

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-363-77>

УДК 687.016:677.017

СЕЛЕЗНЬОВА АННА

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8238-5340>

e-mail: seleznoaa@khmnu.edu.ua

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЄКТУВАННЯ КОРСЕТНИХ ВИРОБІВ ІЗ УРАХУВАННЯМ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ

Проектування сучасних корсетних виробів побутового призначення потребує детального вивчення механічних властивостей матеріалів, оскільки формування заданого антропометричного профілю та реалізація ефекту корекції фігури відбуваються в умовах значних навантажень на пакет виробу. Традиційні підходи до вибору асортименту часто не враховують релаксаційні процеси, що призводить до передчасної втрати форми виробу під час носіння.

Для забезпечення стабільного корегувального ефекту при збереженні фізіологічного комфорту розроблено методику вибору матеріалів на основі аналізу їхніх в'язкопружних та жорсткісних характеристик. У роботі реалізовано комплексне оцінювання деформаційних властивостей дев'яти типів тканин різних переплетень і сировинного складу. Дослідження проводились у циклі «навантаження-відпочинок» з використанням релаксометра типу «стійка» та розривної машини РТ-250, а показники жорсткості визначалися методом консолі (прилад ПТ-2). Метою випробувань є наукове обґрунтування вибору текстильних матеріалів для забезпечення стійкості просторової форми корсетних виробів.

Вперше встановлено математичний та логічний взаємозв'язок між часткою залишкової деформації та технологічною здатністю матеріалу до формостабілізації. Доведено, що для жорстких конструкцій найбільш придатними є тканини полотняного переплетення (група П2) з показником жорсткості понад 8000 мкН·см², що гарантує стабільність вертикальних членувань. За допомогою методу трикутників побудовано геометричні моделі деформаційної здатності, що дозволило класифікувати матеріали на «стабілізатори», «адаптивні» та «декоративні».

На основі експериментальних даних визначено кількісні закономірності зміни повної деформації та її пружної, еластичної і пластичної складових залежно від архітектури переплетення та сировинного складу. Виявлено, що бавовняні тканини полотняного переплетення (група П) демонструють стабільнішу структуру, тоді як атласні матеріали з еластаном (група А) мають підвищену анізотропію властивостей. Теоретично обґрунтовано взаємозв'язок між компонентами повної деформації та здатністю матеріалу до збереження геометричних параметрів, що дозволяє мінімізувати ризик накопичення незворотних деформацій у зонах максимальної корекції фігури.

Ключові слова: корсетні вироби, формоутворення, деформаційні властивості, жорсткість на згин, в'язкопружність, релаксація напружень, метод трикутників, антропометрична корекція.

SELEZNOVA ANNA

Khmelnytskyi National University, Ukraine

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF DESIGNING CORSET PRODUCTS TAKING INTO ACCOUNT THE PROPERTIES OF MATERIALS

The design of modern corsetry products for domestic use requires a detailed study of the mechanical properties of materials, since the formation of a given anthropometric profile and the implementation of the figure correction effect occur under conditions of significant stress on the product package. Traditional approaches to product selection often do not take into account relaxation processes, which leads to premature loss of shape during wear.

To ensure a stable corrective effect while maintaining physiological comfort, a method for selecting materials based on the analysis of their viscoelastic and stiffness characteristics has been developed. The work implements a comprehensive assessment of the deformation properties of nine types of fabrics with different weaves and raw material composition. The research was conducted in a "load-rest" cycle using a "stand" type relaxometer and an RT-250 tensile testing machine, and the stiffness indicators were determined using the console method (PT-2 device). The purpose of the tests is to scientifically justify the choice of textile materials to ensure the stability of the spatial shape of corset products.

For the first time, a mathematical and logical relationship between the residual deformation fraction and the technological ability of the material to stabilize its shape has been established. It has been proven that plain weave fabrics (group P2) with a stiffness index of over 8000 $\mu\text{N}\cdot\text{cm}^2$ are most suitable for rigid structures, as they guarantee the stability of vertical divisions. Using the triangle method, geometric models of deformation capacity were constructed, which made it possible to classify materials as "stabilizers," "adaptive," and "decorative."

Based on experimental data, quantitative patterns of total deformation and its instantaneous elastic, delayed viscoelastic, and permanent residual components were established in relation to weave architecture and fiber composition. It was found that plain weave cotton fabrics (group P) demonstrate a more stable structure, while satin materials with elastane (group A) have increased anisotropy of properties. The relationship between the components of total deformation and the ability of the material to maintain geometric parameters has been theoretically substantiated, which allows minimizing the risk of irreversible deformation accumulation in areas of maximum figure correction.

Keywords: corset products, shape formation, deformation properties, bending stiffness, viscoelasticity, stress relaxation, triangle method, anthropometric correction.

Стаття надійшла до редакції / Received 18.02.2026

Прийнята до друку / Accepted 11.03.2026

Опубліковано / Published 26.03.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Селезньова Анна

Постановка проблеми

Сучасне проектування корсетних виробів побутового призначення перейшло з категорії суто декоративного одягу до сегмента виробів зі складними функціональними властивостями. Основними вимогами до таких виробів є забезпечення заданого антропометричного профілю (ефект «корекції» та «утягування»),

висока формостійкість та збереження фізіологічного комфорту користувача. Проте реалізація цих вимог на пряму залежить від прогнозованої поведінки текстильних матеріалів під дією експлуатаційних навантажень.

У процесі проектування корсетів виникає низка системних суперечностей, які потребують наукового вирішення, а саме: *геометрична* суперечність, тобто необхідність відтворення складної безперервної поверхні людського тіла за допомогою плоских деталей; традиційне збільшення кількості *конструктивних членувань* (від 3 до 14 деталей), що з одного боку, підвищує точність форми, а з другого – значно ускладнює технологічний процес та змінює загальну жорсткість виробу; *матеріалознавчий аспект* – для досягнення корекційного ефекту матеріали повинні мати високу жорсткість та низьку залишкову деформацію. Водночас для забезпечення дихальної функції та свободи рухів матеріал має виявляти певний рівень еластичності.

Більшість існуючих методик конструювання базуються на статичних вимірах фігури без урахування релаксаційних процесів у тканині. Це призводить до того, що після нетривалої експлуатації виріб втрачає форму (через накопичення пластичної деформації) або спричиняє надмірний тиск на м'які тканини організму. Попри наявність досліджень у галузі опору матеріалів в легкій промисловості, залишається недостатньо вивченим питання взаємозв'язку між видом переплетення (полотняне, атласне, крупно-візерункове) та частками умовно-пружної, еластичної та пластичної деформацій саме в умовах тривалого статичного навантаження, характерного для корсетів. Відсутні чіткі критерії вибору пакетів матеріалів, які б інтегрували показники жорсткості на згин із показниками повної деформації при розтягу.

