_1 \cdot U_1 - b_2 \cdot U_1^2}. \quad (52)$$

Дискримінант знаменника

$$\Delta_b = b_1^2 + 4b_0 \cdot b_2.$$

$$\Delta_b = \frac{16D_0^2}{h^4} \left\{ [\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2]^2 + 4 \cdot \beta \cdot \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] \right\} \right\}. \quad (53)$$

При будь-яких значеннях дискримінант має додатне значення. Корні характеристичного рівняння можна виразити як

$$\mu_{1,2} = \frac{b_1 \pm \sqrt{\Delta_b}}{2 \cdot b_0} = \frac{\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2 \pm \sqrt{[\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2]^2 + 4 \cdot \beta \cdot \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] \right\}}}{2\beta}. \quad (54)$$

Тоді з врахуванням знака інтеграл переписується у вигляді

$$I = \int \frac{dU_1}{(U_1 - \mu_1)(U_1 + \mu_2)}. \quad (55)$$

$$\mu_1 = \frac{\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2 + \sqrt{[\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2]^2 + 4 \cdot \beta \cdot \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] \right\}}}{2\beta}, \quad (56)$$

$$\mu_2 = \frac{\sqrt{[\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2]^2 + 4 \cdot \beta \cdot \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] \right\}} - \beta \cdot (U_{cr} + 1) + 2}{2\beta}. \quad (57)$$

В свою чергу, підінтегральний вираз може бути переписаний у вигляді

$$\frac{1}{(U_1 - \mu_1)(U_1 + \mu_2)} = \frac{A_1}{U_1 - \mu_1} + \frac{B_1}{U_1 + \mu_2}. \quad (58)$$

Чисельники дробів визначаються з відомих умов [97]: $B_1 = -A_1$

$$A1 = \frac{1}{\mu1 + \mu2} = \frac{\sqrt{[\beta \cdot (U_{cr} + 1) - 2]^2 + 4 \cdot \beta \cdot \left\{ U_{cr} + 1 + \beta \left[\frac{(U_{cr} - 1)^2}{4} \right] \right\}}}{\beta}. \quad (59)$$

Інтеграл функції може бути розписаний, як

$$I = \int \left(\frac{A1}{U1 - \mu1} - \frac{A1}{U1 + \mu} \right) dU1 = A1 \cdot \ln(U1 - \mu1) - A1 \cdot \ln(U1 + \mu2) = \ln \left(\frac{U1 - \mu1}{U1 + \mu2} \right)^{A1}. \quad (60)$$

Рішення для третього етапу дуже схоже на рішення для другого

$$U1 = \frac{K1 \cdot e^{\frac{t}{A1}} \cdot \mu2 + \mu1}{1 - K1 \cdot e^{\frac{t}{A1}}}. \quad (61)$$

За рахунок різниці в коефіцієнтах розв'язок може бути принципово іншим.

Дійсно, для третього етапу графік має вигляд рис. 3.14.

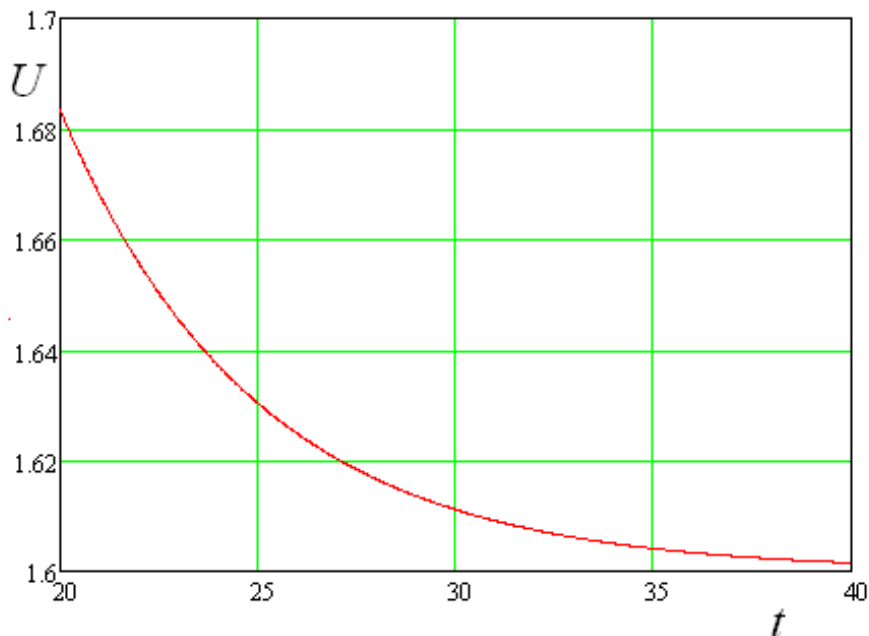


Рис.3.14. Зміна накопиченої рідини на третьому етапі

Суміщені графіки для трьох етапів дають зображення рис.3.15, рис.3.16.

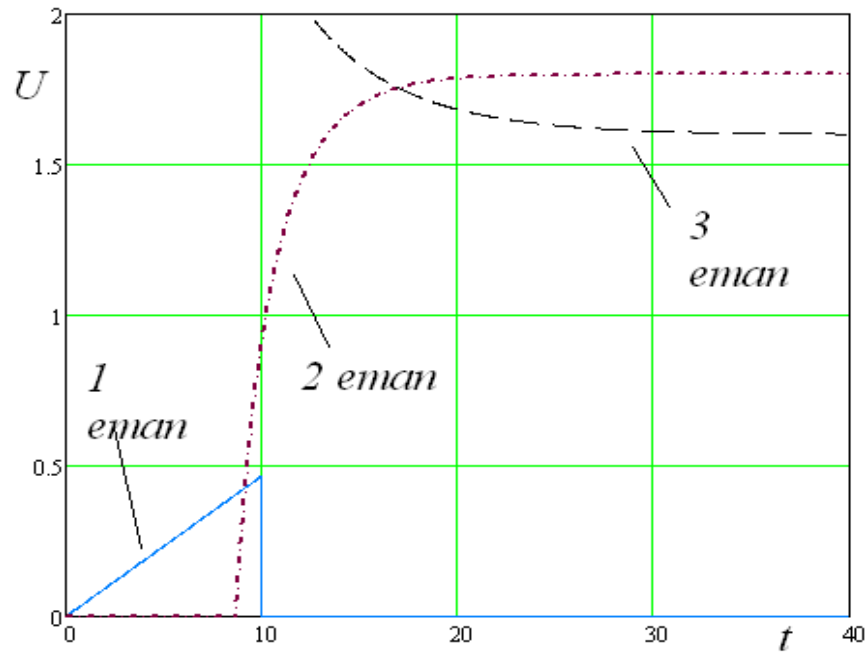


Рис.3.15. – Три етапи накопичення рідини в матеріалі

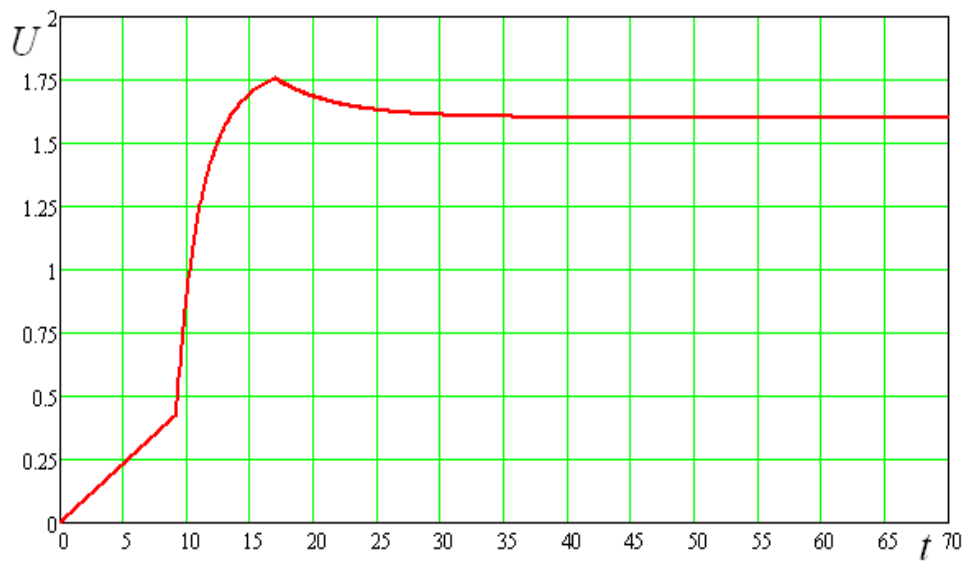


Рис.3.16 – Теоретична залежність накопичення рідини в матеріалі з врахуванням випаровування.

Графік досить яскраво демонструє дві характерні точки (рис.3.17). Перша точка – закінчення першого етапу, вміст рідини $U(I)$ для моменту часу $t(I)$, друга точка – закінчення другого етапу, $U(II)$ для моменту часу $t(II)$

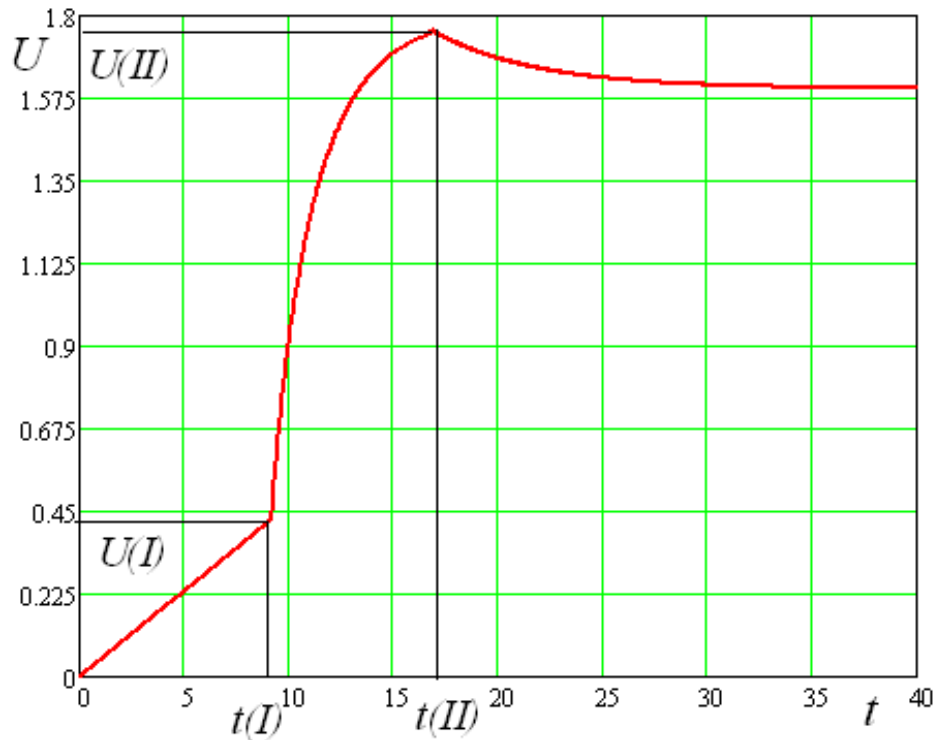


Рис.3.17. – Характерні точки на залежності накопичення рідини

Таким чином, вперше на основі розв'язання нелінійного рівняння дифузії зі спеціальними граничними умовами розв'язана задача накопичення рідини в текстильному матеріалі з урахуванням випаровування з вільної поверхні, що знижує загальну кількість рідини в матеріалі. Це дозволило виявити три етапи проходження рідини і обґрунтувати наявність максимального і сталого вмісту рідини в матеріалі.

Практичне значення методів, одержаних на основі математичного моделювання, складається в можливості визначення реальних показників проникнення рідини, а також концентрації початку випаровування, на базі чого визначаються параметри часу проникнення рідини крізь матеріал, початку випаровування, максимальний вміст рідини в матеріалі, а також реальний вміст рідини на сталому режимі, крім того підбираються параметри матеріалу і навколишнього середовища для забезпечення заданих значень даних параметрів.

Практичні задачі, які розв'язуються за допомогою наведених методів:

1. При наявності експериментальних залежностей (рис.3.7) можна у явному вигляді визначити: реальні показники дифузії D_0 , β , використовуючи дві умови для першого і другого етапів. Перша умова – залежність (18) при умові досягнення вмісту рідини $U(I)$ при $t = t(I)$, друга умова – залежність (41) з урахуванням (40, 32, 30,29) при умові досягнення вмісту рідини $U(II)$ при $t = t(II)$. Параметр U_{cr} – концентрація на верхній поверхні, при якій починається інтенсивне випаровування визначається з умови (61) з урахуванням (56, 57, 59).

2. Можна визначити час проникнення рідини крізь матеріал, коли він починає намокати з зовнішньої поверхні. Цей час визначається сумісним розв'язанням рівнянь (18) і (41) при умові: $D_0(1 + 1,5\beta) \cdot t(I) = \frac{h}{4}(3 \cdot U_1 + 1)$.

Наявність констант D_0 , β для різних матеріалів дозволяє підібрати матеріал з заданим часом початку намокання поверхні.

3. Час, що відповідає початку інтенсивного випаровування, можна знайти при сумісному врахуванні (41) і (61). При цьому можна підібрати умови, що визначають заданий час початку випаровування, задану концентрацію, при якій починається випаровування, максимальний вміст рідини в матеріалі.

4. Рівняння (61) дозволяє прогнозувати максимальний вміст рідини, реальний вміст рідини на сталому режимі, а також підбирати параметри матеріалу і навколишнього середовища для забезпечення заданих значень даних параметрів.

3.3. Визначення повітропроникності текстильних полотен спортивного комплексу

Порівняно з тканинами трикотаж має більшу кількість наскрізних пор, розмір яких також більший, що в значній мірі полегшує вентиляцію підодягового простору. Петельна структура і значна пористість трикотажу забезпечує високу повітро- та паропроникність трикотажних виробів.

