

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Факультет мистецтв і моди

Кафедра технології моди

Кваліфікаційна робота

на тему

**РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПЕРЕПЛЕТЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРИКОТАЖНИХ ЧОХЛІВ ДЛЯ КУЛЬТИ**

Виконала: студентка групи МГЗІМ-23
спеціальності 182 Технології легкої промисловості
Інна ДУДНИК

Керівник д.т.н., проф. Людмила ГАЛАНСЬКА

Рецензент к.т.н., доц. Тетяна ДЗИКОВИЧ

Київ 2024

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУФакультет мистецтв і модиКафедра технології модиСпеціальність 182 Технології легкої промисловостіОсвітня програма Індустрія моди**ЗАТВЕРДЖУЮ****Завідувач кафедри технології моди**_____ **Ольга ГАРАНІНА**

« _____ » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ**_____ **Дудник Інни Олександрівни** _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Розробка структури переплетення та дослідження властивостей трикотажних чохла для культуНауковий керівник роботи Галавська Л.Є., доктор технічних наук, професор, професор кафедри технологій моди _____,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» вересня 2024 р. №188-учСтрок подання студентом роботи _____ 20.11.2024 _____Вихідні дані до роботи Зразки трикотажних матеріалів, вироблені на круглопанчішному автоматі 13 класу з використання бавовняної пряжі та поліамідної текстурованої нитки з еластановим сердечником

Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1 Стан розробок та досліджень у сфері виготовлення функціональнихтрикотажних чохла для культу. Розділ 2. Об'єкти та методи досліджень. Розділ3. Дослідження впливу технологічних факторів процесу в'язання на параметрийого структури. Розділ 4. Дослідження впливу технологічних факторів нарелаксаційні характеристики трикотажного матеріалу чохла для культу.Загальні висновки. Список використаних літературних джерел. Додатки.

5. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Вступ	Галавська Л.Є., професор кафедри ТМ		
Розділ 1	Галавська Л.Є., професор кафедри ТМ		
Розділ 2	Галавська Л.Є., професор кафедри ТМ		
Розділ 3	Галавська Л.Є., професор кафедри ТМ		
Розділ 4	Галавська Л.Є., професор кафедри ТМ		
Висновки	Галавська Л.Є., професор кафедри ТМ		

6. Дата видачі

завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів дипломної магістерської роботи	Термін виконання	Примітка про виконання
1	Загальна характеристика роботи	20.08.2024	
2	Розділ 1. Стан розробок та досліджень у сфері виготовлення спеціального захисного одягу та засобів індивідуального захисту	01.09.2022	
3	Розділ 2. Об'єкти та методи досліджень	15.09.2024	
4	Розділ 3. Дослідження впливу технологічних факторів процесу в'язання на параметри його структури.	21.10.2024	
5	Розділ 4. Дослідження впливу технологічних факторів на релаксаційні характеристики трикотажного матеріалу чохла для культу.	04.11.2024	
6	Загальні висновки	11.11.2024	
7	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	13.11.2024	
8	Здача кваліфікаційної роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	14.11.2024	
9	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність текстових співпадінь та помилок (за 10 днів до захисту)	__ .11.2024	
10	Подання дипломної магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	__ .11.2024	

Студент _____ Інна ДУДНИК

Науковий керівник роботи _____ Людмила ГАЛАВСЬКА

Директор НМЦУПФ _____ Олена ГРИГОРЕВСЬКА

АНОТАЦІЯ

Дудник Інна Олександрівна. Розробка структури переплетення та дослідження властивостей трикотажних чохла для культі. – Рукопис.

Кваліфікаційна робота здобувача другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 182 – Технології легкої промисловості. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2024 рік.

Актуальність теми. Тривала війна в Україні привела до зростання частки людей працездатного віку з травматичною ампутацією як серед військовослужбовців, так і серед цивільного населення. Наразі протезні технології дозволяють ампутантам продовжувати вести звичний спосіб життя та зберігати соціальний статус, незважаючи на втрату кінцівки. Однак між ампутацією та протезуванням проходить тривалий процес реабілітації, яка передбачає компресійну терапію з метою корекції формування кукси, відновлення рубців та профілактики набряків. Компресійні чохла забезпечують компресійну терапію, яка слугує засобом запобігання набряку та сприяє корекції формування культі. Тому розробка функціональних чохла для кукси є актуальною задачею, вирішення якої передбачає проведення додаткових досліджень.