Аналіз досліджень та публікацій

Проектування корсетних виробів із заданими функціональними властивостями належить до складних міждисциплінарних задач, що поєднують матеріалознавство, біомеханіку, антропометрію та цифрові технології конструювання. Незважаючи на значний обсяг наукових публікацій, проблема прогнозування поведінки матеріалів у виробках, які працюють в умовах тривалого корегувального тиску, залишається недостатньо систематизованою.

Фундаментальні засади оцінювання фізико-механічних властивостей текстильних матеріалів та їхнього впливу на комфорт у системі «тіло–одяг» викладено у працях Y. Li [14] та R. Rossi [15]. У цих роботах доведено, що відчуття комфорту та безпечність компресійного впливу визначаються не лише величиною тиску, а й здатністю матеріалу адаптуватися до мікрорухів тіла. Водночас зазначені дослідження мають переважно узагальнений характер і не формують інструментарію для кількісного прогнозування стабільності тиску з урахуванням в'язкопружної анізотропії конкретних текстильних структур.

Подальші дослідження в'язкопружних і гіроскопічних властивостей пакетів матеріалів представлено у роботі Березненко Н. М. [4], де обґрунтовано необхідність врахування взаємодії шарів текстильних систем. Проте питання довготривалої релаксації напружень у багатокомпонентних структурах, характерних для корсетних виробів, залишаються недостатньо дослідженими, особливо в аспекті прогнозування втрати формостійкості.

Сучасні підходи до цифрового моделювання компресійних виробів активно розвиваються. У роботах Liu X. [2] досліджено вплив розподілу еластичності на локальний тиск і переміщення м'яких тканин, а Shen J. [3] продемонстрував ефективність 3D-віртуального прототипування для оцінювання посадки та функціональності виробів складної конфігурації. Разом із тим зазначені дослідження зосереджені переважно на формуванні цифрової геометрії виробу та чисельному розрахунку напружено-деформованого стану, тоді як реологічна поведінка матеріалу в умовах тривалого навантаження враховується спрощено. Проте, суттєвий внесок у розвиток скінченно-елементного моделювання напружено-деформованого стану компресійних виробів зроблено авторами [16, 21], які запропонували аналітичні та чисельні моделі прогнозування розподілу навантаження і контактного тиску. Показано, що точність розрахунків значною мірою залежить від адекватності вихідних механічних параметрів матеріалу. Водночас у більшості моделей приймається припущення лінійної або квазіпружної поведінки текстилю, що обмежує можливість оцінювання накопичення залишкових деформацій і релаксації напружень у часі.

Питання морфологічної відповідності конструкцій фігурі людини розглянуто у роботі Славинської А. Л. [7], де сформовано модель морфологічного поля даних. Ігнатенко та Зубкова [6] дослідили процес автоматизованої градації лекал для різних розмірних груп, що підвищує точність конструкторських рішень. Однак інтеграція морфологічних параметрів із характеристиками реальної деформаційної здатності матеріалу у межах єдиної проектної моделі досі не реалізована.

Методологічні підходи до прогнозування властивостей текстилю та вибору матеріалів представлено у працях Слізкова, Михайлової [8] і Захаркевич О. В. [10], де запропоновано експертні системи селекції матеріалів за комплексом показників. Водночас ці підходи не передбачають класифікації матеріалів за їхнім технологічним потенціалом у виробках, що працюють у режимі постійного корегувального тиску. У роботі [11] проаналізовано можливості застосування полімерних матеріалів у виробках спеціального призначення, однак без деталізації їх поведінки за умов тривалого статичного навантаження. У статтях [12, 13] авторами розглянуто питання дизайн-проективання з урахуванням ергономічних і функціональних вимог, а також систематизовано дані щодо використання смарт-текстилю та інтеграції струмопровідних ниток у конструкцію одягу. Проте оцінювання в'язкопружної поведінки матеріалів і стабільності їх деформаційних характеристик у часі в цих роботах не здійснюється.

Дослідження властивостей еластичних трикотажних полотен, представлені Кизимчук О. П. [18] та Nergis B. [20], підтверджують залежність ефективності компресійного впливу від структури та параметрів виготовлення матеріалу. Трюніков О. та співавтори [19] довели перспективність використання 3D-сканування для

персоналізованого проектування компресійного одягу. Проте навіть у цих роботах основна увага приділяється миттєвому розподілу тиску, тоді як кінетика його зміни внаслідок релаксації матеріалу досліджена недостатньо.

Отже, аналіз літератури свідчить, що сучасні дослідження зосереджені переважно на: чисельному моделюванні розподілу тиску; цифровому прототипуванні та 3D-скануванні; дослідженні миттєвих механічних характеристик матеріалів; автоматизації вибору текстилу.

Водночас залишаються невирішеними такі завдання: відсутність інтегрального показника, який поєднує жорсткість на згин, розтяжність та параметри в'язкопружної релаксації; недостатня увага до накопичення пластичних деформацій у зонах максимального корегувального навантаження; відсутність системної класифікації матеріалів за їх технологічною роллю у конструкції корсета; обмежена інтеграція характеристик матеріалу в алгоритми конструкторського розрахунку.

Попередні дослідження автора [1] підтвердили, що динамічна поведінка деталей корсета під дією тиску на лінії талії та накопичення потенційної енергії деформації у швах суттєво впливають на ергономіку виробу. Зокрема, було встановлено, що традиційні методики не повною мірою враховують частку незворотної (пластичної) деформації, яка є причиною передчасної втрати корегувального ефекту.

Отже, попри значний обсяг досліджень у галузі матеріалознавства та цифрового моделювання компресійного одягу, залишається невирішеним питання інтегральної оцінки текстильних матеріалів для корсетних виробів, яка б поєднувала показники жорсткості на згин і кінетику деформації розтягу в умовах тривалого статичного навантаження. Відсутність системної класифікації матеріалів за їхнім технологічним потенціалом у конструкції обмежує можливості точного прогнозування формостійкості та стабільності тиску.

У зв'язку з цим наукове завдання дослідження полягає у розробленні підходу до обґрунтування параметрів проектування корсетних виробів з урахуванням в'язкопружних характеристик матеріалів. Реалізація такого підходу сприятиме підвищенню точності прогнозування формостійкості та ергономічних показників виробу.

Формулювання цілей статті

Мета роботи – наукове обґрунтування вибору технологічних параметрів проектування корсетних виробів на основі комплексного аналізу в'язкопружних та жорсткісних характеристик матеріалів для забезпечення стабільності просторової форми та прогнозованого корегувального тиску на фігуру людини.

Методи дослідження: застосовано статичні методи випробування текстилю за циклом «навантаження–розвантаження–відпочинок» на релаксометри типу «стіжка» та визначення жорсткості на згин методом консолі (прилад ПТ-2). Для системного аналізу та класифікації отриманих даних використано метод графічного моделювання (метод трикутників).