Проведені визначення коефіцієнту повітропроникності засвідчили, що серед досліджених зразків трикотажних полотен для спортивного костюму найбільшу повітропроникність мають полотна фліс стрейч та футер-стрейч (зразки № 2,4). Наявність бавовняних футерних ниток, які перекривають наскрізні пори в зразках полотен №1 і №3, зумовлює відчутне зменшення значення коефіцієнту повітропроникності (Рис. 3.18).

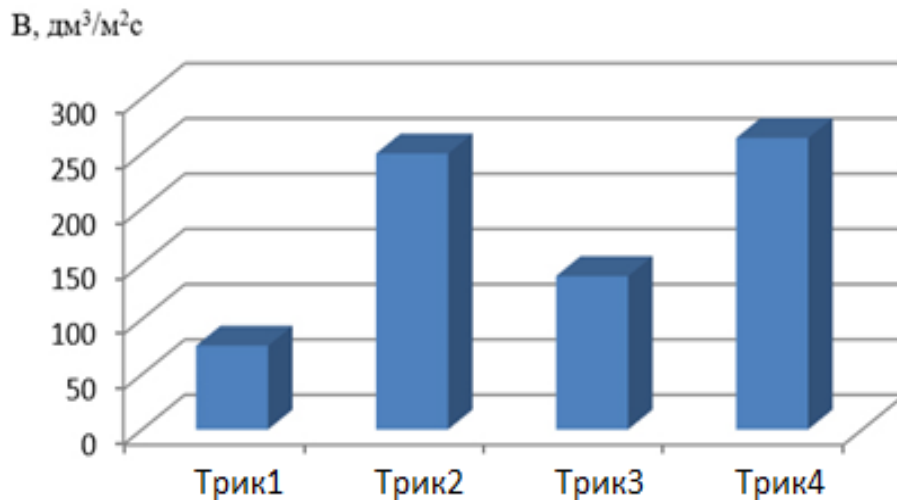


Рис. 3.18. Коефіцієнт повітропроникності трикотажних полотен спортивного костюму

Коефіцієнти повітропроникності визначались також для трикотажних полотен фуфайки з короткими рукавами, які складають перший шар спортивного комплекту (рис 3.19.). Враховуючи те, що найчастіше верх спортивного комплекту використовується як фуфайка, на яку одягається спортивна куртка, представлялось важливим визначити вплив складу таких двошарових пакетів (матеріал фуфайки + футерне трикотажне полотно спортивної куртки) на коефіцієнт повітропроникності. Отримані експериментальні дані наведені в таблиці 3.2.

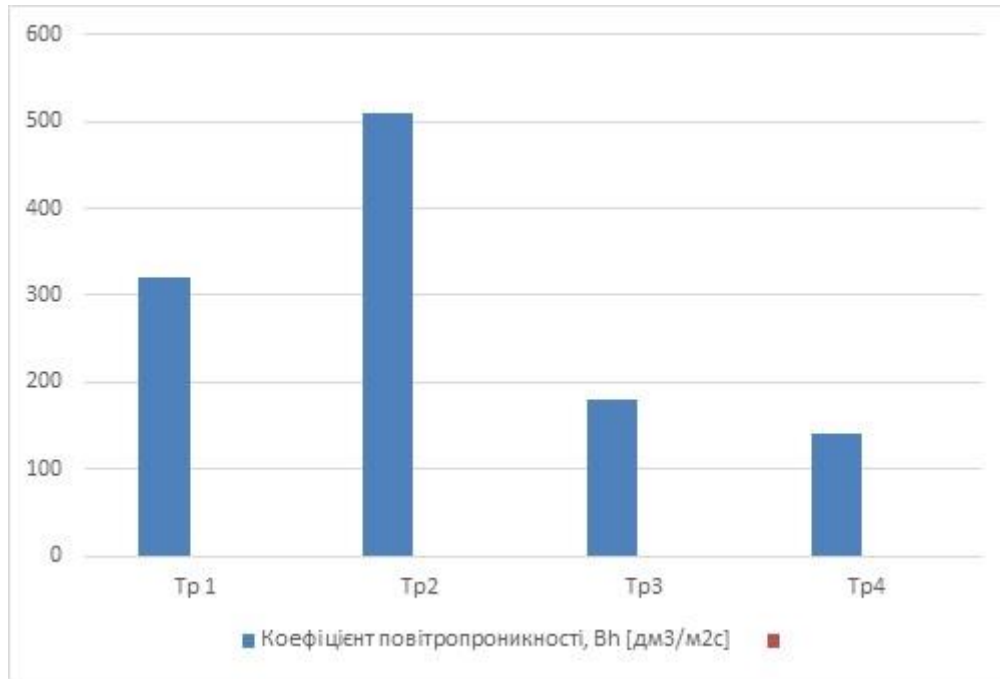


Рис. 3.19. Коефіцієнти повітропроникності трикотажних полотен фуфайки

Для досліджуваних полотен встановлено прямолінійну залежність показників повітропроникності і наскрізної пористості (Рис.3.20), яка розраховувалась з використанням вагового методу, коефіцієнт кореляції $R=0,96$.

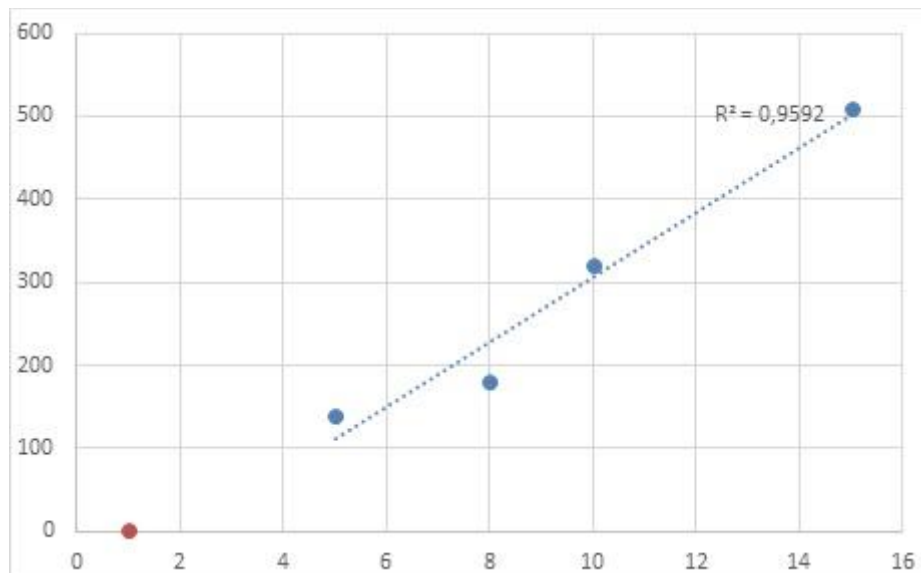


Рис. 3.20. Кореляційна залежність коефіцієнту повітропроникності з наскрізною пористістю трикотажних полотен фуфайки

Таблиця 3.2.

Коефіцієнти повітропроникності пакетів матеріалів для спортивного костюму

Номер пакета	Склад та умовне позначення пакету	Коефіцієнт повітропроникності, V_h [дм ³ /м ² с]	Номер пакета	Переплетення/ умовне позначення	Коефіцієнт повітропроникності, V_h [дм ³ /м ² с]
I	Трик1+ Трк1	63	IX	Трик3+ Трк1	100
II	Трик1+ Трк2	67	X	Трик3+ Трк2	112
III	Трик1+ Трк3	53	XI	Трик3+ Трк3	77
IV	Трик1+ Трк4	50	XII	Трик3+ Трк4	72
V	Трик2+ Трк1	143	XII	Трик4+ Трк1	160
VI	Трик2+ Трк2	167	XIV	Трик4+ Трк2	200
VII	Трик2+ Трк3	100	XV	Трик4+ Трк3	112
VIII	Трик2+ Трк4	91	XVI	Трик4+ Трк4	100

Оптимальним за властивостями можна вважати є пакет VI, який складається із матеріалів Трик2 та Трк2. Значення коефіцієнту повітропроникності ($V_h = 167 \text{ дм}^3/\text{м}^2\text{с}$) достатньо великі, щоб забезпечувати нормальну вентиляцію підодягового простору, і одночасно, не досягають величин, при яких зменшується теплозахисна функція пакету.

3.4. Дослідження вологотранспортних властивостей антипролежневих композиційних аплікаційних вкладок

Одну з найскладніших клінічних проблем, з якою стикаються знерухомлені внаслідок пошкодження спинного мозку пацієнти, є пролежні. Вони часто призводять до повторних госпіталізацій, численних операцій та потенційно руйнівних ускладнень, а також представляють значну вартість лікування для системи охорони здоров'я. Як допоміжний захід з метою зменшення виразок в місцях наявності пролежнів може бути розташування на натільних швейних виробах в ділянках контакту аплікаційних накладок лікувально-профілактичного призначення. Для цієї мети нами пропонується використовувати у вигляді аплікаційних серветок багат шарові композиційні текстильні матеріали з вуглецевими тканинами, які можуть закріплюватися на білизняних виробах, що безпосередньо контактують з тілом людини в місцях здавлювання при тривалому контакті з твердою поверхнею (інвалідним кріслом, ліжком, шиною і т.п.). Фіксація таких аплікаторів на внутрішній частині виробу може здійснюватися різними способами – розташуванням їх у спеціальних відкритих «карманах», з використанням тонких текстильних застібок велькро, за допомогою нанесення липкого шару та ін. Одним з важливих компонентів аплікаційної серветки є текстильна основа і від її правильного вибору залежатимуть властивості багат шарового матеріалу. У якості таких основ можуть використовуватися тканини, трикотаж, неткані полотна, останні з яких вважаються зараз найбільш перспективними. Неткані полотна легкі і зручні в експлуатації, приємні і м'які на дотик, характеризуються невисокою вартістю - на відміну від тканин і трикотажу, їх виготовлення не потребує складного оснащення.

Згідно сучасних поглядів на умови догляду за пролежневими виразками, аплікаційні матеріали повинні мати пролонговану здатність як до сорбції ексудату до повного вологонасичення, так і до десорбції – віддачі поглиненої вологи при висиханні. Метою даної частини роботи було проведення

порівняльного аналізу вологотранспортних властивостей антипролежневих сорбуючих лікувальних аплікаційних накладок, отриманих з використанням вуглецевої тканини медичного призначення, з'єднаної термодублюванням з голкопробивними нетканими полотнами різного сировинного складу. Характеристики структури цих матеріалів наведені в розділі 2. За результатами експертного опитування (розділ 2.3), одним з найбільш вагомих показників якості цих матеріалів є вологоємність. Збільшення значення цього показника означає збільшення сорбційної ємності накладок, що, в свою чергу, продовжує термін їх комфортного використання і зменшує необхідну кількість замінів.

Для встановлення впливу сировинного складу і структури дво- і трьохшарових композиційних матеріалів на їх здатність накопичувати і віддавати крапельно-рідку вологу нами було проведено визначення вологоємності за стандартизованою методикою шляхом занурення і витримання зразків у воді, кінетики вологопоглинання і вологовіддачі в процесі висушування. Як свідчать отримані дані (Табл. 3.3), всі розроблені композиційні матеріали мають високі водовбиральні властивості.

Дублювання вуглецевої тканини з нетканими полотнами призводить до збільшення вологоємності W для дво- і трьохшарових матеріалів. В найбільшому ступені це проявляється для композиційних полотен на базі нетканих матеріалів з використанням лляних волокон – значення W в двошарових пакетах збільшуються приблизно в 1,8 разів у порівнянні з вихідною вуглецевою тканиною.

Таблиця 3.3

Експериментальні дані по визначенню за стандартизованою методикою водопоглинання дво- і тришарових аплікаційних накладок

№ зразка	Умовне позначення	Сировинний склад	Водопоглинання, В _п , %	
			Композити двошарові	Композити тришарові
	ВТ	Вуглецева тканина	150	
1	НТЛЛ50	Вуглецева тканина + Льон – 50, ВПА – 30, ВПУ – 20	283	325
2	НТЛП70	Вуглецева тканина + Льон – 70, ВПЕ – 30	280	310
3	НТЛП50	Вуглецева тканина + Льон – 50, ВПЕ – 50,	181	220
4	НТБЛ50	Вуглецева тканина + Бавовна–50, ВПА – 30, ВПУ – 20	200	250
5	НТБП70	Вуглецева тканина + Бавовна-70, ВПЕ – 30	216	277
6	НТБП50	Вуглецева тканина + Бавовна-50, ВПЕ – 50	200	275

Приєднання ще одного шару нетканого полотна пропорційно збільшує вологоємність композиційних матеріалів і найвідчутніше це також проявляється для зразків № 4,5– значення W збільшуються більше, ніж вдвічі. Здатність отриманих композиційних матеріалів поглинати і випаровувати вологу у часі характеризувалася кривими кінетики водопоглинання та висихання. Для пакетів з використанням льняної сировини ці залежності наведені на Рис. 3.21, а, б.