Мета – розробка функціональних трикотажних матеріалів трубчастої для виготовлення компресійних чохла для культі та дослідження їх параметрів структури та деформаційних характеристик при навантаженнях, менших за розривні.

Завдання – розробка трикотажного матеріалу та технології виготовлення трикотажного чохла для культі із заданими параметрами структури та деформаційними характеристиками.

Результати досліджень. У ході досліджень розроблено структуру трикотажного матеріалу трубчастої форми із розташуванням еластомерної

нитки в структурі ґрунту у вигляді пресових накидів та протяжок з рапортом прокладання 1+1 та 1+3. Дослідні зразки вироблено на круглопанчішному автоматі 13 класу з діаметром циліндра 3,75 дюйма. У процесі в'язання змінювали натяг еластомерної нитки шляхом зміни швидкості подачі еластомерної нитки у структуру ґрунту. При цьому змінювали щільність в'язання по вертикалі на трьох рівнях.

Виявлено, що на довжину нитки в петлі впливає заданий параметр щільності в'язання по вертикалі та рапорт прокладання еластомерної нитки. Усі інші досліджувані параметри петельної структури та лінійні виміри трикотажних напівфабрикатів трубчастої форми виявились чутливими до зміни швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання, щільності в'язання по вертикалі та рапорту прокладання еластомерної (резинової) нитки в структуру ґрунту трикотажного матеріалу. Встановлені у ході досліджень кореляційні залежності дозволяють проектувати трикотажні матеріали та виробити трубчастої форми для чохла із заданими параметрами петельної структури.

З'ясовано характер впливу щільності в'язання ґрунту за умови незмінної швидкості подачі еластомерної нитки на деформаційні характеристики трикотажного матеріалу. При цьому встановлено, що за умови незмінної щільності в'язання швидкість подачі еластомерної нитки не має суттєвого впливу на деформаційні характеристики трикотажу. Завдяки введенню у структуру трикотажного матеріалу еластомерної нитки рівень залишкової деформації складає по ширині не більше 2%, по довжині не перевищує 6%, що говорить про достатній рівень формостабільності під впливом експлуатаційних навантажень.

Ключові слова: *чохол для культі, компресійний чохол для культі, функціональний трикотажний матеріал, параметри структури трикотажу, рапорт прокладання еластомерної нитки, деформаційні характеристики трикотажного матеріалу, розтяжність трикотажу.*

ANNOTATION

Dudnyk Inna Oleksandrivna. Development of the weave structure and the study of the properties of knitted covers for stumps. – Manuscript.

Qualifying work of the second (master's) level of higher education in specialty 182 - Consumer industry technologies. – Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, 2024.

Relevance of the topic. The ongoing war in Ukraine has led to an increase in the proportion of people of working age with traumatic amputations among both military personnel and civilians. Today, prosthetic technology allows amputees to continue to lead a normal life and maintain their social status despite the loss of a limb. However, between amputation and prosthetics, there is a lengthy rehabilitation process that involves compression therapy to correct stump formation, restore scars, and prevent edema. Compression covers provide compression therapy, which serves as a means of preventing swelling and helps to correct stump formation. Therefore, the development of functional stump covers is an urgent task that requires additional research.

The goal is the development of functional tubular knitted materials to manufacture compression covers for stumps and to study their structural parameters and deformation characteristics under loads less than breaking.