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- систематизувати сучасний асортимент матеріалів для корсетних виробів, класифікувавши їх за видом переплетення, сировинним складом та структурними параметрами;
- дослідити кінетику деформаційних процесів у тканинах різних структурних груп у режимі циклічного навантаження для визначення їхніх релаксаційних характеристик;
- експериментально встановити кількісні показники повної деформації та її складових (умовно-пружної, еластичної та пластичної) у поздовжньому (основа) та поперечному (уток) напрямках;
- визначити показники жорсткості на згин, що характеризують здатність матеріалів протистояти утворенню заломів та утримувати задану об'ємно-просторову форму;
- розробити рекомендації щодо раціонального вибору пакетів матеріалів для різних вузлів корсетної конструкції на основі комплексної оцінки їхньої деформаційної здатності за методом трикутників.

Виклад основного матеріалу

Проектування корсетних виробів вимагає особливого підходу до вибору матеріалів, оскільки об'ємна форма в них створюється завдяки поєднанню складного конструктивного моделювання та здатності текстилю до керованої деформації. Максимальне розчленування на деталі дозволяє з високою точністю відтворити антропометричні особливості фігури, а урахування деформаційних властивостей — коригувати параметри окремих ділянок виробу. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення високої якості посадки при збереженні гігієнічних властивостей виробу та ефекту «утягування».

Об'єктом аналізу стали 470 моделей сучасних корсетів та весільних суконь. Оцінка їхніх в'язкопружних і міцнісних характеристик здійснювалася із застосуванням статичних методів дослідження. Такий підхід зумовлений специфікою експлуатації виробів, що функціонують у режимі постійного статично-динамічного напруження. Дослідження дозволило простежити структурні зміни в полотнах, спричинені переорієнтацією волокон під дією зовнішнього навантаження.

Науковим обґрунтуванням методу напівциклових розривних характеристик стала специфіка біомеханічної взаємодії в системі «тіло – виріб». Експериментальний масив (рис. 1) сформовано з полотен, що за критеріями щільності та жорсткості є найбільш адаптованими для забезпечення формостійкості та довговічності корсетних конструкцій. Вибірка складалася переважно з матеріалів полотняного переплетення з високим вмістом натуральних волокон, а також синтетичних атласних та жакардових тканин. Саме такий структурний склад об'єктів дослідження дозволяє всебічно оцінити деформаційний потенціал матеріалів, що є критично важливим для прогнозування якості готового виробу.

Аналіз фізико-технічних показників (рис. 1) виявив взаємозв'язок між параметрами будови та масою матеріалів. Зокрема, на (рис. 1, а) зафіксовано пікове значення густини ниток основи для зразка П2 (650 нит./10

см). При відносно низькій поверхневій густині (рис. 1, б) це свідчить про використання надтонких ниток високої лінійної щільності. Водночас матеріали групи К (K1, K2) демонструють стабільне поєднання високої поверхневої густини та помірної кількості ниток, що характерно для крупно-візерункових переплетень.

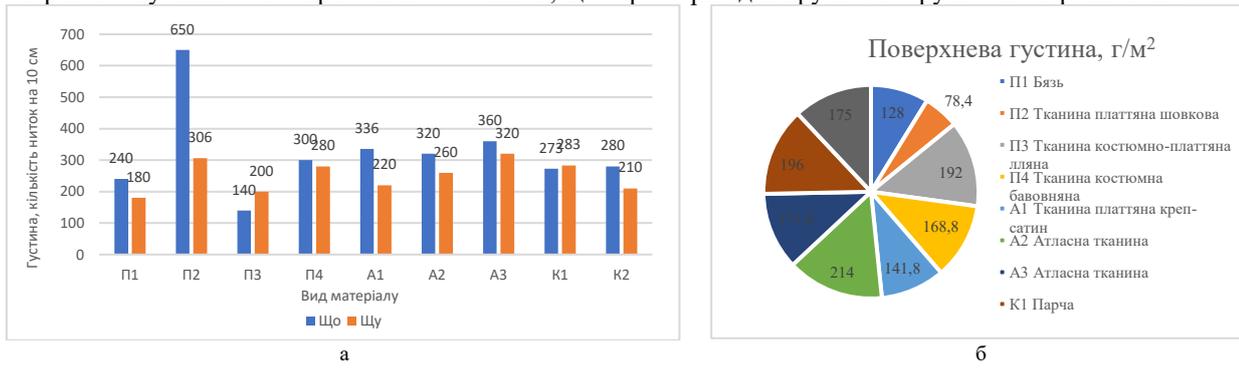


Рис. 1. Фізико-технічні показники структури зразків матеріалів верху: а – густина ниток; б – поверхнева густина

Дослідження напружено-деформованого стану за умов експлуатаційних навантажень (нижче розривних значень) проводили шляхом одноциклових випробувань за схемою «навантаження – розвантаження – відпочинок». Для визначення релаксаційних параметрів пакетів матеріалів використано релаксометр типу «стійка» та розривну машину РТ-250. Конструкція приладу (рис. 2) містить горизонтальну балку (1), планку з нерухомими верхніми затисками (2), нижні рухомі затискачі з ноніусами (4), систему вантажів (5) та градуйовані шкали (6) для фіксації деформації проб (3).

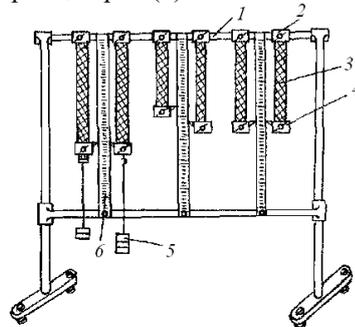


Рис. 2. Схема релаксометру типу «стійка» для випробування матеріалів в режимі постійного навантаження

Експериментальну частину роботи реалізовано згідно з класичними методиками Кукіна Г. Н. та Коблякова А. І. Процес підготовки та проведення випробувань включав такі етапи:

- Відбір та розкрій проб: точкові проби розміром $(150 \pm 1) \times (300 \pm 1)$ мм відбирали з рулону на відстані не менше 1 м від його краю, забезпечуючи перпендикулярність до пружка тканини.
- Підготовка елементарних проб: із кожної точкової проби, з відступом від краю не менше 50 мм, викроювали серію елементарних проб розміром $50 \pm 1 \times 200 \pm 1$ мм. Під час розкрою суворо дотримувалися паралельності ниток основи та утку. Для забезпечення достовірності результатів випробували не менше трьох зразків кожного напрямку.

- Параметри навантаження: рівень деформування складав 10–25 % від розривного зусилля при попередньому натягу 0,05 %.

- Часові регламенти: тривалість статичного навантаження становила 60 хв, період релаксації (відпочинку) після зняття зусилля – 120 хв. Фіксацію першого показника деформації після розвантаження здійснювали через інтервал у 2-5 сек. Випробування проводили з використанням спеціалізованого приладу для визначення деформаційних властивостей текстилю, прецизійних ваг та підготовлених еталонних зразків.

Вимірювання довжини проб матеріалів за [31, 32] рекомендується проводити перед навантаженням ($t=0$) і далі через 0,08; 1; 5; 15; 30; 60 хв після прикладеного зусилля. Після розвантаження проб матеріалу, вимірювання їх довжин слід проводити в останній момент навантаження (перед розвантаженням) і далі через 0,08; 1; 5; 15; 30; 60; 120 хв після зняття зусилля.