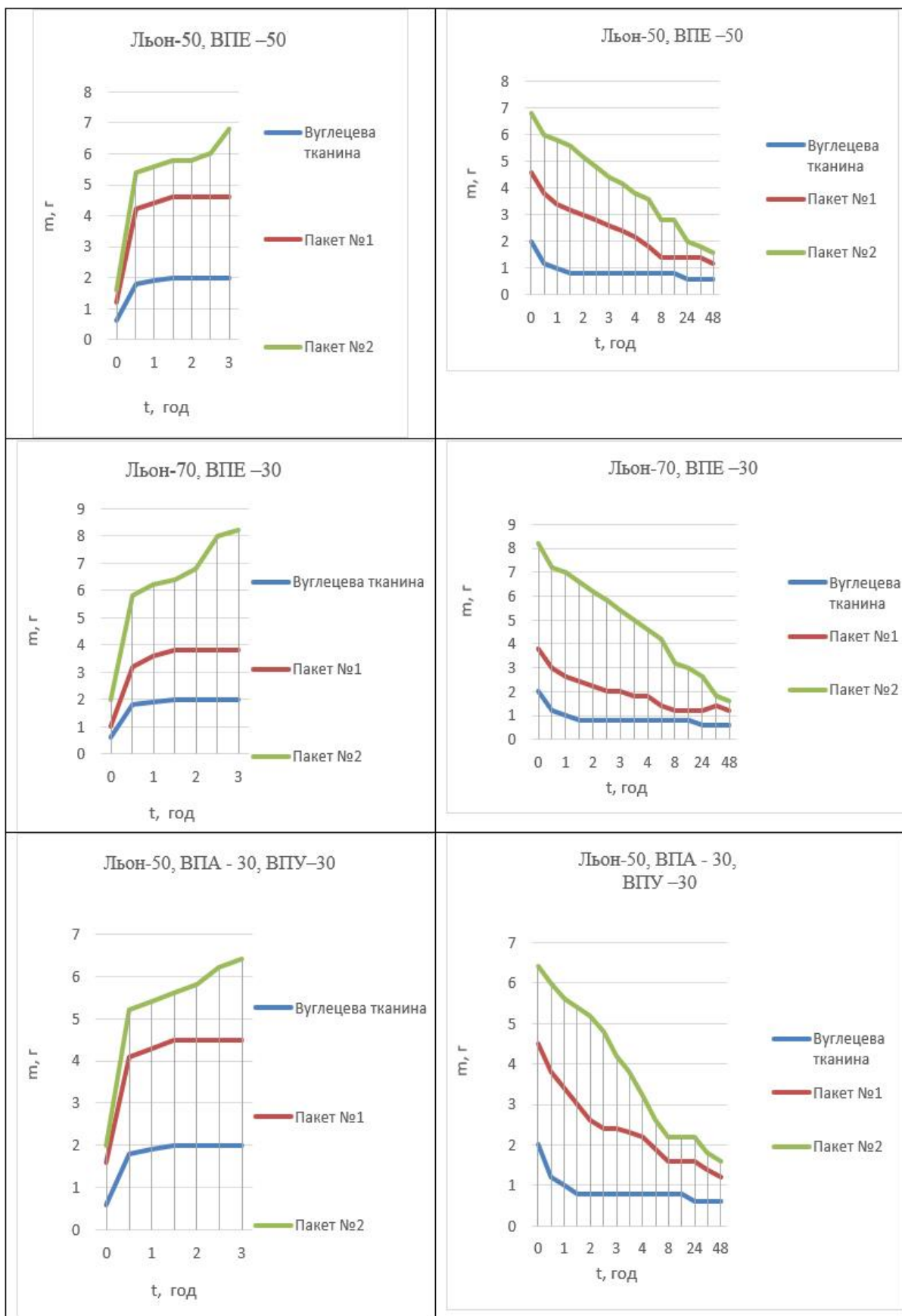


Рис. 3.21. Зміна маси зразків при водовбиранні (а) та висушуванні (б)

Однак, слід відзначити, що умови визначення показника водовбиральності за стандартизованою методикою відрізняються від реальних умов експлуатації композиційних накладок у виробках, коли матеріал поглинає рідину тільки однією своєю стороною. У науковій літературі описано вдалі конструкції приладів, за допомогою яких можна досліджувати кінетику капілярного водовбирання горизонтально розташованої проби (напр., [14 -16]), але ці прилади не отримали розповсюдження і існують тільки в лабораторіях, в яких були розроблені.

Для визначення поглинальної здатності композиційних накладок при односторонньому горизонтальному контакті з джерелом зволоження нами було використано розроблену раніше методику [17], згідно якої на розташовану в чашці Петрі підложку з мікрофібри, рівномірно зволоженої до повного насичення структури, розміщувався зразок досліджуваної тканини, розміри якого відповідали діаметру ємності. Зверху через тонкий шар скляної прокладки, накладався вантаж. Кількість води, що поглинається пробою матеріалу, фіксувалася у часі за допомогою аналітичних терезів через кожні 5 хвилин. Різниця мас сухого та зволоженого матеріалу для кожного кроку вимірювань дозволила визначити динамічні характеристики вологопоглинання досліджуваних зразків. Безпосередній контакт із зволоженою поверхнею підложки мав, як і в умовах експлуатації, перший шар - активована вуглецева тканина, а неткані голкопробивні основи виступали в ролі накопичувальних шарів. Розраховані значення водогопоглинання $V_{гк}$ для 6 зразків композиційних матеріалів, представлені в табл. 3.4., свідчать, що при горизонтальному контакті із джерелом зволоження найвищі значення вологопоглинання мають зразки № 5 та № 6, до складу яких входять бавовняні та поліефірні волокна. Такі дані відрізняється від значень W , отриманих стандартизованим методом при повному зануренні і витримуванні зразків у воді, що може бути пов'язаним із різним механізмом поглинання та переміщення крапельно – рідкої вологи по повздовжнім капілярам текстильних полотен.

Таблиця 3.4

Водопоглинання тришарових (вуглецева тканина + два шари нетканого полотна) аплікаційних накладок при горизонтальному контакті зі зволоженою поверхнею

№ п/п	Умовне позначення зразка (згідно табл.2.6).	Водопоглинання $V_{гк}$, %
1	НТЛЛ50(III)	210
2	НТЛП70(III)	242
3	НТЛП50(III)	230
4	НТБЛ50(III)	265
5	НТБП70(III)	377
6	НТБП50(III)	309

Кінетика водопоглинання тришарових композиційних накладок при горизонтальному змочуванні наведена на рис. 3.22.

Для композиційних текстильних полотен, отриманих термозеднанням шарів [18] встановлено, що визначальними для характеристики процесу переміщення води в їх структурі є не стільки гігроскопічні показники вихідних текстильних матеріалів, скільки їх здатність поглинати, віддавати, перерозподіляти та накопичувати воду. Капілярні процеси в текстильних матеріалах такого типу представляють собою сумарний ефект капілярного проникнення рідини в простір між волокнами і нитками (макрокапіляри). Тому на капілярність текстильних матеріалів істотно впливають структурні параметри ниток і матеріалів.

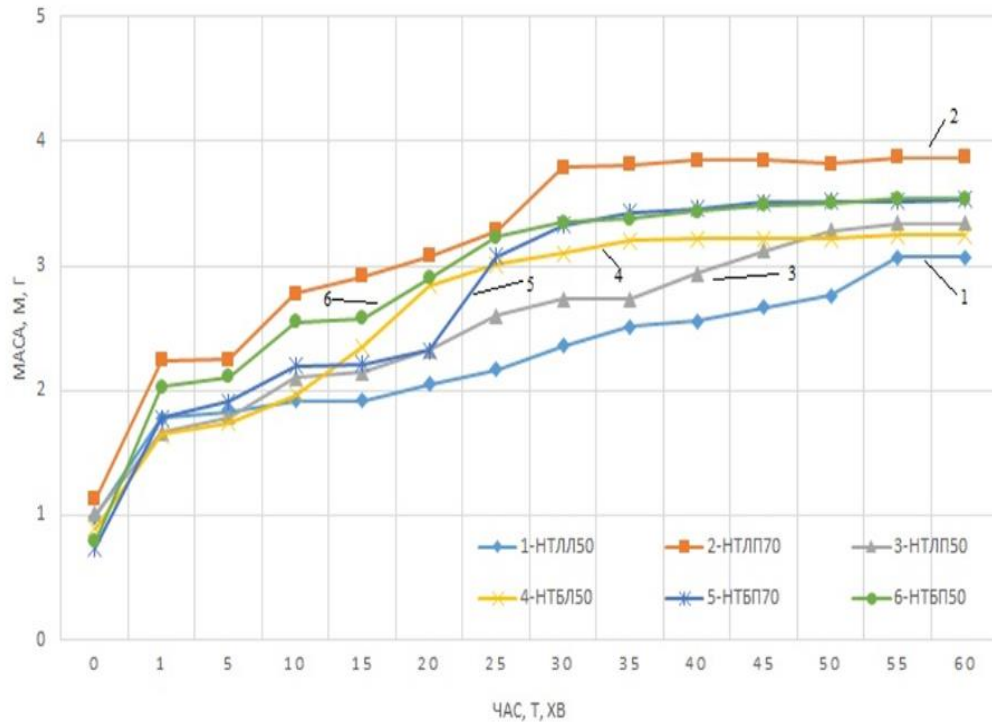
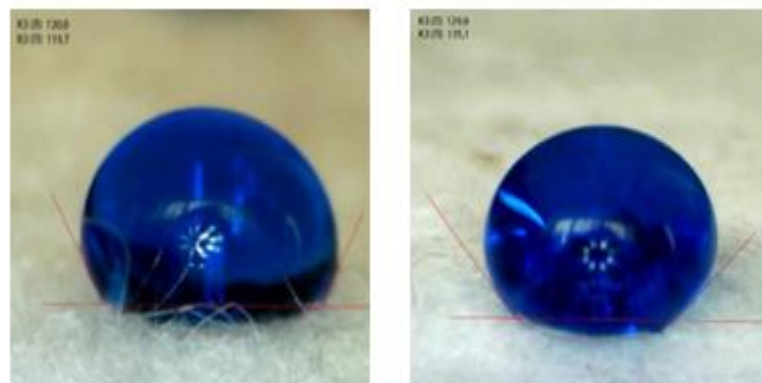


Рис. 3.22. Кінетика водопоглинання тришарових аплікаційних накладок при горизонтальному контакті зі зволоженою поверхнею

Процеси перенесення крапельно – рідкої вологи в текстильних матеріалах капілярно-пористої структури включають змочування, розтікання рідини по поверхні контакту і транспорт її в структуру матеріалу [5,19-21]. Крайовий кут змочування залежить від сил поверхневого натягу на поверхні розділу фаз. Лінія, по якій поверхня розділу газ-рідина стикається з поверхнею твердого тіла, називається периметром змочування. Розтікання краплі води по поверхні матеріалу припиниться при зрівноваженні сил поверхневого натягу. Метод лежачої краплі відноситься до статичних методів визначення поверхневого натягу. В основі методу - визначення параметрів профілю нерухомої краплі, що лежить на плоскій поверхні твердого тіла. Для цього краплю необхідно сфотографувати і по фотографії визначити необхідні для розрахунку крайового кута змочування її параметри. Найчастіше проєктують бічне зображення на екран краплі, нанесеної на поверхню твердого тіла, потім окреслюють на екрані контур краплі і через точку, в якій стикаються всі три фази, проводять дотичну до контуру краплі. По куту нахилу цієї дотичної

визначають крайовий кут. Для цієї мети існують прилади, які проектують краплі на спеціальний екран, що вже має вимірювальний пристрій. Раніше вимірювання проводилися за допомогою гоніометру - ручного приладу для вимірювання контактного кута, або мікроскопа. Сучасні технології дозволяють записати зображення краплі і отримати всі необхідні дані за допомогою програм. В області останніх досягнень таких розробок є прилад для вимірювання крайового кута змочування і вимірювання критичної поверхневої енергії, оснащений програмою обробки і обчислення необхідних розрахункових даних, що значно полегшує проведення експерименту.

Процес визначення крайового кута змочування методом лежачої краплі для розроблених композиційних матеріалів представлено на рис. 3.23.



а)

б)

Рис.3.23. Вимірювання крайового кута змочування поверхні зразків:

а - №4 НТБЛ50 (бавовна – 50%, ПА – 30 %, ПУ – 20%);

б - №1 НТЛЛ50 (льон – 50 %, ПА – 30 %, ПУ – 20%)

За допомогою високошвидкісної камери простежено динаміку поведінки краплі води на поверхні текстильного матеріалу. На рис. 3.24 показана динаміка вбирання краплі води в неткане полотно НПЛП70 (склад: бавовна - 70%, ПЕ – 30%), яке виявило найбільш гідрофільні властивості та мінімальний час вбирання краплі. Протягом 9 секунд крапля повністю ввібралась у поверхню матеріалу. Динаміка розтікання краплі води на досліджуваних тришарових композиційних покриттях у часі наведена в Табл. 3.5.