Task - Develop knitted material and manufacturing technology for a knitted cover for a stump with given structure parameters and deformation characteristics. In the course of research, the structure of the tubular knitted material with the arrangement of the elastomeric thread in the soil structure in the form of press casts and stretches with the laying ratio of 1+1 and 1+3 was developed. Test samples were produced on a class 13 round stocking machine with a cylinder diameter of 3.75 inches. In the knitting process, the elastomer thread's tension was changed by changing the speed of feeding the elastomer thread into the soil structure. At the

same time, the knitting density was changed vertically on three levels. The length of the thread in the loop was found to be affected by the given parameter of the vertical knitting density and the elastomeric thread laying ratio. All other investigated parameters of the loop structure and linear measurements of tubular knitted semi-finished products were found to be sensitive to changes in the speed of feeding the elastomeric thread into the knitting zone, the density of vertical knitting, and the ratio of laying the elastomeric (rubber) thread into the soil structure of the knitted material. Correlation dependencies established during research make it possible to design knitted materials and tubular products for covers with the given parameters of the loop structure. The nature of the influence of the density of soil knitting under the condition of constant feed speed of the elastomeric thread on the deformation characteristics of the knitted material has been clarified. At the same time, it was established that, under the condition of constant knitting density, the elastomeric thread's feed rate does not significantly affect the deformation characteristics of the knitted fabric. Due to the introduction of an elastomeric yarn into the structure of the knitted material, the residual deformation level is no more than 2% in width and no more than 6% in length, which indicates a sufficient level of form stability under the influence of operational loads

Key words: *cover for a stump, compression cover for a stump, functional knitted material, knitwear structure parameters, elastomeric thread laying report, knitted material deformation characteristics, knitwear extensibility.*

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.....	9
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1. СТАН РОЗРОБОК ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ТРИКОТАЖНИХ ЧОХЛІВ ДЛЯ КУЛЬТІ	15
1.1 Аналіз класифікаційних ознак, будови та конструкції функціональних текстильних матеріалів та виробів для догляду за ампутованою кінцівкою	15
1.2 Аналіз видів переплетень, що використовуються для виготовлення компресійних виробів медичного призначення	19
1.3 Шляхи досягнення комфортності компресійних виробів медичного призначення	24
1.4 Аналіз видів сировини, що використовуються для виготовлення компресійних текстильних матеріалів медичного призначення	26
1.5 Аналіз наукових праць за напрямом досліджень.....	29
Висновки до розділу 1.....	31
РОЗДІЛ 2. ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
Методологія визначення параметрів структури розроблених зразків трикотажних матеріалів.....	35
Методологія визначення розтяжності розроблених зразків трикотажних матеріалів за навантажень, менших за розривне.....	36
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ В'ЯЗАННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЙОГО СТРУКТУРИ.....	37
Висновки до розділу 3.....	46
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РЕЛАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРІАЛУ ЧОХЛА ДЛЯ КУЛЬТІ.....	48
Висновки до розділу 4.....	66
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	67
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
Додатки до кваліфікаційної роботи А-Л.....	83

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність. Війна в Україні змінила вектор наукових досліджень у сфері трикотажного виробництва, що обумовлено потребою у вітчизняних зразках трикотажних матеріалів та виробів медичного призначення. Зокрема внаслідок великої кількості за останні три роки людей з мінно-вибуховими ураженнями кінцівок, які призвели до їх ампутації, не лише серед військовослужбовців, а й цивільного населення, виникла потреба у розробці вітчизняних функціональних трикотажних матеріалів, призначених для виготовлення чохла для культи. Медичний текстиль для догляду за ампутованою кінцівкою у післяопераційний період, на етапі реабілітації та підготовки до протезування відіграє важливу роль у ефективній корекції формування культи. Реабілітація перед протезуванням включає компресійну терапію, масаж рубців, гігієну кукси та фантомне знеболення. Компресійна терапія забезпечується завдяки використанню трикотажних матеріалів та виробів заданої форми з компресійними властивостями.

Мета – розробка функціональних трикотажних матеріалів трубчастої для виготовлення компресійних чохла для культи та дослідження їх параметрів структури та деформаційних характеристик при навантаженнях, менших за розривні.

Задачі досліджень:

- аналіз асортименту чохла для культи та вимог, що висувуються до них;
- розробка структури переплетення та планування експериментальних досліджень;
- виготовлення на круглопанчішному автоматі дослідних зразків трикотажних матеріалів трубчастої форми за умови зміни щільності в'язання, натягу еластомерної нитки та рапорту її прокладання;
- дослідження впливу технологічних параметрів в'язання на параметри структури та релаксаційні характеристики розроблених зразків трикотажних матеріалів.