При дослідженні релаксаційних процесів платтяно-костюмних матеріалів були отримані наступні їх характеристики:

- розривальне навантаження P_p (даН) – зусилля, яке витримують проби матеріалів при їх розтязі до моменту розриву;
- видовження при розриві – приріст довжини проби матеріалу, що розтягується до моменту його розриву;
- відносна величина видовження проби матеріалу до моменту його розриву ϵ_p (%) – визначається як відношення абсолютної величини видовження до початкової довжини;

- повна деформація – це величина повного видовження проби матеріалу після дії циклу «навантаження – розвантаження – відпочинок», яка складається із пружної, еластичної та пластичної складових частин, $\varepsilon = 100 \cdot (L_1 - L_0) / L_0$, %; де

L_0 – початкова затискна довжина проби матеріалу, L_1 – довжина робочої ділянки проби матеріалу після останнього вимірювання під навантаженням;

- умовно–пружна деформація – це частина повної деформації, яка є зворотною і швидко зникає після зняття навантаження, $\varepsilon_1 = 100 \cdot (L_1 - L_2) / L_0$, %; де L_2 – довжина робочої ділянки проби матеріалу (від 1 до 2 с) після зняття навантаження;

- умовно–еластична деформація – це частина повної деформації, яка зникає протягом деякого часу, $\varepsilon_2 = 100 \cdot (L_2 - L_3) / L_0$, %; де L_3 – довжина робочої ділянки проби матеріалу під час останнього вимірювання деформації після зняття навантаження (в період відпочинку);

- умовно–пластична деформація – це незворотна частина повної деформації, яка не зникає після довгого часу відпочинку проби матеріалу, $\varepsilon_3 = 100 \cdot (L_3 - L_0) / L_0$, %;

- доля умовно – пружної деформації ($\Delta \varepsilon_1 = \varepsilon_1 / \varepsilon$, %);

- доля умовно – еластичної деформації ($\Delta \varepsilon_2 = \varepsilon_2 / \varepsilon$, %);

- доля залишкової деформації ($\Delta \varepsilon_3 = \varepsilon_3 / \varepsilon$, %).

Таким чином, досліджувані зразки класифіковано за типом переплетення на три структурні групи: полотняну (П), атласну (А) та крупно-візерункову (К)» (рис. 3).

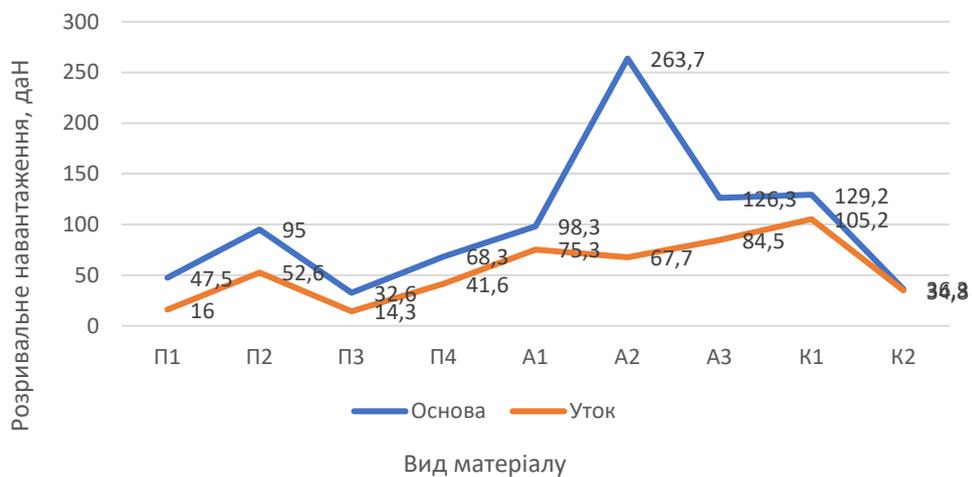


Рис. 3. Показники розривального навантаження матеріалів за основою і утком

Аналіз результатів експерименту (рис. 3) встановив, що для досліджуваних проб матеріалів верху характерною є виражена анізотропія механічних властивостей: максимальні значення розривного зусилля ($P_z = 33-264$ даН) зосереджені у поздовжньому напрямку (за основою), тоді як найвищі показники відносного видовження при розриві ($\varepsilon = 16,0-73$ %) спостерігаються у поперечному напрямку (за утком).

Комплексний аналіз графіків (рис. 4) свідчить, що тканин П (П1, П2) демонструють найвищу стабільність. Показники деформації за обома напрямками мінімальні та збалансовані (в межах 5–10%), що робить їх ідеальними для зон з високим навантаженням, де зміна форми небажана. Матеріали групи К (К1, К2) мають специфічну поведінку: К1 демонструє високу деформацію за основою, тоді як К2 – екстремально високу за утком (понад 40%). Це вказує на пухку структуру або використання еластомірних ниток в одному з напрямків. Серед атласної групи тканин зразки А2 та А3 мають низьку формостійкість за утком через високий відсоток залишкової деформації (ε_3).

При розкрії деталей корсета необхідно враховувати, що напрямок утку є найбільш вразливим до незворотного розтягування. Тому для забезпечення ефекту «утягування» основні навантаження мають припадати на напрямок основи (де ε_3 мінімальна). Таким чином, зразки П1 та П2 є найбільш придатними для силових елементів конструкції завдяки мінімальній залишковій деформації. Зразки А3 та К2 потребують додаткового дублювання або використання в деталях, що не несуть основного функціонального навантаження, через ризик швидкої втрати виробом первинної форми.

Тривале збереження встановленої просторової конфігурації під час носіння є одним із головних показників якості жіночих корсетних виробів. Здатність текстилю утворювати стійку об'ємну форму та протистояти зовнішнім навантаженням визначається як його формувальна здатність. Ця властивість є комплексною величиною, для вимірювання якої використовують систему прямих і опосередкованих аналітичних методів. Провідну роль у забезпеченні формостійкості відіграють характеристики опору згину, а саме пружність та жорсткість. Науково встановлено пряму кореляцію між модулем жорсткості готового виробу та аналогічними показниками обраного текстильного матеріалу.