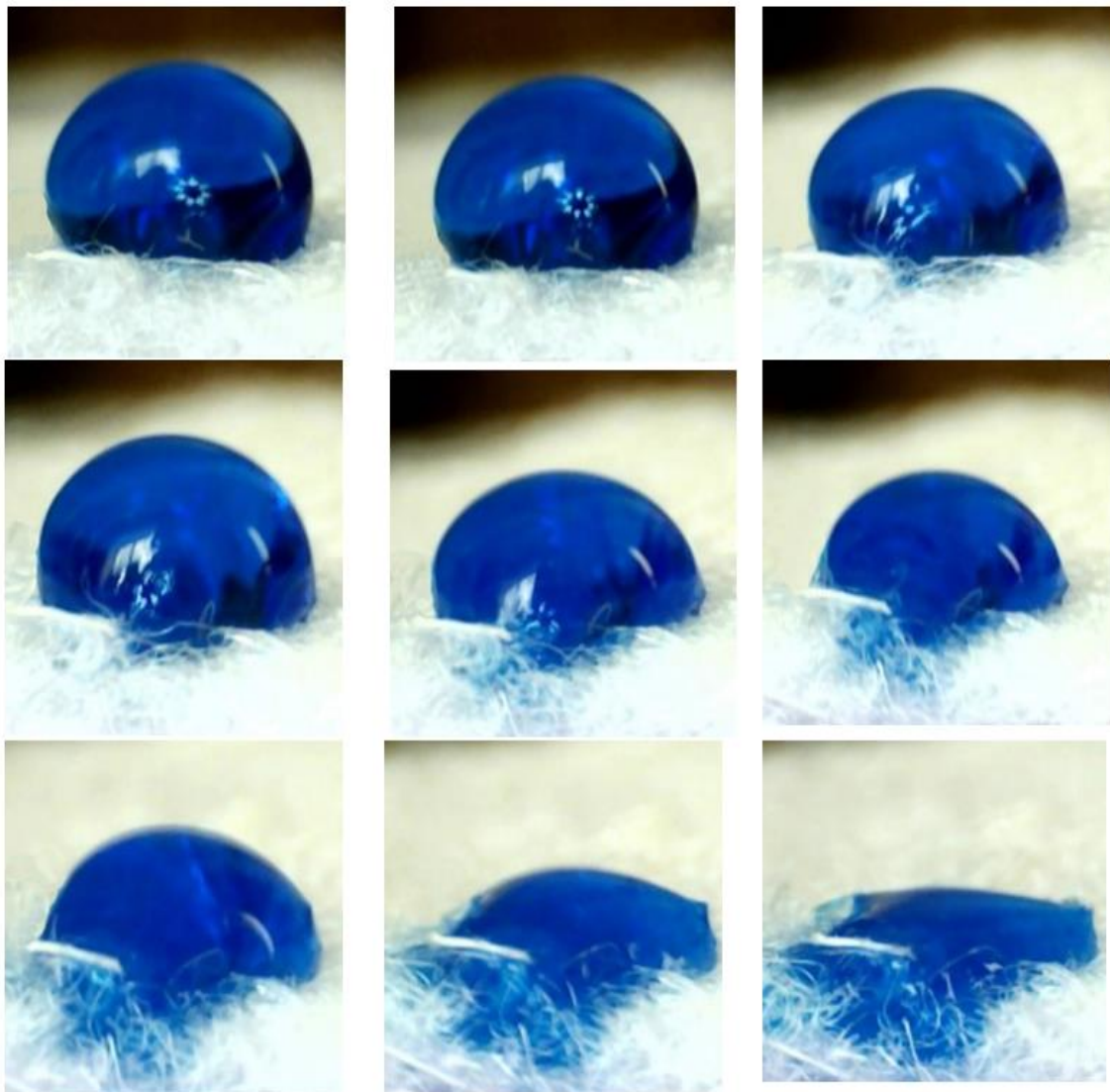




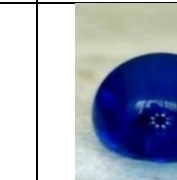














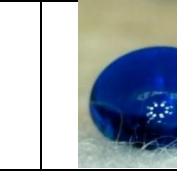
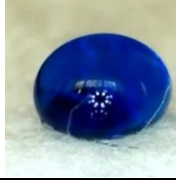
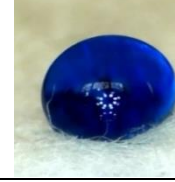



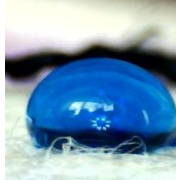


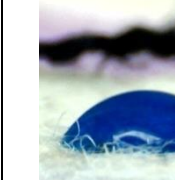
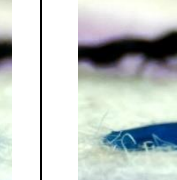


Рис 3.24. Динаміка процесу розтікання краплі води на нетканому матеріалі НПЛП70 протягом 9 секунд

Таблиця 3.5

Зміна форми краплі води у часі

№ п/п	Сировинний склад (умовне позначення)					
1	Льон – 50%, ВПА – 30 %, ВПУ – 20% (НТЛЛ50)					
	t, c	1	15	30	45	60
	Фото					
2	Льон – 70%, ВПЕ – 30% (НТЛП70)					
	t, c	1	5	7	8	9
	Фото					
3	Льон – 50%, ВПЕ – 50 % (НТЛП50)					
	t, c	1	7	12	17	22
	Фото					
4	Бавовна – 50%, ВПА – 30 %, ВПУ – 20% (НТЛЛ50)					
	t, c	1	15	30	45	60
	Фото					
5	Бавовна – 70%, ВПЕ – 30% (НТБП70)					
	t, c	1	15	30	45	60
	Фото					
6	Бавовна – 50%, ВПЕ – 50% (НТБП50)					
	t, c	1	50	53	55	56
	Фото					

Отримані дані свідчать про те, що розтікання та швидкість вбирання краплі на поверхні нетканих полотен різного складу проходять по-різному. Зразки НТЛП50 та НТБП 50 повністю вбирають краплю протягом 22 та 56 секунд, відповідно. Для інших полотен цей процес значно уповільнено в часі - краплі води тривалий час (до трьох годин) утримуються на поверхні, практично не вбираючись в пористу структуру полотна, а сферична форма крапель в рівноважному стані, зберігається аж до випаровування, свідчить про гідрофобність і повне незмочування поверхні нетканих полотен.

Результати вимірювання у часі кута змочування на поверхнях на поверхнях зразків до повного її проникнення зображено у вигляді графіків на рис. 3.25., 3.26. та в таблиці 3.4.

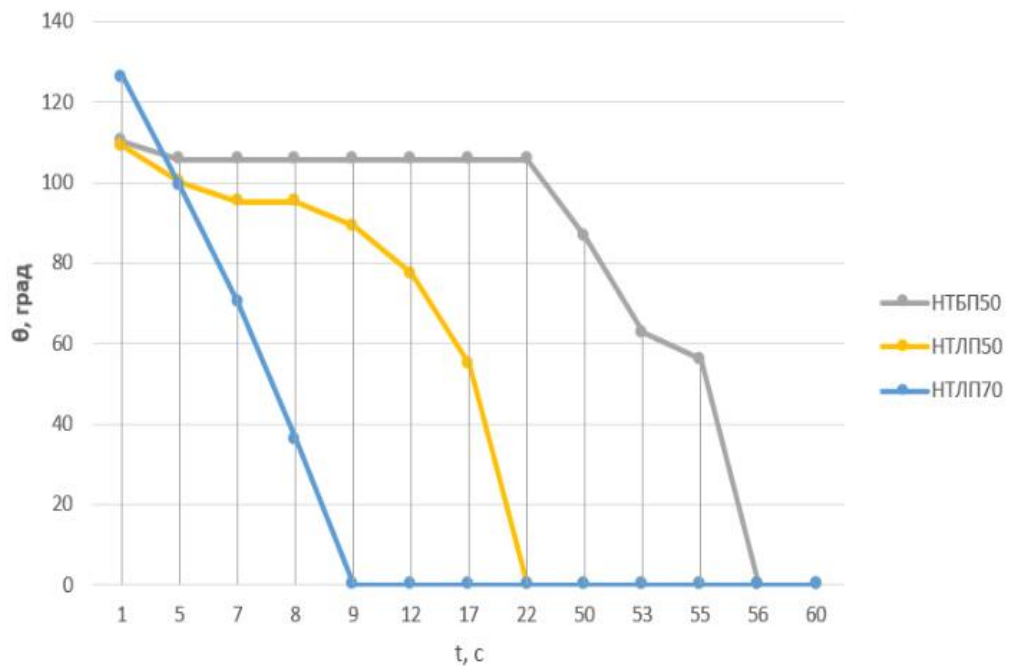


Рис.3.25. Результати вимірювання у часі кута змочування на поверхнях зразків тришарових аплікаційних накладок НТБП50, НТЛП50, НТЛП70

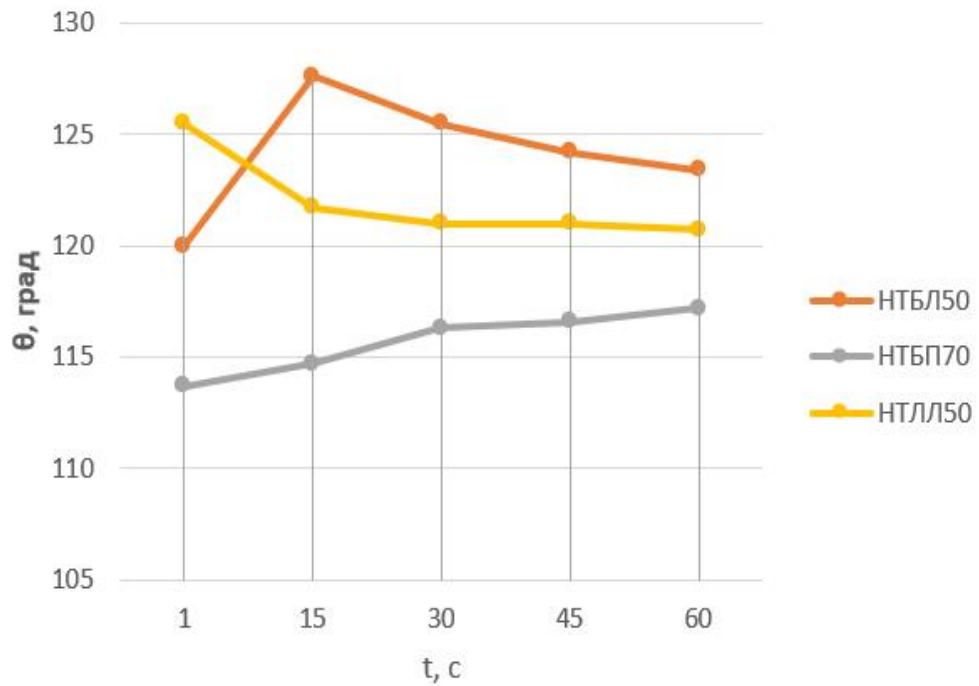


Рис. 3.26. Результати вимірювання у часі кута змочування на поверхнях зразків тришарових аплікаційних накладок НТБЛ50, НТП70, НТЛЛ50

Таблиця 3.6.

Значення крайового кута змочування тришарових аплікаційних накладок

№ п/п	Умовне позначення зразка	Сировинний склад випробовуваних зразків	Крайовий кут змочування (θ), град.
1	НТЛЛ50	Льон – 50%, ВПА – 30 %, ВПУ – 20%	121
2	НТЛП70	Льон – 70%, ВПЕ – 30%	39
3	НТЛП50	Льон – 50%, ВПЕ – 50%	42
4	НТБЛ50	Бавовна – 50%, ВПА – 30 %, ВПУ – 20%	123
5	НТБП70	Бавовна – 70%, ВПЕ – 30%	117
6	НТБП50	Бавовна – 50%, ВПЕ – 50%	51

3.5. Визначення методом краплі капілярності у горизонтальному напрямку





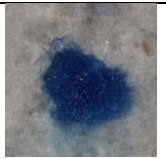

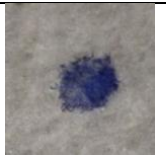

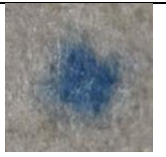

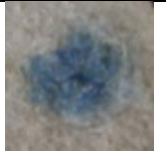

Крім показника крайового кута змочування змочуваність текстильних матеріалів характеризується також часом розтікання краплі води по поверхні матеріалу. Здатність до перенесення крапельно – рідкої вологи порами при зволоженні у горизонтальному положенні для досліджуваних зразків різного поєднання сировинного складу значно відрізняється. Для визначення розтікання води на поверхні матеріалів існує тестовий метод відповідно до стандарту ASTM D7024 [22]. Цей метод випробування фокусується на транспортуванні крапельно – рідкої вологи в горизонтальному положенні. Тестовий метод може бути застосовний у оцінці якості текстильних матеріалів, які контактують з рідкою вологою (наприклад, потовиділення на поверхні шкіри людини). Методика проведення полягає у нанесенні 1 мл води і вимірюванні максимального діаметру розтікання через 1 хвилину на зразках полотен, попередньо витриманих при нормальних умовах, розкладених на рівній гладкій горизонтальній поверхні без натягу.

На основі аналізу даних широкого експерименту висловлено припущення [18], що величина та форма площі розтікання води по поверхні матеріалу дає змогу безпосередньо судити про рівень їх капілярності в різних напрямках. що при значній площі розтікання краплі по поверхні текстильного полотна у останнього превалює перерозподіляюча здатність; середні значення площі розтікання вказують на перевагу вбиральних властивостей; малі значення – на здатність полотен переносити воду через товщу текстильних матеріалів (транспортувальні властивості); відсутність розтікання – на водовідштовхувальні властивості полотен. Розтікання відбувається до тих пір, поки рідина не покриє всю поверхню, або поки шар рідини не стане мономолекулярним. Час розтікання краплі по поверхні матеріалу визначається за допомогою секундоміра і відраховується від попадання краплі на поверхню матеріалу до її повного вбирання матеріалом. Умовний діаметр розтікання краплі, d , мм визначався визначенням середнього арифметичного з найбільших

горизонтального та вертикального діаметрів. Отримані експериментальні дані наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Розтікання краплі при зволоженні у горизонтальному положенні

№ п/п	Умовне позначення тришарових зразків	Фото зразка	Форма розтікання краплі	Діаметр розтікання краплі, d, мм	Площа розтікання краплі, S, мм ²	Час розтікання краплі по поверхні, τ, с
1	НТБЛ50			6,5	33,2	>10000
2	НТБП70			7,0	38,5	>10000
3	НТБП50			6,5	33,2	56
4	НТЛЛ50			5,0	19,6	>10000
5	НТЛП70			6,0	28,3	9
6	НТЛП50			8,0	50,3	22

Врахування геометрії проолежневих виразок надає можливість прогнозування геометрію аплікаційної накладки, що підвищує зручність їх використання, скорочує час підбору найбільш ефективних розмірів. Розповсюдження рідини у вигляді руху по товщині або площині матеріалів медичного призначення розглядалися [5] в одно- або двовимірній постановці. В реальній же практиці медичні текстильні вироби представляють складні багат шарові і багатовимірні конструкції, поперечні розміри яких можуть не дуже відхилятися від їх повздовжніх розмірів, що передбачає використання багатовимірних моделей.