Об'єкт досліджень – процес виготовлення трикотажних матеріалів, призначених для виготовлення функціональних чохлів для культі.

Предмет досліджень – трикотажний матеріал трубчастої форми, призначений для виготовлення чохлів для культі.

Методика. Для одержання функціональних трикотажних матеріалів, що можуть бути рекомендовані у виробництві чохлів для культі, реалізовано методи аналізу й синтезу науково-технічної літератури, а також стандартизовані методи дослідження параметрів структури та деформаційних характеристик при навантаженнях, менших за розривні.

Результати. У ході досліджень розроблено структуру трикотажного матеріалу трубчастої форми із розташуванням еластомерної нитки в структурі ґрунту у вигляді пресових накидів та протяжок з рапортом прокладання 1+1 та 1+3. Дослідні зразки вироблено на круглопанчішному автоматі 13 класу з діаметром циліндра 3,75 дюйма. У процесі в'язання змінювали натяг еластомерної нитки шляхом зміни швидкості подачі еластомерної нитки у структуру ґрунту. При цьому змінювали щільність в'язання по вертикалі на трьох рівнях.

Виявлено, що на довжину нитки в петлі впливає заданий параметр щільності в'язання по вертикалі та рапорт прокладання еластомерної нитки. Усі інші досліджувані параметри петельної структури та лінійні виміри трикотажних напівфабрикатів трубчастої форми виявились чутливими до зміни швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання, щільності в'язання по вертикалі та рапорту прокладання еластомерної (резинової) нитки в структуру ґрунту трикотажного матеріалу. Встановлені у ході досліджень кореляційні залежності дозволяють проєктувати трикотажні матеріали та виробити трубчастої форми для чохлів із заданими параметрами петельної структури.

З'ясовано характер впливу щільності в'язання ґрунту за умови незмінної швидкості подачі еластомерної нитки на деформаційні характеристики трикотажного матеріалу. При цьому встановлено, що за умови незмінної

щільності в'язання швидкість подачі еластомерної нитки не має суттєвого впливу на деформаційні характеристики трикотажу. Завдяки введенню у структуру трикотажного матеріалу еластомерної нитки рівень залишкової деформації складає по ширині до 2%, по довжині не більше 6%, що говорить про достатній рівень формостабільності під впливом експлуатаційних навантажень.

Наукова новизна. У ході експериментальних досліджень визначено характер впливу щільності в'язання, швидкості подачі еластомерної нитки та рапорту її прокладання на довжину нитки в петлі, товщину, поверхневу густину трикотажу та ширину трубки напівфабрикату виробу. Виявлено характер впливу щільності в'язання ґрунту за умови незмінної швидкості подачі еластомерної нитки на деформаційні характеристики трикотажного матеріалу. При цьому встановлено, що за умови незмінної щільності в'язання швидкість подачі еластомерної нитки не має суттєвого впливу на деформаційні характеристики трикотажу.

Практичне значення. Розроблено асортимент трикотажних матеріалів трубчастої форми, що можуть бути рекомендовані для виготовлення компресійних чохлах для культі. Упровадження у промислове виробництво в Україні даних зразків трикотажних матеріалів сприятиме імпортозаміщенню у використанні функціональних чохлах для ампутованих кінцівок та в цілому дозволять підвищити рівень якості трикотажних матеріалів та виробів медичного призначення, що використовуються у мобільних військових шпиталях для надання медичної допомоги людям з мінно-вибуховими ураженнями кінцівок, які призвели до їх ампутації, не лише серед військовослужбовців, а й цивільного населення.