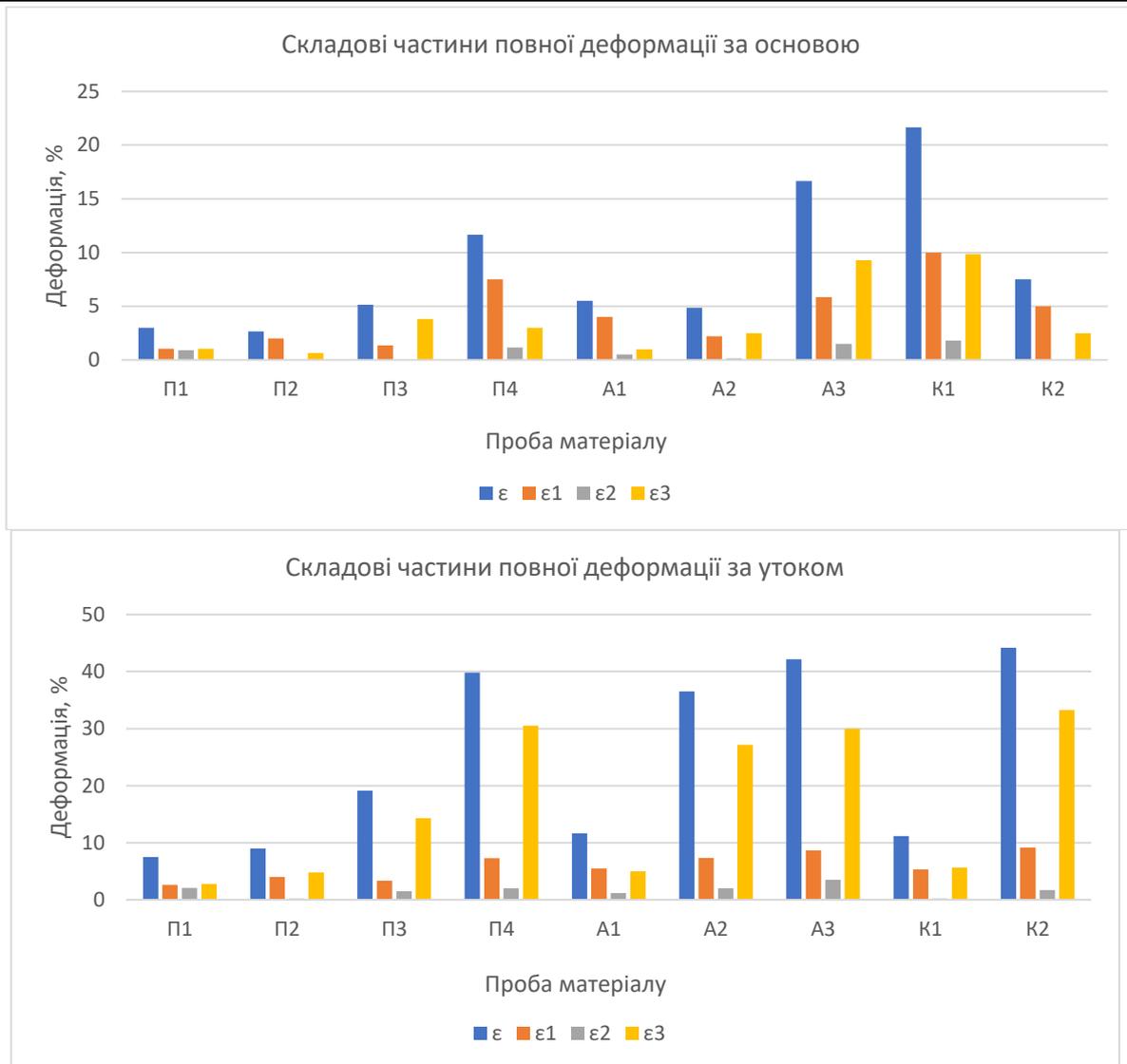


Рис. 4. Порівняльна характеристика розривного навантаження та компонентів деформації матеріалів корсетної групи

Тому, з метою вивчення потенціалу матеріалів до утворення об’ємних форм було використано метод консольного згину (із застосуванням приладу ПТ-2). Вибір цієї методики для аналізу жорсткості обґрунтований її здатністю точно фіксувати структурні нюанси полотен, що деформуються під впливом власної маси. Даний метод моделює процес вільного згину тканини, що дає змогу оцінити стійкість матеріалу до появи небажаних дефектів і заломів на складних вузлах корсетної конструкції. Поєднання результатів аналізу жорсткості із даними про розтяжність полотен забезпечує об’єктивне прогнозування функціональної поведінки матеріалів, що гарантує високу якість і довговічність готового продукту.

Умовне значення жорсткості розраховувалось за формулою:

$$E = \frac{42046m}{A}, \tag{1}$$

де E – жорсткість, мкН·см²;
 m – маса п’яти зразків тканини, г;
 A – коефіцієнт, функція відносного прогину f_0 .

Відносний прогин f_0 розраховується за формулою:

$$f_0 = \frac{f}{l} \tag{2}$$

де f – кінцевий прогин зразків, см;
 l – довжина кінців зразків, що звисають, см.

$$l = \frac{Z_0 - a}{2} \tag{3}$$

де l – довжина кінців зразків, що звисають, см.
 Z_0 – довжина зразка, см;
 a – довжина нерухомої частини площадки на приладі ПТ-2, см.

На рис. 5 наведена характеристика матеріалів за показниками жорсткості по основі і утку. Аналіз даних дозволив виділити серед кожної групи матеріали із високим значенням показника жорсткості: П2, А2, К1. Матеріал

П2 володіє найбільшими показниками жорсткості серед усіх досліджуваних проб матеріалів. На це значно впливає щільність матеріалу, вид переплетення. Зі збільшенням щільності жорсткість матеріалу збільшується, а зі збільшенням довжини перекриттів і зменшенням кількості зв'язків між системами – зменшується.

Матеріал атласного переплетення А2 завдяки рідким полям зв'язків також виготовляється з підвищеною щільністю, але, у порівнянні із матеріалом полотняного переплетення, має менші за значенням показники жорсткості, оскільки завдяки креповому крученню нитки в загальній структурі матеріалу закріплені слабкіше.