Висновки по розділу 3

- Проведено експериментальне визначення та здійснено порівняльний аналіз комплексу гігієнічних властивостей текстильних матеріалів спортивного комплексу для людей з пошкодженнями хребта. Визначено вплив особливостей структури і сировинного складу на сорбційні та десорбційні властивості досліджуваних матеріалів, встановлено кінетику їх вологопоглинання та висушування.
- Отримані дані щодо гігієнічних властивостей надали підставу обґрунтовано підійти до вибору трикотажних полотен для різних деталей, шарів і функціональних вставок розробленого універсального спортивного костюму.
- Вперше на основі розв'язання нелінійного рівняння дифузії зі спеціальними граничними умовами розв'язана задача накопичення рідини в текстильному матеріалі з врахуванням випаровування з вільної поверхні, що дозволило виявити три етапи проходження рідини і обґрунтувати наявність максимального і сталого вмісту рідини в матеріалі.
- З використанням методів математичного моделювання показана можливість визначення реальних показників проникнення рідини, початку її випаровування, максимального вмісту рідини в матеріалі на сталому режимі, а також підбору характеристик структури матеріалу в умовах оточуючого середовища для забезпечення заданих значень даних параметрів.
- Розроблено новий асортимент аплікаційних текстильних композиційних матеріалів з регульованими вологотранспортними властивостями для використання в якості вкладок в місцях контакту з пролежневими виразками у виробі першого (білизняного) шару спортивного комплексу.
- Проведені дослідження впливу сировинного складу і структури нетканих основ аплікаційних композитів з вуглецевою тканиною на особливості вологопоглинання та висихання засвідчили можливість спрямованого регулювання цих процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Сулейманова, Г.В. Зиятдинова А.И. Инновационные технологии в производстве изделий легкой промышленности для активного отдыха. *Вестник Казанского технологического университета*. 2012. №15. С. 159-160.
2. Kanakaraj P., Ramachandran R. Active knit fabrics - functional needs of sportswear application. *Journal of textile and apparel, technology and management*. 2015. V.9. № 2. P.1-10.
3. Рябчиков М. Л. Денисенко М. В. Визначення зміни концентрації вологи в шарі матеріалу спецодягу. *Вісник Національного технічного університету "ХПИ"*. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2014. № 40. С. 108-114.
4. Shchutska A.V. Some fundamental problems of heat-mass-transfer through the thin materials. *International journal of composite materials*. 2014. № 4 (5A). P. 35–40.
5. Г.В. Щуцька, Н.П. Супрун Особливості розробки виробів медичного призначення з заданими вологотрансферними властивостями. Монографія. Київ. КНУТД. 2018. 251 С.
6. Рябчиков М. Л. Моделювання реального процесу проходженні рідини крізь матеріали. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2015. № 46. С. 51-55.
7. Riabchykov M., Vlasenko V., Arabuli S. Linear mathematical model of water uptake perpendicular to fabric plane. *Vlakna a Textil*. 2011 Vol.18. N2. P.24-30.
8. Щуцька Г.В. Метод прогнозування проникнення рідини крізь пористі матеріали. *Східноєвропейський журнал передових технологій: Матеріалознавство*. 2015. Т. 3. № 11 (75). С. 19–23.

9. Schutskaya G. Suprun N. Discrete two-dimensional model of moisture spreading in textile materials. *Fibres and textiles Vlákna a textil. Textile Technologies*. 2015. Vol. 34. P. 12-17.
10. Schutskaya G. Suprun N. Discrete three-dimensional model of moisture spreading in textile materials. *Fibres and textiles Vlákna a textil. Textile Technologies*. 2016. Vol. 23. № 2. P. 15-22.
11. Супрун Н.П. Щуцька Г.В., Ващенко Ю.О. Теоретичне обґрунтування та моделювання процесів нестационарного розповсюдження рідини в анізотропних текстильних матеріалах. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Серія «Технічні науки». 2015. № 1 (82). С. 150-156.
12. Щуцька Г.В. Супрун Н.П. Аналіз трансферу рідини в багатошарових перев'язочних засобах. *Вісник Хмельницького національного університету*. Серія «Технічні науки». 2016. № 6 (243). С.117-121.
13. Вища математика : базовий підручник для вузів / під ред. В. С. Пономаренка. Харків: Фоліс. 2014. 669 с.
14. Перепелкин К.Е., Браславский В.А. Особенности капиллярного впитывания жидкости текстильными полотнами. *Текстильная промышленность*. 1992. №12. С.53–54.
15. Привала В.О., Мичко А.А., Михайлова Н.В. Новий прилад визначення капілярності волокнистих матеріалів. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2005. Т.1, Ч.1. С.65–66.
16. Браславский В.А. Капиллярные процессы в текстильных материалах.– М.: Легпромбытиздат, 1987.– 112с.
17. Іванов І.О., Супрун Н.П., Ващенко Ю.О. Дослідження гігієнічних властивостей матеріалів натільної лікарняної білизни. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. Технічні науки. 2019. №6 (140). С.39-47.

18. Ковтун С. І. Розробка та дослідження текстильних композиційних матеріалів для виробів медичного призначення : дис. ... канд техн. наук: 05.02.01 Київ, КНУТД. 2007. 236 с.
19. Das B, Das A, Kothari VK, Fanguiero R., Mario Araújo. Moisture transmission through textiles. Part I: Processes involved in moisture transmission and the factors at play. *Autex Res Journal*. V.7. №2. (2007) 100-110.
20. Barnes J C & Holcombe B V, Moisture Sorption and Transport in Clothing During Wea. *Text Res Journal*. V.66. N12. (1996) P. 777 – 786.
21. Бузов Б. А. Алыменкова Н. Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейного производства) : учебник для студ. высш. учеб. заведений, 3-е изд. Москва : Издательский центр «Академия», 2008. 448 с.
22. ASTM D7024-04, Standard Test Method for Steady State and Dynamic Thermal Performance of Textile Materials (Withdrawn 2013), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004, www.astm.org

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКТУ ДЛЯ ЛЮДЕЙ З ПОШКОДЖЕННЯМИ ХРЕБТА

За результатами опитування щодо вимог потенційних споживачів до спортивного костюму до важливих показників якості віднесено забезпечення зручності при виконанні різноманітних рухів та збереження цієї властивості упродовж всього терміну використання. В процесі експлуатації спортивний одяг для людей, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, відчуває різноманітні впливи від тіла людини, оточуючого середовища і деталей інвалідного візка (багаторазове розтягнення, вплив вологи і тепла та ін.), які, в силу їх різної інтенсивності на окремих ділянках, необоротно змінюють форму поверхні одягу, призводять до втрати зовнішнього вигляду та погіршення запроєктованих властивостей. Зазвичай матеріали деформуються в результаті впливу зусиль, величини яких значно менше розривних. При експлуатації спортивних трикотажних виробів напруження при розтягуванні становить близько 0,65-4,0 кПа [1].

Фізико-механічні дослідження, які поширені в матеріалознавстві при визначенні властивостей матеріалів і виробів, проводять при різних видах деформацій, параметрах досліджень, умов підготовки зразків та інших чинниках. Одним із основних критеріїв придатності матеріалів для виготовлення виробів конкретного призначення є їх поведінка при розтягуванні, яка оцінюється на основі значень напівциклових розривних характеристик, а також аналізу характеру залежності “навантаження – деформація”. Особливість текстильних матеріалів – яскраво виражені релаксаційні властивості. Вивчення одержуваних релаксаційних характеристик при випробуваннях механічних властивостей трикотажних полотен становить великий інтерес, оскільки їх результати можуть використовуватися при конструюванні деталей одягу, його виготовленні, розробці нових матеріалів з поліпшеними властивостями. Вагомим чинником, який визначає якість,

конкурентоспроможність виробів, а також їх відповідність вимогам надійності, є формостабільність - тривале збереження певного постійного стану або рівня форми виробу та його деталей в процесі експлуатації. На формостабільність впливають деформаційні властивості матеріалів та кінетика їх зміни в процесі виготовлення та експлуатації виробів. Найчастіше при аналізі процесів повзучості і релаксації напружень використовується метод одновісного розтягування, який, у порівнянні з двовісним або просторовим, є доволі простим, не потребує довгої попередньої підготовки та складного обладнання і при цьому забезпечує точність, надійність та досить високу відтворюваність результатів досліджень.

4.1. Визначення повної деформації розтягування та її складових частин

В процесі експлуатації спортивного костюму для осіб, що пересуваються за допомогою інвалідного візка, важливе значення має зміна довжинних і широтних розмірів виробу при тривалій дії на неї навантаження, що має величину, істотно меншу за розривну. Саме тому одним з найбільш вагомих показників якості матеріалів для виробів даного асортименту, згідно даних експертного опитування, є повна деформація розтягування при навантаженнях, менших за розривальне, і співвідношення часток оборотної та необоротної деформації.

Релаксація – процес поступового переходу будь якої термодинамічної системи із нерівноважного стану, який викликано зовнішніми впливами, в стан термодинамічної рівноваги, яка встановлюється в матеріалі за рахунок безперервних перегруповань структурних елементів під дією теплового руху. Релаксаційні характеристики залежать від хімічного складу, мікро- та макробудови матеріалу [2, 3]. При розтягуванні виробу під дією навантаження виникають порушення зовнішніх і внутрішніх зв'язків, що приводить до його деформації, причому значна деформація матеріалу відбувається в початковий

період навантаження, а потім вона поступово затухає і припиняється і встановлюється рівноважний стан.

Під час експлуатації на спортивний костюм впливають як внутрішні (анатомічні зони людини), так і зовнішні чинники, які залежать від напрямку прикладання навантаження. Величина і розподіл деформації розтягування текстильних матеріалів на ділянках одягу залежать не тільки від відповідності розміру одягу розмірам тіла людини, її фізичного розвитку, але й від особливостей умов експлуатації. Розтяжність матеріалів враховується при проектуванні виробів з них. Зі збільшенням конструктивної прибавки до обхвату грудей знижується інтенсивність деформації розтягування, наближаючись до певного рівня, але одночасно збільшується деформація згинання, що призводить до утворення поздовжніх складок пакету одягу. При виготовленні щільно облягаючих виробів з матеріалів с високою розтяжністю деталі викроюються меншого розміру, ніж з матеріалів з меншою розтяжністю. При цьому дотримується вимога збереження умов для нормального кровообігу та інших фізіологічних процесів в організмі людини. Гранично допустима величина тиску на тіло людини не повинна перевищувати 1330-2000 Па, на ділянці щільного облягання тиск на тіло прямо пропорційний напруженню (σ), що виникає в полотні при розтягуванні в поперечному напрямку, і обернено пропорційний радіусу кривизни (R) контуру поперечного перерізу виробу. Таким чином, при рівному навантаженні тиск на тіло полотен, що мають різну розтяжність є різним.

Як засвідчили результати проведеного опитування (Розділ 2), пересування в інвалідному візку механічного типу відбувається за допомогою приведення в рух обода коліс, що зумовлює специфічний характер дій корпусом і руками. Плечовий суглоб, як найбільш мобільний, має три ступені свободи (Рис.4.1), що дозволяє рукам здійснювати рухи в трьох площинах в просторі і по відношенню до трьох основних осей: - 1- поперечної, що лежить у фронтальній площині і контролює рухи згинання та розгинання, здійснювані в сагітальній площині; 2 - передньо-задньої, що лежить в сагітальній площині і

контролює рухи відведення (рух верхньої кінцівки у напрямку від тулуба) і приведення (рух верхньої кінцівки у напрямку до тулуба), які реалізуються у фронтальній площині; 3- вертикальної, що проходить через перетин сагітальної та фронтальної площин і контролює рухи згинання та розгинання, що відбуваються в горизонтальній площині, коли плече відведено на 90° .

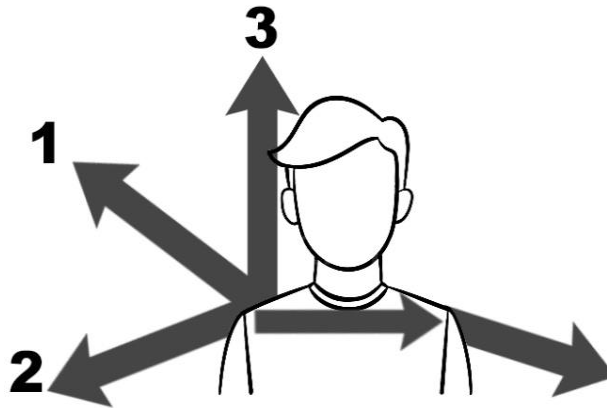


Рис. 4.1. Ступені свободи біомеханіки рухів тіла людини

Розтягування елементів одягу під час руху становить в області плечей 13-16%, в області колін і ліктів - 35-45%, в області стегон - 25-30% [4], що треба враховувати при проектуванні спортивного костюму з трикотажних полотен і визначенні величин прибавок на різних ділянках виробу.

Як відомо [2,3], повна деформація розтягування матеріалів l_n складається з трьох компонентів: швидкооборотної (умовно-пружної), повільнооборотної (умовно-високоеластичної) і залишкової (умовно-пластичної): $l_n = l_{шо} + l_{по} + l_{зал}$. Швидкооборотна (умовно-пружна) деформація – результат незначної зміни зовнішніх зв’язків, що визначається силами тертя і зчеплення між волокнами, є характеристикою прояву міжмолекулярних зв’язків, після зняття навантаження вона миттєво зникає. Повільнооборотна (умовно-високоеластична) деформація – результат перегрупування структурних елементів у матеріалі, розгортання та орієнтації елементарних структур у напрямку дії навантаження. Зв’язки, які з’явилися у перший момент розвитку пружної частини деформації, по мірі дії зовнішніх зусиль продовжують накопичувати енергію. Цей процес призводить до виникнення внутрішніх напружень, що сприяють зворотності

високоеластичної частини деформації. Залишкова (умовно-пластична) деформація з'являється у матеріалі внаслідок незворотного порушення зовнішніх і внутрішніх зв'язків під дією навантаження. Особливо яскраво проявляються релаксаційні процеси в трикотажних полотнах [5 - 9].