Ключові слова: *чохол для культі, компресійний чохол для культі, функціональний трикотажний матеріал, параметри структури трикотажу, рапорт прокладання еластомерної нитки, деформаційні характеристики трикотажного матеріалу, розтяжність трикотажу.*

ВСТУП

Наразі війна в Україні зумовлює все більшу актуальність проблеми лікування пацієнтів із мінно-вибуховими пораненнями внаслідок мінометних обстрілів, обстрілів реактивною артилерією, підриву на мінній розтяжці не лише з числа військовослужбовців, а й цивільного населення. Значна частина мінно-вибухових ушкоджень верхніх та нижніх кінцівок безпосередньо (поранення магістральних судин, мінно-вибухові відчленування та вибухове руйнування кінцівки) або через свої ускладнення призводять до втрати сегмента кінцівки.

Травматична ампутація нижніх кінцівок є серйозною проблемою сучасного життя українців. Наявність хворих з ампутованими кінцівками передбачає величезні матеріально-економічні витрати на медичну та соціальну реабілітацію. Тому лікування травматичних ампутованих кінцівок має бути зосереджено не лише на початковій стабілізації та контролі кровотечі зі збереженням життя, а й на забезпеченні подальшої функціональності кінцівки шляхом формування кукси, придатної для подальшого протезування. Все це зумовлює потребу у створенні ефективних засобів, підходів до лікування й реабілітації постраждалих військовослужбовців та цивільного населення у післяопераційний період (після ампутації кінцівки) та на етапі підготовки до протезування.

Для досягнення загоєння кукси після ампутації застосовуються різні методи, такі як м'які пов'язки з наступним еластичним обертанням кукси, жорсткі пов'язки, напівжорсткі пов'язки, а останнім часом – застосування силіконових або гелевих вкладишів [1-10]. Традиційно на залишкову кінцівку накладають м'які пов'язки, а протез встановлюють лише після загоєння та дозрівання залишкової кінцівки. Обробка ділянки післяопераційної ампутації за допомогою простих м'яких пов'язок зазвичай розглядається як найменш дорога та трудомістка стратегія. Однак, початкову економію коштів слід співставляти з витратами, пов'язаними з тривалим терміном реабілітації, який

залежить від ефективності загоєння ранової поверхні та скорочення терміну підготовки кукси до протезування [10-11].

Переваги м'якої марлевої пов'язки включають легкість застосування, полегшення огляду стану ранової поверхні та низьку вартість. Недоліки м'яких пов'язок полягають у застосуванні еластичного обгортання, яке може спричинити сильний локальний або проксимальний тиск і, як наслідок, призведе до погіршення загоєння шкіри; у їх недостатній надійності утримання на куксі (марлеві пов'язки розпушуються та спадають з культі); у підвищеній ймовірності згинальної контрактури колінного суглоба; у тривалому періоді постільного режиму або обмеженої мобілізації і як наслідок, збільшення часу перебування у лікарні та відповідно зростання витрат на медичне обслуговування [12, 13].

Розробка функціональних компресійних чохлів для культі сприятиме ефективному догляду за рановою поверхнею у післяопераційний період, усуненню загрози розвитку патогенної мікрофлори під пов'язкою, створенню тиску для усунення набряку, зменшенню фантомного болю, загоєнню рубців та правильному формуванню кукси для реалізації подальшого етапу протезування. Набряк є природною реакцією організму на хірургічне втручання. За нормальних умов набряк спадає через один-два тижні. Поки не знято швів, рана перев'язується не туго. Після цього настає етап компресійної терапії з метою зниження набряку та підготовки кукси до протезування. Вона сприяє покращенню кровообігу в культі, знижує біль та прискорює загоєння шраму.

Для усунення набряку використовують еластичний бинт, компресійний трикотаж, силіконовий чохол, лімфодренуючий масаж, який робить фахівець. Спочатку всі вищезгадані дії виконує медичний персонал, навчаючи родичів і самого пацієнта. Для визначення ефективності протинабрякової терапії проводять вимірювання кола кукси вранці та ввечері в одних і тих самих точках вимірювання, щоб розуміти динаміку спадання набряку.