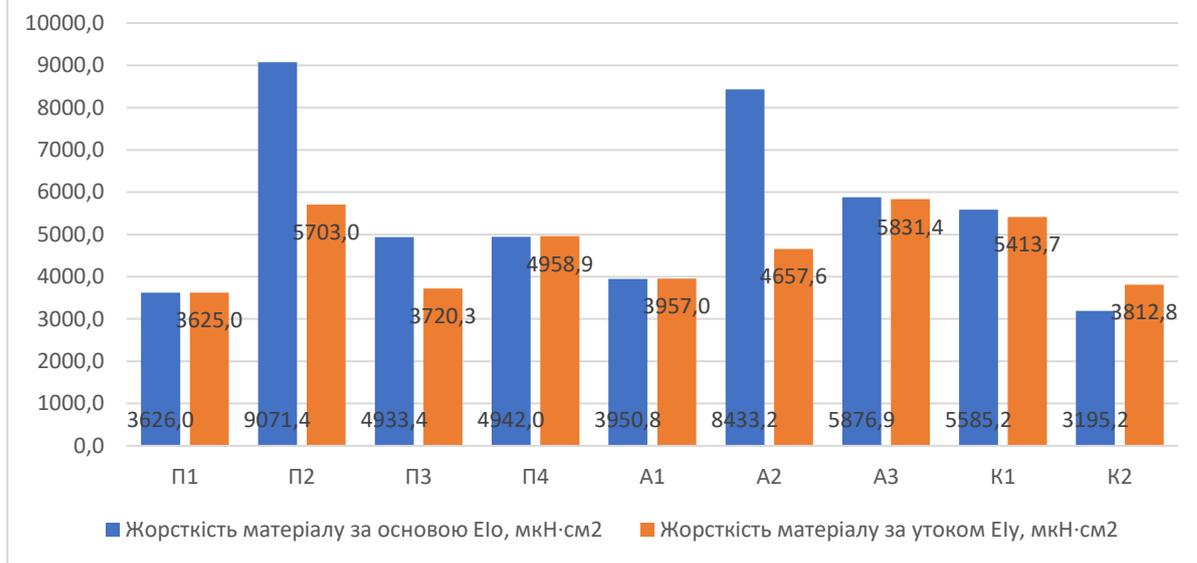


Рис. 5. Показники жорсткості матеріалів за основою і утком

Таким чином, характеристики деформації розтягу, які представлені складовими деформації повна ϵ і умовно-пластична ϵ_3 впливають на здатність торсу до утягування. Показник жорсткості характеризує утримування форми, а отже, самопочуття людини. Отже, їх необхідно узагальнити для дослідження зміни фізичного стану жінки під час носіння корсета.

Показники, отримані в результаті дослідження розривних характеристик матеріалів, необхідно оцінити з точки зору їх відповідності вимогам деформаційної здатності для забезпечення фізіолого-гігієнічних характеристик корсета. Оцінку виконано методом трикутника, який полягає в тому, що за комплексний показник деформаційної здатності матеріалу використана відносна площа трикутника, побудованого на трьох осях, розташованих під кутом 120° (рис. 6-7).

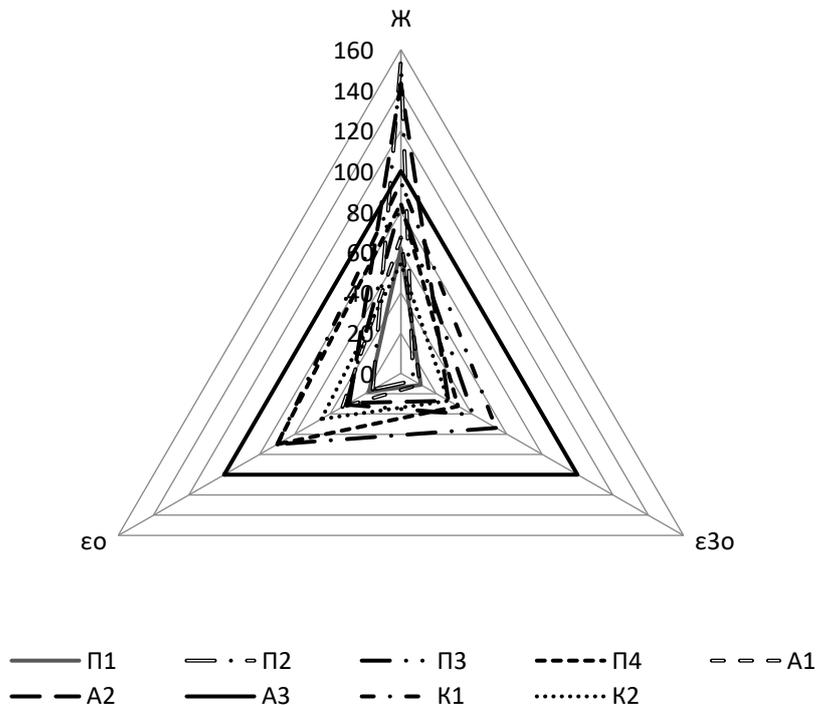


Рис. 6. Показники досліджуваних матеріалів у відсотках від базового А3 за основою

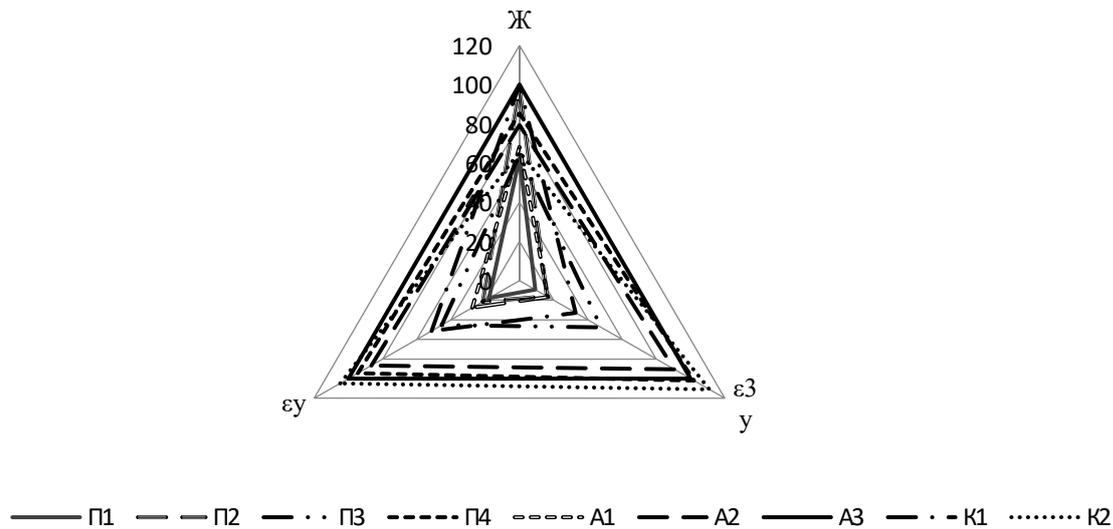


Рис. 7. Показники досліджуваних матеріалів у відсотках від базового А3 за утком

У результаті проведеного дослідження встановлено, що формостійкість та якість посадки корсетних виробів визначаються складною інтерференцією конструктивного членування та анізотропних властивостей текстильних полотен. Комплексний аналіз деформаційного потенціалу та міцнісних характеристик виявив критичну залежність між напрямком експлуатаційних зусиль та накопиченням залишкової деформації, яка за утком у 2–4 рази перевищує показники за основою. Зокрема, виявлено, що матеріали групи А (атласи) демонструють високу схильність до незворотного розтягування за утком при значній поздовжній міцності, тоді як тканини групи К (жакардові) характеризуються нестабільною опірністю деформаціям через пухку структуру візерункових переплетень. Порівняльна оцінка пелюсткових діаграм жорсткості (рис. 6, 7) та компонентів деформації дозволила ідентифікувати зразки груп П1 та П2 як найбільш придатні для створення стабільного каркаса виробу завдяки їхньому збалансованому опору статично-динамічним навантаженням.

Висновки

У результаті проведеного комплексного дослідження науково обґрунтовано підхід до вибору технологічних параметрів проектування корсетних виробів на основі деформаційних властивостей матеріалів. Отримані результати дозволяють сформулювати такі висновки:

1. Аналіз деформаційних процесів дев'яти типів тканин різних структурних груп (полотняних, атласних, крупно-візерункових) підтвердив наявність суттєвої анізотропії механічних характеристик. Встановлено, що максимальні значення розривного зусилля (до 264 даН) зосереджені за напрямком основи, тоді як поперечний напрямок (уток) характеризується підвищеною деформативністю (відносно видовження до 73%). Це обумовлює необхідність суворого орієнтування деталей корсета за ниткою основи в зонах найбільшого корегувального тиску для запобігання втрати форми.