Закономірності зміни деформаційно-напруженого стану трикотажних полотен при зусиллі, менше розривного, визначались при проведенні одноциклових випробувань в циклі «навантаження – розвантаження – відпочинок»: на релаксометрі «Стійка» при навантаженні 30Н (для футерованих полотен, зразки № 1-4), навантаженні 6 Н на релаксометрі «Стійка» і такому навантаженні (6Н) на приладі ПР-2 для полотен фуфайки ТР1-ТР6.

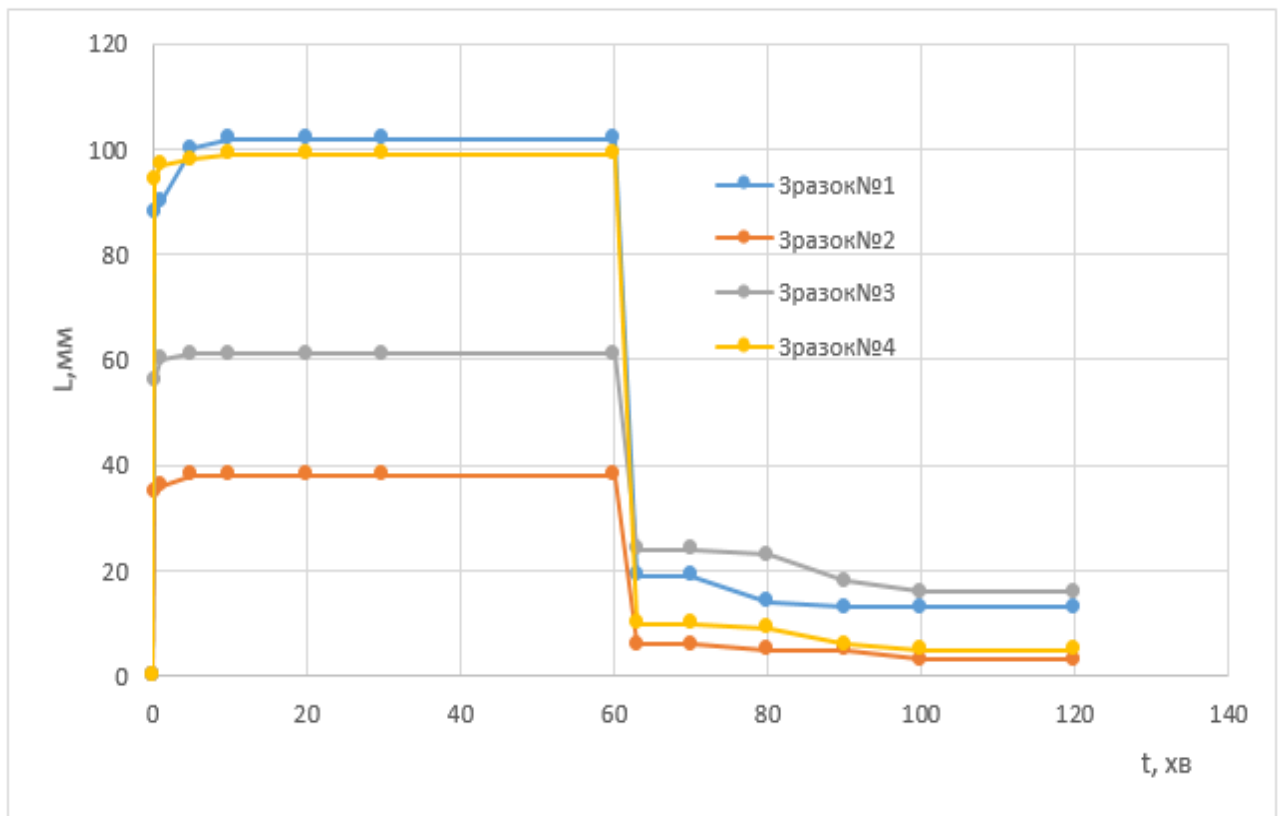


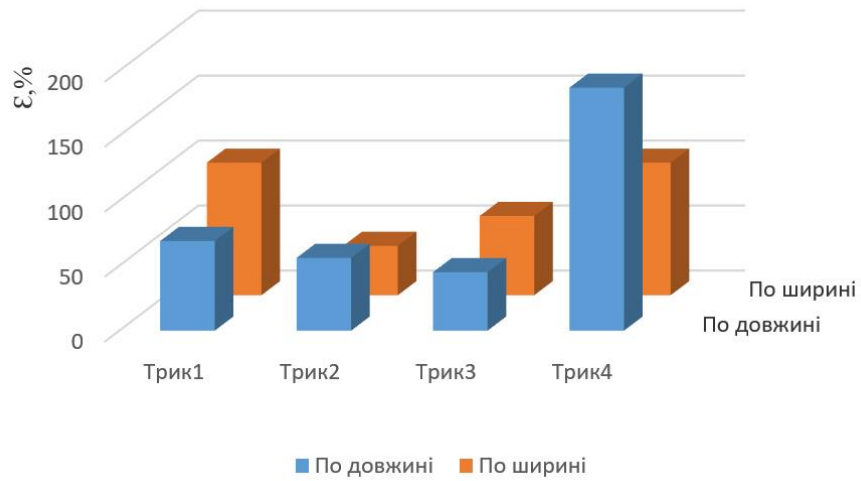
Рис. 4. 2. Криві релаксації досліджуваних полотен (по ширині) спортивного костюму упродовж циклу «навантаження розвантаження-відпочинок»

Отримані дані представлені в таблиці 4.1 та рис. 4.2., 4.3 (для футерованих полотен) та в таблиці 4.2. і рис. 4.4 (для трикотажу фуфайки)

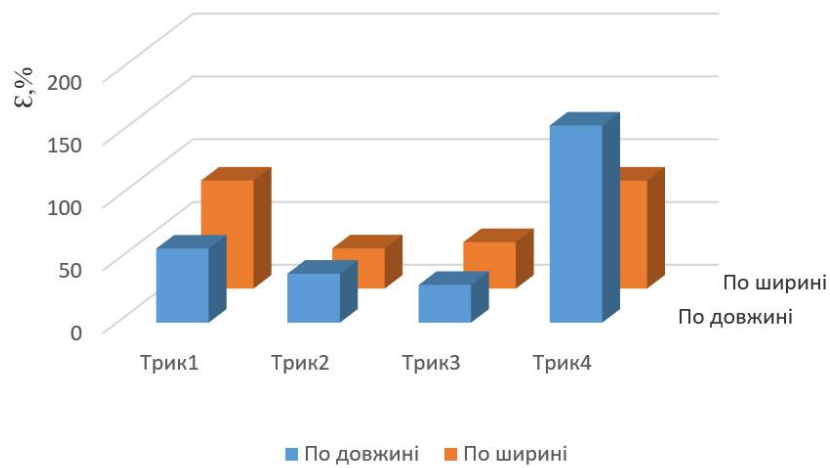
Таблиця 4.1

Значення повної деформації та її складових частин трикотажних полотен спортивного костюму

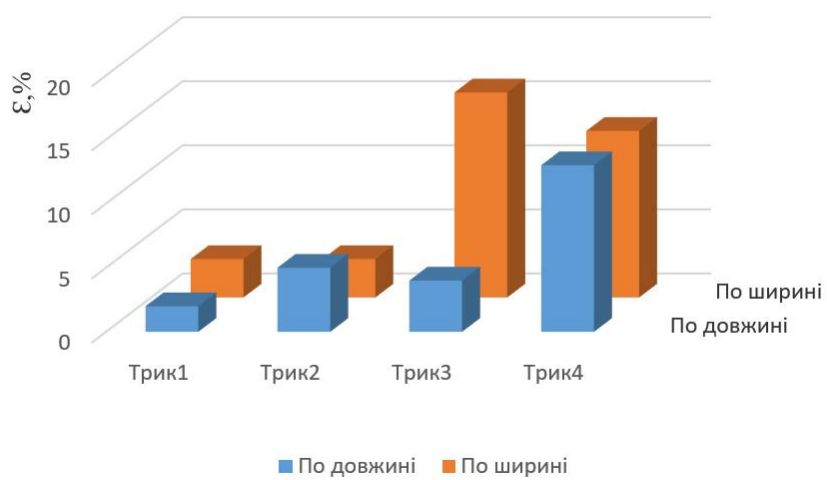
№ п.п.	Релаксометр «Стойка»													
	Еп, %		Ешо, %		Епо, %		Ез, %		ΔЕш.зв		ΔЕп.зв.		ΔЕзал.	
	По довжи ні	По шир ині	По довжи ні	По шир ині	По довжи ні	По шир ині	По довжи ні	По шир ині	По довжи ні	По шир ині	По довжи ні	По шир ині	По довжи ні	По шир ині
1	69	102	59	86	8	13	2	3	0,8	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1
2	56	38	39	32	12	3	5	3	0,7	0,8	0,2	0,1	0,1	0,1
3	45	61	30	37	11	8	4	16	0,6	0,6	0,2	0,1	0,2	0,3
4	187	102	157	86	17	3	13	13	0,8	0,8	0,1	0,1	0,1	0,1



а



б



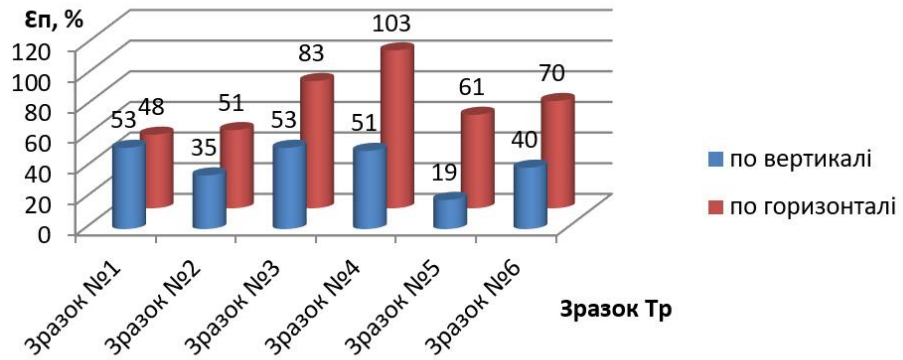
в

**Рис. 4.3. Деформація трикотажних полотен спортивного костюму:
а-повна, б – швидкозворотна, в – залишкова**

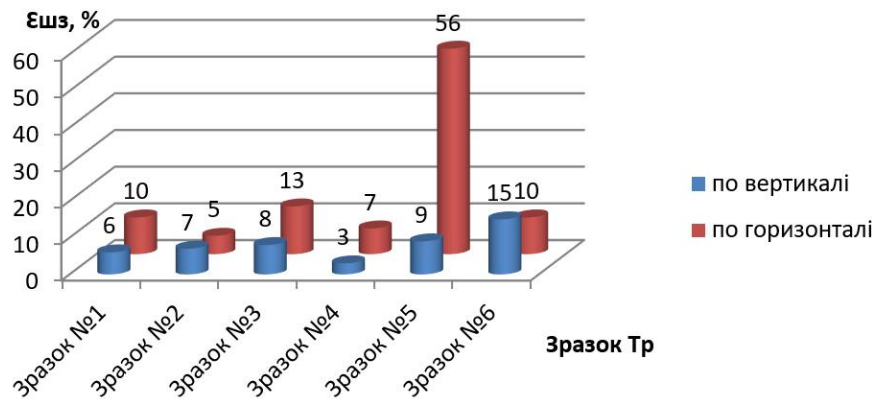
Таблиця 4.2

Значення повної деформації та її складових частин функціональних трикотажних полотен для фуфайки (релаксометр «Стійка»)

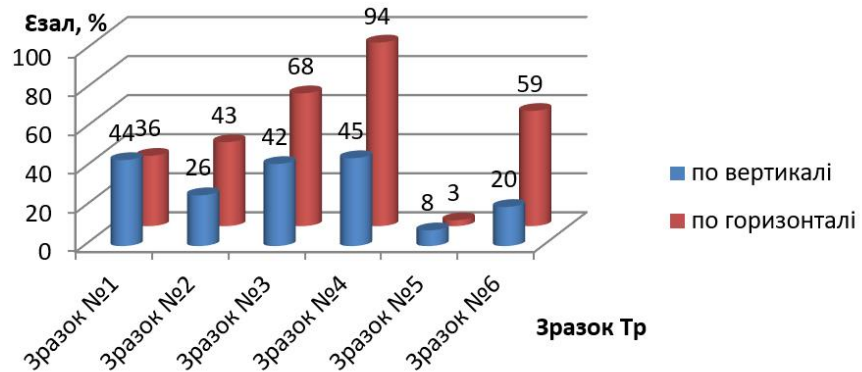
№ п/ п	Умовне позна чен ня матеріа лу зразка, торгова назва	Напрямок прикладання навантажен ня	Повна дефор мація, ε_n %	Складові частини ε_n , %			Частка складової частини в повній деформації		
				ε <i>шзв</i>	ε <i>пзв</i>	$\varepsilon_{нзв}$	$\Delta \varepsilon$ <i>шзв</i>	Δ $\varepsilon_{нзв}$	Δ $\varepsilon_{зал}$
1	TP-1	вертикаль	53	6	3	44	0,12	0,05	0,83
1`	Piquet	горизонталь	48	10	2	36	0,21	0,04	0,75
2	TP-2	вертикаль	35	7	2	26	0,2	0,06	0,74
2`	Splin	горизонталь	51	5	3	43	0,09	0,06	0,84
3	TP-3	вертикаль	53	8	3	42	0,15	0,06	0,79
3`	Elastic	горизонталь	83	13	2	68	0,16	0,03	0,82
4	TP-4	вертикаль	51	3	3	45	0,06	0,06	0,88
4`	Sandra	горизонталь	103	7	2	94	0,07	0,02	0,92
5	TP-5 CoolMax	вертикаль	19	9	2	8	0,47	0,11	0,42
5`		горизонталь	61	56	2	3	0,92	0,03	0,05
6	TP-6	вертикаль	40	15	5	20	0,37	0,13	0,5
6`	Sandric	горизонталь	70	10	1	59	0,14	0,02	0,84