У разі використання еластичного бинта пов'язка не повинна бути вільною чи тісною. Бинтування кукси проводять вранці після сну, знімається пов'язка перед сном: тиск у дистальній (нижній) частині кукси має бути максимальним, але не болючим. Чим бинтування вище за культею, тим тиск менший. Це дозволяє уникнути обмеження циркуляції крові у культі. Дана процедура є достатньо складною для пацієнта та враховуючи вищезазначене – небезпечною з точки зору спричинення негативної динаміки загоєння ранової поверхні культі [14]. Тому функціональні компресійні чохла для кукси з антибактеріальною дією є важливим доповненням у післяопераційний період та на етапі підготовки до протезування. Компресійні чохла, як вироби заданої форми, прості у використанні та забезпечують рівномірний тиск від дистальної до проксимальної області кукси. Такі чохла не лише покращуватимуть кровообіг та зменшуватимуть післяопераційний набряк, а й запобігатимуть появі набряків, дерматитів після зняття протезу. Використання таких чохла дозволяє пацієнту без зайвої допомоги легко і зручно забезпечити рівномірний тиск від дистальної до проксимальної області кукси. Особливо ефективними є використання таких компресійних чохла на етапі первинної ампутації у військових мобільних шпиталях та у шпиталях, що розташовані поблизу зони військового конфлікту.

Таким чином, розробка трикотажних матеріалів та виробів заданої форми для виготовлення функціональних компресійних чохла є актуальною задачею, що потребує додаткових досліджень впливу технологічних параметрів в'язання на параметри структури та властивості трикотажу.

РОЗДІЛ 1

СТАН РОЗРОБОК ТА ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ТРИКОТАЖНИХ ЧОХЛІВ ДЛЯ КУЛЬТІ

1.1 Аналіз класифікаційних ознак, будови та конструкції функціональних текстильних матеріалів та виробів для догляду за ампутованою кінцівкою.

Однією з найважливіших галузей функціонального текстилю є медичний текстиль, важливість якого зумовлена його відношенням до здоров'я людини. Медичні текстильні вироби можна класифікувати за чотирма основними секторами: імплантовані матеріали, неімплантовані матеріали, екстракорпоральні пристрої та засоби гігієни та охорони здоров'я [15].

Відповідно до класифікації до групи неімплантованого медичного текстилю віднесено різноманітні лікувально-профілактичні компресійні опори та інший компресійний одяг. Багато різних функціональних текстильних виробів для підтримки кінцівок або компресійної терапії зазвичай відносять до медичного текстилю. Використання компресійних текстильних виробів у медичних цілях значно зросло з 1970 року. Спочатку ці вироби використовувалися для тиску вздовж тіла людини для лікування шрамів від опіків та лікування післяопераційних станів. Сьогодні використання компресійних виробів розширилося до застосувань для венозної та лімфатичної систем, загоєння пошкоджень кісток і м'язів, контролю м'язів тощо. Область медичного текстилю дуже обширна. Медичний текстиль охоплює вироби від ковдр для першої допомоги до високотехнологічних виробів, таких як штучні судини чи хірургічні сітки .

В окрему групу формується медичний текстиль для догляду за ампутованою кінцівкою у післяопераційний період, на етапі реабілітації та протезування. Поява таких текстильних виробів обумовлена тим, що у разі використання протезів та ортезів певні зони шкіри людини внаслідок

ампутації кінцівки та порушення кровообігу відчують сильне навантаження, на яке вони не були розраховані природою. При цьому тиск на ділянку ампутації кінцівки, тертя, потовиділення та інші відчуття фізичного дискомфорту призводять до виникнення у користувача сильного болю в області контакту кукси з протезом чи ортезом.

У разі ампутації кінцівки для профілактики посттравматичних набряків, покращення кровопостачання кукси та для запобігання формування набряків після зняття протезу застосовують компресійні чохла. Такі чохла є важливим допоміжним засобом для протезування у післяопераційний період. З їх допомогою забезпечується рівномірний тиск, що знижується у напрямку дистанального до проксимального. Перевагами використання компресійних чохла порівняно з еластичними бинтами є в першу чергу простота застосування, гарна фіксація на ампутованій кінцівці, швидке усунення набряку, високий комфорт при носінні, достатня повітро- та паропроникність, вологопоглинання текстильного виробу у поєднанні з компресійним ефектом.