2. Експериментально доведено, що для забезпечення стабільного антропометричного профілю визначальним є співвідношення між пружною та пластичною (залишковою) деформаціями. Виявлено, що бавовняні тканини полотняного переплетення (група П) мають найбільш стабільну структуру з мінімальною часткою пластичної складової (до 1–2%), тоді як атласні матеріали з еластаном (група А) схильні до накопичення незворотних деформацій за утком, що потребує їх додаткового технологічного зміцнення або дублювання.

3. На основі методу консольного згину визначено показники жорсткості матеріалів, які корелюють із їхньою здатністю утримувати просторову форму («каркасність»). Встановлено, що матеріали з показником жорсткості понад 8000 мкН·см² (зокрема зразок П2) є найбільш придатними для жорстких конструкцій з великою кількістю вертикальних членувань. Висока жорсткість забезпечує рівномірний розподіл тиску на м'які тканини тулуба та запобігає виникненню дефектів у вигляді заломів чи зміщення рельєфів під час експлуатації.

4. Вперше застосовано метод трикутників для інтегральної оцінки деформаційної здатності, що дозволило візуалізувати взаємозв'язок між повною деформацією, пластичною складовою та жорсткістю. Побудовані геометричні моделі стали основою для диференціації матеріалів на три технологічні категорії:

- «Стабілізатори» (висока жорсткість, мінімальна пластичність) – для базових шарів та силових вузлів;
- «Адаптивні» (збалансована пружність) – для виробів повсякденного призначення (грації, напівкорсети);
- «Декоративні» (висока деформативність) – потребують обов'язкового поєднання з жорсткими прокладковими матеріалами.

Запропонована методика дозволяє ще на етапі проектування вносити математично обґрунтовані корективи в конструктивні параметри деталей (величину припусків на вільне облягання та від'ємних припусків на «утягування»). Це мінімізує ризики накопичення незворотних деформацій, гарантує збереження естетичних та функціональних властивостей корсетних виробів протягом усього життєвого циклу та забезпечує фізіологічний комфорт споживача.

Література

1. Селезньова А. В. Розробка методу проектування жіночого корсету способом трансформації розгортки поверхні манекена : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.19 «Технологія текстильних матеріалів, швейних і трикотажних виробів» / Селезньова А. В. – Хмельницький : Хмельницький нац. ун-т. – 2013. – 200 с.
2. Liu X., Sun Y., Ji X., Yick K.-L., Cai L. Effects of elasticity distribution on pressure and breast displacement for sports bras based on numerical simulation // *J. Eng. Fibers Fabr.* – 2025. – Vol. 20. – P. 1–16. – DOI:10.1177/15589250251352043.
3. Shen J. Design and evaluation of mastectomy bras using 3D virtual prototyping // *Applied Sciences* – 2025. – Vol. 15, No. 4. – P. 1788. – DOI:10.3390/app15041788.
4. Bereznenko N. Research of viscoelastic and hygroscopic properties of adhesive, textile materials and packages based on them / N. Bereznenko, L. Bilotska, H. Szafranska // *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 2024. - № 5(2). - P. 161–168.
5. Процик Б. О. Напрями використання цифрового одягу в сучасній фешн-індустрії / Б. О. Процик, К. Л. Пашкевич, О. Д. Герасименко, Н. Р. Люклян // *Український мистецтвознавчий дискурс.* – 2023. – № 6. – С. 73–81.
6. Ігнатенко, І. В., & Зубкова, Л. І. (2023). Research of automated pattern grading process for products of different size groups in small enterprise. *Fashion Industry*, (2), 48–59. <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2023.2.3>
7. Slavinska A. Simulation model of the morphological field of data for constructing a universal design of trousers / Slavinska A., Syrotenko O., Dombrovska O., & Mytsa, V. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2020. – № 1(1 (103), С. 52–61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192590>
8. Slizkov A. and Mykhailova H. A systematic approach to the prediction of properties textile products. *Commodity science. Technologies. Engineering.* 47, 3 (Sep. 2023), 94–110. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2023\(47\)07](https://doi.org/10.31617/2.2023(47)07).
9. Ващенко Ю. О. Конфекціювання матеріалів для медичного одягу / Ю. О. Ващенко, Н. П. Супрун, Д. Р. Левицька // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія "Технічні науки".* – 2015. – № (92). – С. 227-232.
10. Zakharkevich O. V. Expert system to select the fabrics for transformable garments / O. V. Zakharkevich, T. Zhylenko, Y. Koshevko, S. Kuleshova, O. Ditkovska, G. Shvets // *Vlakna a Textil.* – 2018. – № 2. – P. 105–112.
11. Захаркевич О. В. Аналіз перспектив застосування полімерних матеріалів для виготовлення одягу спеціального призначення // О. В. Захаркевич, С. Г. Кулешова, С. В. Ткачук, С. В. Лук'яничук // *Вісник Хмельницького національного університету Серія: «Технічні науки».* – 2022. – №3. – С. 240-248. <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2022/07/vknu-ts-2022-n3-240-248.pdf>
12. Кулешова С. Г. Дизайн-проектування корпоративного одягу: естетичний та ергономічний аспекти / Кулешова С. Г., Кошевка, Ю.В, Кривицька І., Захаркевич О.В. & Балабанов В // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences.* – 2024. – № 333(2), С. 353-360. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-55>
13. Хасанова О. Аналіз та систематизація даних про смарт-текстиль для розробки танцювального одягу з використанням струмопровідної нитки / Хасанова О., Захаркевич О. // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences.* – 2024. – № 357(5.2), С. 315-331. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-100>
14. Li Y. The Science of Clothing Comfort / Y. Li // *Textile Progress.* – 2001. – Vol. 31, No. 1-2. – P. 1–135. DOI:10.1080/00405160108688951
15. Rossi R. Materials and Engineering of Medical Corsets and Compression Garments / R. Rossi // *Woodhead Publishing Series in Textiles.* – 2011. – P. 154–172.
16. Chongyang Ye, Rong Liu, Michael T. C. Ying, Fuyou Liang, Yu Shi Characterizing the biomechanical transmission effects of elastic compression stockings on lower limb tissues by using 3D finite element modelling // *Materials & Design.* – 2023. – 112182. DOI: 10.1016/j.matdes.2023.112182.
17. Seonyoung Youn, Sheng Zhan, Kavita Mathur Advanced Virtual Fit Technology for Precision Pressure Application in Medical Compression Waistbands // *Applied Sciences.* – 2024. – Vol. 14, №22, 10697. DOI: 10.3390/app142210697.
18. Kyzymchuk, O., Kyosev, Y. ., Melnyk, L., & Sadretdinova, N. (2023). The Investigation of the geometry changes of body legs with compression stocking in static position. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 4(2), 213–221. <https://doi.org/10.25367/cdatp.2023.4.p213-221>
19. Troynikov O. Development of pressure garment design for compression therapy based on 3D body scanning / O. Troynikov, E. Ashayeri, M. Ituarte // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education.* – 2018. – Vol. 11, No. 2. – P. 216–225. – DOI: 10.1080/17543266.2017.1391253.