а



б



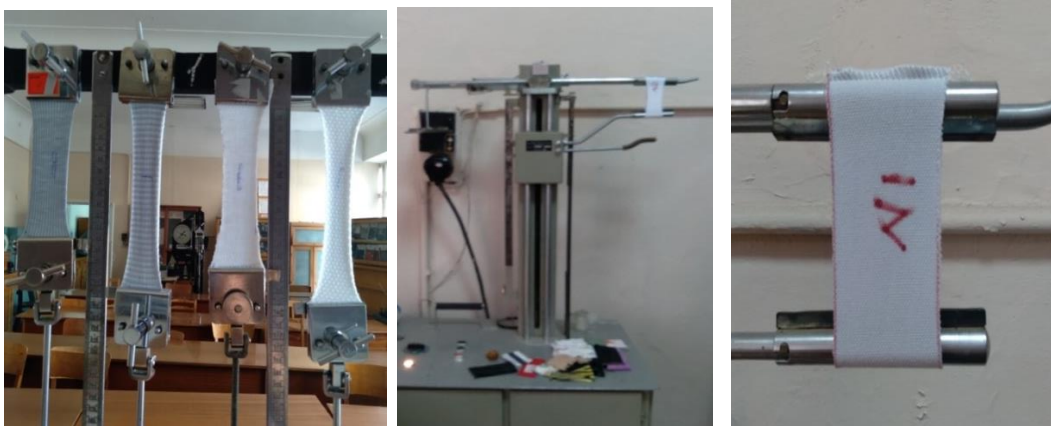
в

Рис. 4.4. Деформація функціональних трикотажних полотен для фуфайки: а - повна, б – швидковоротна, в -залишкова

За даними, отриманими з використанням релаксометра «Стійка», футеровані полотна для спортивного костюму розрізняються за значеннями повної деформації при прикладанні зусилля розтягування в повздовжньому і поперечному напрямках, однак більша частина деформації припадає в усіх випадках на оборотну. В трикотажних полотнах для фуфайки, навпаки, більша частка деформації припадає на залишкову.

Для трикотажних полотен, обраних для виготовлення фуфайки, порівняльний аналіз релаксаційних характеристик при розтягуванні було проведено також з використанням приладу ПР-2 (Рис. 4.5, б). Напівциклові нерозривні випробування полотен за цим методом проводять при розтягуванні проб навантаженням, що дорівнює 6Н (ГОСТ 8847-85). Таке навантаження відповідає величині допустимого тиску прилеглого виробу на тіло людини, при якому зберігається нормальна життєдіяльність організму.

Аналіз отриманих даних (Рис. 4.6, 4.7) свідчить про те, що найбільшу розтяжність мають зразки трикотажу №№ 3,4 та 6, які розрізняються і за сировинним складом, і за видом переплетення - під дією розтягувального зусилля 6 Н півпериметр проби в цих полотнах збільшується приблизно на 40%.



а

б

Рис. 4.5. Визначення релаксаційних характеристик на релаксометрі «Стійка» (а) та приладі ПР-2 (б)

При цьому слід зазначити, що найбільша частка загальної деформації розтягування припадає на зворотну, складаючи близько 90%, що свідчить про високі еластичні властивості даних полотен і дозволяє очікувати комфортні умови експлуатації та хорошу формостійкість виробів, виготовлених з них.

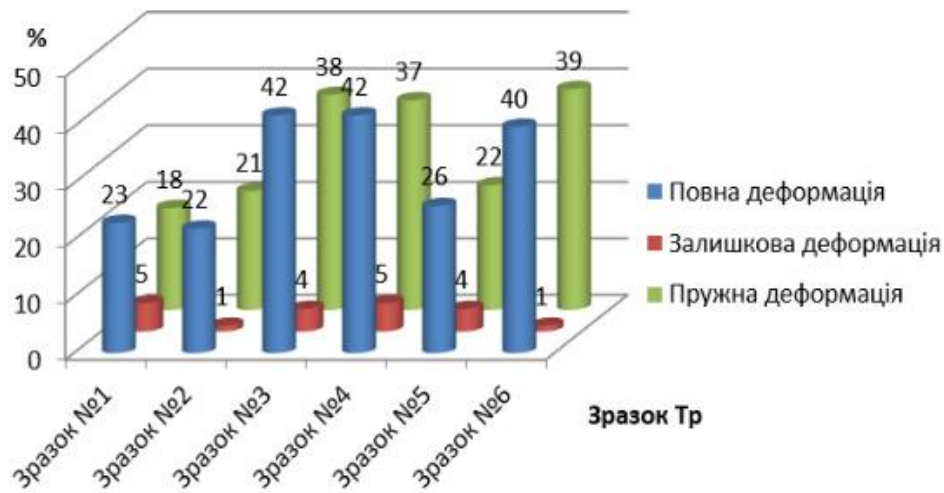


Рис. 4.6. Повна деформація трикотажу та співвідношення оборотних та необоротних її частин (прилад ПР-2)

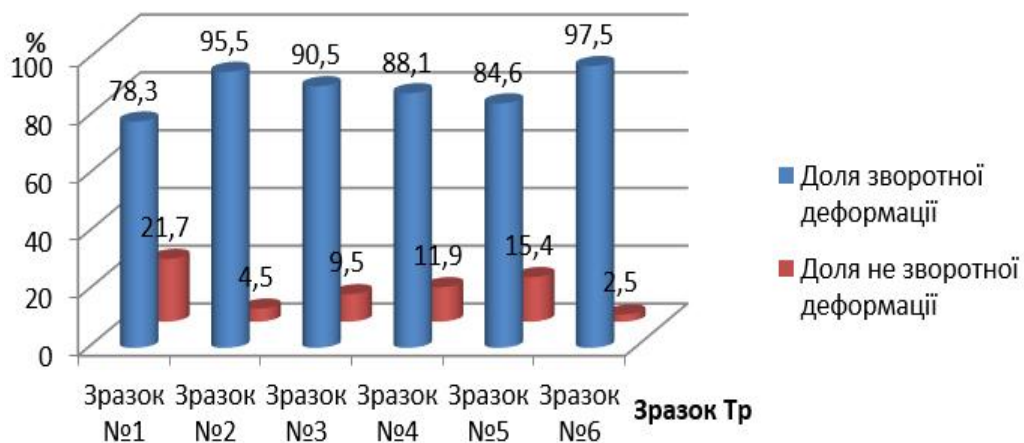


Рис. 4.7. Співвідношення зворотної та незворотної деформації трикотажу

В свою чергу, наявність певної частки залишкової деформації (близько 10% для зразків № 3,4 та 2,5% - для зразка №6) гарантує пластичність виробу, здатність облягати опуклі поверхні тіла, не створюючи жорстких складок.

Таким чином, порівняльний аналіз одноциклових характеристик, отриманих при одновісному розтягуванні трикотажних полотен з використанням двох стандартизованих методик – на приладі ПР-2 та релаксометрі «Стійка» засвідчив, що отримані дані кількісно і якісно не співпадають. Найвірогідніше, це викликано певною різницею умов проведення експериментів на ПР-2 та релаксометрі (різний час навантаження – 30 та 60 хвилин, відповідно) та відмінністю механізмів деформації і прикладення зусиль в точкових пробах різної форми.

4.2. Визначення експлуатаційних характеристик матеріалів спортивного комплекту

Для спеціально розробленої тканини «Авізент» з водостійким просочуванням, з якої у спортивному комплекті виконано жилет з підігрівом, а також зносостійкі накладки для рукавичок і нижніх частин рукавів спортивної куртки, за стандартизованими методиками були визначені показники міцності (розривальне навантаження та видовження при розірванні), стійкості до тертя та коефіцієнт повітропроникності (Табл. 4.3).

Таблиця 4.3.

Фізико-механічні властивості тканини Авізент

Зразок	Вміст складників сировинного складу, [%]	Стійкість до тертя, тис. цикл	Розривальне навантаження, Н		Видовження при розірванні, %		Коефіцієнт повітропроникності, $\text{дм}^2/\text{м}^3/\text{с}$
			по основі	по утку	по основі	по утку	
Авізент	Бавовна – 100	9	858	959	13	22	17

Зважаючи на щоденний довготривалий термін перебування споживачів в спортивному костюмі на відкритому просторі, представлялось доцільним провести визначення стійкості пофарбування матеріалів спортивного комплекту 2 та 3 шару. Стійкість пофарбування до світла є важливим показником якості для трикотажних полотен, які піддаються впливу сонячного світла протягом значного періоду часу в літню пору року. Під дією активних сонячних променів барвники з виробу можуть мігрувати на тіло людини, що є дуже шкідливим для самопочуття і здоров'я загалом. Також швидке знебарвлення кольору може зменшити терміни експлуатації виробів. Дослідження проводилося за методикою ДСТУ ISO 105-B02:2009 з використанням штучного світла ксенонової дугової лампи. Оцінка стійкості фарбування проводилась в балах у порівнянні з експонованими та неекспонованими ділянками синіх еталонів. Отримані результати, наведені в таблиці 4.4., свідчать про достатньо високу стійкість пофарбування досліджених зразків до дії світла.

Таблиця 4.4.

Результати досліджень трикотажних полотен за показником стійкості пофарбування до дії світла

Найменування показника, одиниця виміру	Зразок Трик1	Зразок Трик 2	Зразок Трик 3	Зразок Трик 4	Тканина «Авізент»
Стійкість пофарбування до дії світла, бал	4	4	4	4	5

Для полотен першого (білизняного) шару спортивного комплекту за стандартною методикою проведено визначення зміни лінійних розмірів розмірів після прання. Отримані показники усадки або притяжки трикотажу порівнювались з нормованими (Табл.4.5). Всі досліджені полотна відповідають вимогам ДСТУ 3823-98 і відносяться до міцної групи.

Таблиця 4.5.

Зміна лінійних розмірів досліджених полотен після прання

Зразок	Зміна лінійних розмірів, %				Назва групи стійкості до прання
	довжина		ширина		
	факт.	норм.	факт.	норм.	
Трк 1	+8,1	+10	-0,4	-5	міцна
Трк 2	+8,4	+10	-1,2	-5	міцна
Трк 3	+9,8	+10	-0,2	-5	міцна
Трк 4	+8,0	+10	-4,1	-5	міцна

Висновки до розділу 4

- Проведено аналіз впливу структури і сировинного складу трикотажних полотен спортивного комплексу на показники повної деформації розтягування та її складових частин для при дії постійного навантаження.
- Показано, що дані, отримані з використанням двох стандартизованих методик – на приладі ПР-2 та релаксометрі «Стійка», кількісно і якісно не співпадають, що найвірогідніше, викликано відмінністю механізмів деформації і прикладення зусиль в точкових пробах різної форми.
- Проведено визначення стійкості пофарбування до дії світла, зміни лінійних розмірів після прання трикотажних полотен, а також фізико-механічних властивостей розробленої тканини Авизент з підвищеним опором до тертя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Максудов Н.Б. Нигматова Ф.У. Юлдашев Ж.К. Абдувалиев Р.Р. Анализ деформационных свойств высокоэластичных трикотажных полотен для проектирования спортивной одежды. *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2018. № 9 (54).
2. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. М. Наука, 1981. 348 с.
3. Бузов Б. А. Алыменкова Н. Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейного производства) : учебник для студ. высш. учеб. заведений, 3-е изд. Москва. Издательский центр «Академия», 2008. 448 с.
4. Мязина Ю.С. Особенности деформации трикотажных полотен при технологических и эксплуатационных воздействиях. *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности.* 2008. № 2. С. 28–32.
5. Кизимчук О. П., Яременко М. С. Механічні властивості основ'язаного трикотажу з високорозтяжним повздовжнім утоком. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки.* 2012 №6. С. 127-134.
6. Скляр Н.М., Омельченко В.Д. Залежність параметрів та деформаційних властивостей подвійного еластичного філейного трикотажу від довжини ниток в петлях. *Вісник Херсонського національного технічного університету.* Херсон. 2005. № 3 (23).
7. Боброва С. Ю., Галавська Л. Є., Кулик А. А. Деформаційні характеристики трикотажу підвищеної міцності. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки.* 2018 №3 . №6 (128). С.56-63.
8. Креденець Н.Д., Пугачевський Г.Ф. Вплив будови трикотажних полотен на фізико-механічні властивості спортивного одягу. *Легка промисловість.* 1997. No 1. С. 60.

9. Г.П. Старкова, И.А. Шеромова, А.В. Новикова Исследование и учет деформационных свойств высокоэластичных материалов при проектировании одежды. *Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности.* 2008. No 2С(307). С. 28 - 32.

10. Креденець, Н.Д. Пугачевський Г.Ф. Вплив будови трикотажних полотен на фізико-механічні властивості спортивного одягу. *Легка промисловість.* 1997. № 1. С. 60

11. Харченко Ю.М. Дослідження взаємозв'язку між показниками розтяжності трикотажних полотен для фехтувальних костюмів. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Технічні науки.* 2010. №3. С.180-184.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що визнання суспільством права людей з інвалідністю на повноцінне життя означає створення реальних умов для їх реабілітації та соціальної адаптації, у тому числі, і за допомогою вдало підібраного одягу та інших виробів легкої промисловості. Виявлено, що існуючий асортимент одягу, який використовується цією категорією споживачів, найчастіше не виконує функції нівелювання наслідків інвалідності, не забезпечує комфортності у користуванні та не відповідає сучасним естетичним вимогам.