Асортимент чохла для кукси визначається рівнем ампутації кінцівки та рівнем фізичної активності користувача. За рівнем ампутації кінцівки розрізняють компресійні чохла на куку гомілки першого та другого класу компресії (два види розмірів по довжині: у разі ампутації на рівні вище гомілкового суглобу; у разі ампутації на рівні нижче коліна) та чохла на куку стегна також двох класів компресії (два види розмірів по довжині: при ампутації на рівні вище коліна; при ампутації на рівні нижче паху). Слід зауважити, що компресійний чохол для кукси у разі ампутації на рівні нижче паху має додаткову систему кріплення на поясі пацієнта (табл. 1.1).


Згідно зі знаннями виробників ортопедичних опор [16-19], ортопедичні опори також повинні бути зручними, ергономічними, легко ставитися і зніматися. Оскільки опори для колін носяться постійно та знаходяться в прямому контакті зі шкірою, важливість функцій комфорту є високою, також необхідно забезпечити, щоб пацієнт міг носити опору протягом певного часу.

Матеріали, які використовуються для виготовлення опор, повинні мати відповідні властивості: хорошу теплопровідність, хороші властивості пропускання водяної пари, належну міцність і еластичність.

Таблиця 1.1

Аналіз застосування та призначення чохла для кукси

Ділянка ампутованої кінцівки	Опис	Функціональність
функціональна профілактика		
 <p>https://www.amazon.com/JianiMed-Prosthetic-Compression-HealthCare-Excellence/dp/B0CDKNMZLK</p>	Компресійна підтримка кукси руки	Компресійний чохол для кукси руки суцільнов'язаний зі стандартною компресією для безпеки та ефективності, призначений для запобігання набряку та відновлення кровопостачання.
 <p>https://www.juzo.com/en/products/compression-garments/oedema-therapy/flat-knit-compression-for-maintenance-therapy/juzo-stump-shrinkers</p>	Компресійна підтримка кукси стегна	Компресійний чохол для кукси 1 та 2 класів компресії різної довжини в залежності від рівня ампутації з використанням трьох видів сировини (поліестер, екологічно чиста бавовна, нитки з антибактеріальним ефектом срібної нитки X-Static) для комфортного використання. Призначений для регулярного носіння з метою запобігання та лікування набряку, відновлення кровопостачання та формування кукси.
 <p>https://www.juzo.com/en/products/compression-garments/oedema-therapy/flat-knit-compression-for-maintenance-therapy/juzo-stump-shrinkers</p>	Компресійна підтримка кукси стегна	Компресійний чохол для кукси 1 та 2 класів компресії з утримувачем на поясі у разі ампутації ближче до паху з використанням трьох видів сировини (поліестер, екологічно чиста бавовна, нитки з антибактеріальним ефектом срібної нитки X-Static) для комфортного використання. Призначений для регулярного носіння з метою запобігання та лікування набряку, відновлення кровопостачання та формування кукси.

 <p>https://www.juzo.com/en/products/compression-garments/oedema-therapy/flat-knit-compression-for-maintenance-therapy/juzo-stump-shrinkers</p>	<p>Компресійна підтримка кукси стегна</p>	<p>Компресійний чохол для кукси 1 та 2 класів компресії з утримувачем на поясі у вигляді бандажу у разі ампутації ближче до паху з використанням трьох видів сировини (поліестер, екологічно чиста бавовна, нитки з антибактеріальним ефектом срібної нитки X-Static) для комфортного використання. Призначений для регулярного носіння з метою запобігання та лікування набряку, відновлення кровопостачання та формування кукси.</p>
--	---	--

Основне першочергове призначення чохлів для кукси є захист шкірного покриву, поглинання поту, попередження тертя, почервоніння та перепаду температури. За видами сировини, що використовується для виготовлення чохлів, розрізняють бавовняні й вовняні чохла, а також чохла виготовлення з пряжі нового покоління з ефектом виведення поту та регулювання температури. Слід також відзначити, що чохла для кукси щоденного використання виготовляють 1, 3 або 5-шаровими для забезпечення правильної посадки кукси у гнізді протезу. Виготовлення чохлів різної товщини обмовлено втратою чи збільшенням об'єму кукси. Такі чохла забезпечують бездоганну інтеграцію кукси з протезом. За рахунок вибору сировини для його виготовлення забезпечується зниження температури на градус-два, а також здатність відводити вологу, забезпечуючи комфорт протягом усього дня.