20. Nergis B. Development of Cotton-Based Compression Stockings for Class II Compression Requirements / Nergis B., Candan C., Duru S. C. et al. // *Materials Circular Economy* 2022, 4, 4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00037-z>.

21. Ye, C.; Liu, R.; Wu, X.; Liang, F.; Ying, M.T.C.; Lv, J. New analytical model and 3D finite element simulation for improved pressure prediction of elastic compression stockings. *Materials & Design* 2022, 217, 110634. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110634>.

References

1. Seleznova A. V. Rozrobka metodu proektuvannya zhinochoho korsetu sposobom transformatsii rozghortky poverkhni manekena : dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk : spets. 05.18.19 «Tekhnolohiia tekstylnykh materialiv, shveinykh i trykotazhnykh vyrobiv» / Seleznova A. V. – Khmelnytskyi : Khmelnytskyi nats. un-t. – 2013. – 200 s.
2. Liu X., Sun Y., Ji X., Yick K.-L., Cai L. Effects of elasticity distribution on pressure and breast displacement for sports bras based on numerical simulation // *J. Eng. Fibers Fabr.* – 2025. – Vol. 20. – P. 1–16. – DOI:10.1177/15589250251352043.
3. Shen J. Design and evaluation of mastectomy bras using 3D virtual prototyping // *Applied Sciences* – 2025. – Vol. 15, No. 4. – P. 1788. – DOI:10.3390/app15041788.
4. Bereznenko N. Research of viscoelastic and hygroscopic properties of adhesive, textile materials and packages based on them / N. Bereznenko, L. Bilotska, H. Szafranska // *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 2024. - № 5(2). - P. 161–168.
5. Protsyk B. O. Napriamy vykorystannia tsyfrovoho odiahu v suchasni feshn-industrii / B. O. Protsyk, K. L. Pashkevych, O. D. Herasymenko, N. R. Liuklian // *Ukrainskyi mystetstvoznavchyi dyskurs.* – 2023. – № 6. – S. 73–81.
6. Ihnatenko, I. V., & Zubkova, L. I. (2023). Research of automated pattern grading process for products of different size groups in small enterprise. *Fashion Industry*, (2), 48–59. <https://doi.org/10.30857/2706-5898.2023.2.3>
7. Slavinska A. Simulation model of the morphological field of data for constructing a universal design of trousers / Slavinska A., Syrotenko O., Dombrovska O., & Mytsa, V. // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* – 2020. – № 1(1) (103), C. 52–61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192590>
8. Slizkov A. and Mykhailova H. A systematic approach to the prediction of properties textile products. *Commodity science. Technologies. Engineering.* 47, 3 (Sep. 2023), 94–110. DOI: [https://doi.org/10.31617/2.2023\(47\)07](https://doi.org/10.31617/2.2023(47)07).
9. Vashchenko Yu. O. Konfektsiuvannya materialiv dlia medychnoho odiahu / Yu. O. Vashchenko, N. P. Suprun, D. R. Levytska // *Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Serii "Tekhnichni nauky"*. – 2015. – № (92). – C. 227-232.
10. Zakharkevich O. V. Expert system to select the fabrics for transformable garments / O. V. Zakharkevich, T. Zhylenko, Y. Koshevkova, S. Kuleshova, O. Ditkovska, G. Shvets // *Vlakna a Textil.* – 2018. – № 2. – P. 105–112.
11. Zakharkevich O. V. Analiz perspektiv zastosuvannya polimernykh materialiv dlia vyhotovlennia odiahu spetsialnoho pryznachennia // O. V. Zakharkevich, S. H. Kuleshova, S. V. Tkachuk, S. V. Lukianchuk // *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu Serii: «Tekhnichni nauky».* – 2022. – №3. – S. 240-248. <http://journals.khnu.km.ua/vestnik/wp-content/uploads/2022/07/vknu-ts-2022-n3-240-248.pdf>
12. Kuleshova S. H. Dydzain-proiektuvannya korporatyvnoho odiahu: estetichnyi ta eronomichnyi aspekty / Kuleshova S. H., Koshevkova, Yu. V., Kryvytska I., Zakharkevich O. V. & Balabanov V // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences.* – 2024. – № 333(2), S. 353-360. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2024-333-2-55>
13. Khasanova O. Analiz ta systematyzatsiia danykh pro smart-tekstyl dlia rozrobky tantsiuvalnoho odiahu z vykorystanniam strumoprovodnoi nytky / Khasanova O., Zakharkevich O. // *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences.* – 2024. – № 357(5.2), S. 315-331. <https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-357-100>
14. Li Y. The Science of Clothing Comfort / Y. Li // *Textile Progress.* – 2001. – Vol. 31, No. 1-2. – P. 1–135. DOI:10.1080/00405160108688951
15. Rossi R. Materials and Engineering of Medical Corsets and Compression Garments / R. Rossi // *Woodhead Publishing Series in Textiles.* – 2011. – P. 154–172.
16. Chongyang Ye, Rong Liu, Michael T. C. Ying, Fuyou Liang, Yu Shi Characterizing the biomechanical transmission effects of elastic compression stockings on lower limb tissues by using 3D finite element modelling // *Materials & Design.* – 2023. – 112182. DOI: 10.1016/j.matdes.2023.112182.
17. Seonyoung Youn, Sheng Zhan, Kavita Mathur Advanced Virtual Fit Technology for Precision Pressure Application in Medical Compression Waistbands // *Applied Sciences.* – 2024. – Vol. 14, №22, 10697. DOI: 10.3390/app142210697.
18. Kyzymchuk, O., Kyosev, Y., Melnyk, L., & Sadretdinova, N. (2023). The Investigation of the geometry changes of body legs with compression stocking in static position. *Communications in Development and Assembling of Textile Products*, 4(2), 213–221. <https://doi.org/10.25367/cdatp.2023.4.p213-221>
19. Troynikov O. Development of pressure garment design for compression therapy based on 3D body scanning / O. Troynikov, E. Ashayeri, M. Ituarte // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education.* – 2018. – Vol. 11, No. 2. – P. 216–225. – DOI: 10.1080/17543266.2017.1391253.
20. Nergis B. Development of Cotton-Based Compression Stockings for Class II Compression Requirements / Nergis B., Candan C., Duru S. C. et al. // *Materials Circular Economy* 2022, 4, 4. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42824-021-00037-z>.
21. Ye, C.; Liu, R.; Wu, X.; Liang, F.; Ying, M.T.C.; Lv, J. New analytical model and 3D finite element simulation for improved pressure prediction of elastic compression stockings. *Materials & Design* 2022, 217, 110634. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2022.110634>.