2. Одним із найбільш затребуваних видів одягу для цієї категорії споживачів є спортивний костюм, який широко використовується як для занять фізкультурою і спортом, так і для повсякденного користування. Аналіз міжнародного та вітчизняного досвіду розробки швейних виробів для осіб, які пересуваються за допомогою інвалідного візка, засвідчив, що в даний час відсутня науково обґрунтована методика конфекціювання матеріалів для ергономічних, прилаштованих до умов експлуатації текстильних виробів даного асортименту.

3. Проведене опитування серед осіб з травмами хребта та обслуговуючого медичного персоналу дозволили встановити вплив особливостей фізичного стану, фізіологічних змін тілобудови, специфічних психофізичних моментів та умов експлуатації на вимоги до конструкції спортивного одягу та матеріалів для його виготовлення, які забезпечуватимуть високі ергономічні та експлуатаційні характеристики.

4. 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.

5. Розроблено універсальний спортивний комплект для осіб з травмами хребта, до складу якого входять штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка, деталі якої швидко і зручно трансформуються для

регулювання довжини та об'єму, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних вкладок, а також жилет з автономним підігрівом від гнучких сонячних батарей, розташованих на спинці. Регуляторами мікроклімату підодягового простору служать оснащені тонким трикотажним сітчастим полотном прорізні вентиляційні отвори в штанах і фуфайці, розмір яких можна змінювати за допомогою застібки-блискавки. Контроль мікроклімату здійснюється за допомогою гнучкого термохромного термометру, закріпленого всередині виробу (Додаток 2).

6. Розроблено новий асортимент аплікаційних текстильних композиційних матеріалів на основі активних волокнистих вуглецевих сорбентів для використання в якості вкладок в місцях контакту з пролежневими виразками. Проведені дослідження впливу сировинного складу і структури нетканих основ аплікаційних композитів на особливості вологопоглинання та висихання засвідчили можливість спрямованого регулювання цих процесів. Розширено номенклатуру показників якості аплікаційних композиційних полотен включенням показників, які відображають специфіку умов експлуатації - поглинальна здатність при односторонньому горизонтальному контакті з джерелом зволоження, площа та швидкість розтікання краплі, крайовий кут змочування.

7. Проведено порівняльний аналіз гігієнічних властивостей сучасних трикотажних полотен із визначенням кінетики процесів зволоження та висушування, що дозволило провести їх обґрунтований вибір на різні шари спортивного комплексу з метою забезпечення термофізіологічного комфорту при експлуатації.

8. Вперше на основі розв'язання нелінійного рівняння дифузії зі спеціальними граничними умовами вирішена задача накопичення рідини (за рахунок потовбирання) в текстильному матеріалі з врахуванням випаровування з вільної поверхні, що дозволило виявити три етапи проходження рідини і обґрунтувати наявність максимального і сталого вмісту рідини в матеріалі.

9. Для прогнозування зміни довжинних і широтних розмірів деталей виробу при дії експлуатаційних навантажень проведено порівняльний аналіз показників повної деформації розтягування та її складових частин для трикотажних полотен при дії постійного навантаження. Встановлено, що при визначенні одноциклових характеристик розтягування при навантаженнях, менших за розривальне, за двома стандартизованими методиками – з використанням приладу ПР-2 та релаксометра «Стійка», отримані дані кількісно і якісно не співпадають, що найвірогідніше, викликано відмінністю механізмів деформації і прикладення зусиль в точкових пробах різної форми.

Додаток 1

Приклади адаптаційного одягу, розробленого різними фірмами –
виробниками



Даний сегмент споживачів зобов'язує виробників використовувати не традиційні конструктивні рішення при виготовленні адаптаційного одягу. Розглянемо основний асортимент повсякденного адаптаційного одягу та його конструкцію.

Одна з найголовніших складових в конструкції штанів для людей, що пересуваються за допомогою інвалідного візка є вирішення правильного балансу виробу (Рис1.1). Завищена лінія задньої частини штанів, забезпечить стабільну фіксацію та запобіжить сповзання виробу від механічних дій верхньої частини тулуба, яка зумовлена особливістю споживача.



Рис1.2

Питання зручності при одяганні та роздяганні, що є рутинною справою щодня, вирішує використання текстильних застібок розташованих по лінії шагового шва (Рис1.2). Відсутність шва сидіння, буде запобігати натиранню в місцях тиску між тілом та сидінням.

Використання спрощеної конструкції в одязі, як швидке запобігання переохолодження кінцівок, у вигляді окремих деталей рукавів та панчів (Рис1.3), які по лінії передпліччя та стегон відповідно, фіксуються текстильною липкою стрічкою, скорочуть час переодягання.



Рис1.3



Рис1.4

В конструкції реабілітаційних штанів одночасне використання бокового шва та шва сидіння, для розташування текстильних та магнітних застібок, значно спрощує як для самостійного використання виробу, так і для людини яка доглядає за споживачем (Рис1.4),(Рис.1.5).



Рис1.5

Ергономічність та функціональність виробів досягається завдяки властивості використаних матеріалів, текстильної фурнітури та функціональному розташуванню кишень (Рис1.6),(Рис.1.7).



В адапційному одязі прийнято використовувати внутрішні або потайні магнітні застібки, обидва засоба забезпечують швидку фіксацію (Рис1.8).



Рис1.8

Кишені в адаптаційному одязі мають більш вагому відповідальність за звичайний одяг (Рис1.9). Здатність комфортно і непомітно розміщувати катетер та інші медичні засоби, збільшує функціональність одягу.



Рис1.9

При виборі плечового комплекту одягу, слід звернути увагу на обов'язковий елемент даного виробу, а саме, можливість розташування текстильної застібки на запах (Рис.10). Тим самим, запобігаючи втраті тепла в під одяговому просторі.



Рис.1.10

Натільна білизна займає вагомe місце серед асортимента адаптаційного одягу. Найчастіше, таке конструктивне рішення (Рис.1.11) використовують в медичних закладах у якості після операційного одягу.



Рис.1.11

Пошук естетичних та конструктивних рішень на вироби для людей з інвалідністю не завжди потребує складних рішень (Рис.1.12). Звичайна конструкція виробу пончо надає легкість, завдяки вільній формі.



Рис1.12

Особливості конструкції розробленого спортивного одягу

Спортивні штани з корегуючим жорстким корсетом для людей які пересуваються за допомогою інвалідного візка (Рис.2.1), мають значну перевагу над іншими існуючими виробами данної категорії, завдяки переліку вагомим гігієнічним, фізико-механічним та низьку конструктивних рішень, а саме:



Рис.2.1

1. Матеріал основи та конструктивне рішення вентиляційних отворів забезпечує як збереження тепла у підодяговому просторі, так і швидке виведення зайвої вологи;
2. Відсутні будь які обробки полотен штанів швами у зоні сидіння;
3. Наявність систем «швидко зброс» за допомогою встановлених кнопок у місцях розташування бокових швів, дає змогу самостійно, без сторонньої допомоги, використовувати виріб;
4. Інтегруючи корегуючий жорсткий корсет в спортивні штани для даної категорії споживачів, одночасно вирішуються дві задачі, по перше, усе має терапевтичний

характер, а по друге, при такому варіанті повністю припиняється процес сковзання задньої частини штанів;

5. Допоміжні кишені під колінами можуть використовуватися для гігієнічних потреб;
6. Виріб має сучасний дизайн, аналогічний тому, що використовується для звичайних спортивних костюмів

Характерні особливості розробленого жилета з підігрівом

Утеплюючий жилет з підігрівом (Рис.2) стане в пригоді широкому спектру споживачів.завдяки його універсальності:



Рис. 2.2. Утеплюючий жилет з підігрівом

1. Жилет вироблен із бавовняної тканини, з водо-, жаро-стійким просочуванням, яка має показник стійкості до тертя в тричі більше за норму,
2. В середині жилета вмонтовані 5 нагрівачих елемента з USB виходом, як для використання power bank, так і за допомогою міського живлення. Управління нагрівом у підодяговому просторі корегується кнопкою, є три режима подачі тепла (30,45,60) градусів.

3. Використання текстильної стрічки з сонячним накопичувачем дає можливість користуватися режимом підігріву за відсутності доступних електромереж і батарей живлення.
4. Для клімат-контролю підодягового простору в розробленому спортивному комплекті використаний гнучкий термометр, який закріплюється на стікері всередині виробу (Рис.3). Гнучкий термометр NORD DENALI, представляє з себе смужку плівки товщиною менше 1 мм з нанесеною шкалою в градусах Цельсія і Фаренгейта. Це термохромний термометр, який не вимагає батарейок, працює за рахунок термохромного ефекту рідких кристалів.

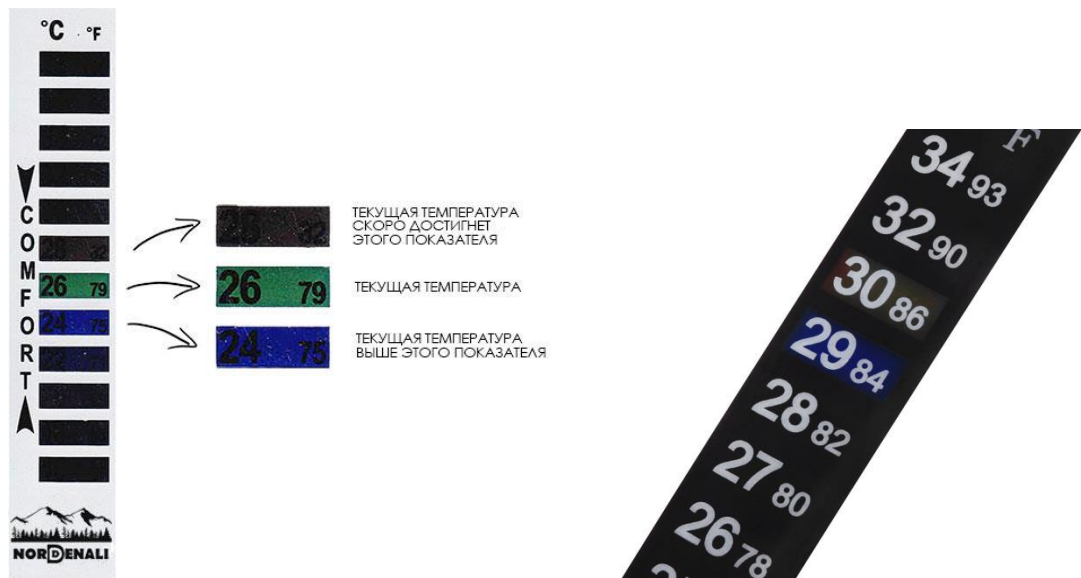


Рис. 3

Температура на термометрі відображається за рахунок як би підсвічування тієї цифри, яка відповідає температурі. Тобто спочатку фон біля всіх цифр в термометрі є чорним, але якщо термометр має температуру в діапазоні від 16 і до 38°C, то фон змінює колір з чорного на зелений або голубий. Таким чином людина отримує інформацію про температуру всередині виробу

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Ми, що підписалися нижче, директор ТОВ «Дана-Мода» Іванова Л.І. і представники Київського національного університету технології та дизайну професор Супрун Н.П. та аспірант Пожилов-Несміян Г.М., склали акт про те, що кафедрою технології та дизайну текстильних матеріалів був розроблений та прийнятий до впровадження у виробництво універсальний спортивний костюм для осіб з травмами хребта, до складу якого входять штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка з трансформуючими деталями, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних накладок та жилет з підігрівом.

Відмінною особливістю реабілітаційного спортивного костюму є вдало підібраний матеріал, технологічність розробленої конструкції та спеціально розроблений дизайн, який враховує специфіку умов експлуатації, а саме:

- Використаний матеріал відрізняється хорошими гігієнічними та експлуатаційними властивостями.
- Вирішує питання залишкової температури в середині комплекту, шляхом її вивода через вентиляційні отвори.
- Забезпечує самостійне використання, без сторонньої допомоги.

Директор ТОВ
«Дана-Мода»



Іванова Л.І.

д.т.н., професор,
проф. кафедри ТДТМ

Супрун Н.П.

Аспірант кафедри ТДТМ

Пожилов-Несміян Г.М.

АКТ АПРОБАЦІЇ

Ми, що підписалися нижче, лікар-травматолог ортопед, Ірпінського військового шпиталю Беспаленко А.А. і представники Київського національного університету технології та дизайну Супрун Н.П. та аспірант Пожилов-Несміян Г.М. склали акт про те, що кафедрою технології та дизайну текстильних матеріалів було спеціально виготовлено та надано у дослідну експлуатацію без подальшого повернення комплекта реабілітаційного костюма, до складу якого входять (штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка з трансформуючимися деталями, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних накладок та жилет з підігрівом) для проведення анкетування та дослідного використання в реальних умовах.

Апробація наданих виробів (штани спеціальної конструкції з корегуючим жорстким корсетом, куртка з трансформуючимися деталями, фуфайка з зональним розташуванням антипролежневих текстильних накладок та жилет з підігрівом) проводилася шляхом їх використання у реабілітаційному відділенні. Аналіз експлуатації дозволяє зробити наступні висновки:

- вироби відповідають естетичним та експлуатаційним вимогам;
- обрані матеріали комплекта відповідають вимогам їх зонального розташування;
- технологічність виробу та багатофункціональний дизайн, повністю враховує специфіку умов експлуатації.
- використання даних виробів вносить невід'ємний вклад у реабілітацію людей, що пересуваються за допомогою інвалідного візка.

лікар-травматолог ортопед
н-к медичної служби
п/полковник



Беспаленко А.А.

д.т.н., професор,
проф. кафедри ТДТМ

Супрун Н.П.

Аспірант кафедри ТДТМ

Пожилов-Несміян Г.М.