Під час проектування та виробництва компресійних виробів моделювання продукту має базуватися на аналізі явища компресії [20-22]. Необхідно також оцінити механічні властивості використовуваних матеріалів і, особливо, явище релаксації, яке виникає під час тривалого носіння. Через релаксацію напруги значення компресії, якщо порівнювати щойно виготовлений продукт і той самий продукт після кількох годин носіння, можуть значно відрізнятись [22]. В даний час розробка та виробництво компресійних виробів базується на однаковому відсотковому зменшенні розмірів основного структурного периметра порівняно з відповідними значеннями розмірів тіла пацієнта [23].

Крім того, дуже важливо поєднати відповідну компресію та індивідуальні параметри споживача. Тому вимірювання об'ємів кінцівки зазвичай виконуються у співпраці з лікарями та виробниками. Технологія тривимірного сканування тіла, яка використовується для фіксації антропометричних розмірів, стає звичайним інструментом для досліджень, проектування та виробництва [24-27]. Тривимірне сканування дозволяє проектувати компресійні вироби, оцінювати індивідуальні розміри кінцівок людини, що призводить до більш точного вимірювання об'єму кінцівок і більш відповідного сконструйованого компресійного продукту.

Цифровізація процесу проектування забезпечує створення компресійних виробів заданої форми з підвищеним рівнем комфорту та функціональності завдяки їх відповідності формі та розміру кінцівки конкретного пацієнта з його особливостями формування культу і можливості забезпечити розподіл тиску, який створює виріб упродовж кінцівки.

1.2 Аналіз видів переплетень, що використовуються для виготовлення компресійних виробів медичного призначення.

Вибір виду переплетення обумовлене функціональними властивостями та цільовим призначенням компресійного виробу. Теоретично еластомерна нитка до структури трикотажу може бути введена такими основними способами: прокладання у вигляді утокової нитки; прокладання у вигляді начерків; пров'язування у петлі. Від способу закріплення еластомерної нитки у структурі трикотажу залежатимуть властивості отриманого полотна, структура його поверхні та розташування еластомерної нитки (всередині або на поверхні полотна). При виборі способу закріплення еластомерної нитки у структурі трикотажу слід керуватися технологічними можливостями обладнання, властивостями ґрунтового переплетення та вимогами до трикотажних полотнів певного призначення. Оптимальний той варіант, який забезпечує надійне закріплення еластомерної нитки у структурі трикотажу під час експлуатації, рівномірність петельної структури, пружність та формостійкість еластичного трикотажу. Причому, залежно від конструкції реабілітаційного виробу, для виготовлення можуть використовуватися

полотна з підвищеною розтяжністю як в одному напрямку, так і в обох напрямках.

Сучасні вироби виготовляються з використанням як основов'язаних, так і кулірних еластичних трикотажних матеріалів. У виробках, що виготовляються з трикотажу обмеженої ширини (корсетні вироби, бинти або підсилювальні стрічки в інших виробках) використовуються основов'язані стрічки, еластомерний компонент у яких вводиться у вигляді поздовжнього качка [28].

Такий трикотаж має розтяжність лише в одному напрямку, проте залежно від взаємного розташування в структурі інших палітурних елементів може бути суцільним та перфорованим [29].

Компресійні вироби замкнутого контуру зазвичай виготовляють на кулірних машинах. Можуть проводитися на базі одинарних та подвійних переплетень. Вироби, виготовлені на базі одинарних переплетень (компресійні допологові білизна, панчохи, гольфи, колготи, чохли для кукси), мають меншу товщину, а еластомерна нитка закріплюється в структурі у вигляді начерків (футерних або пресових), та/або додатково пров'язується в петлі одночасно з нитками ґрунтового переплетення [30-31].

Зазвичай для компресійних наколінників і опор для колін використовують структуру подвійного переплетення, що дозволяє вводити еластомерну нитку в структуру ґрунту у вигляді утоку. При цьому, оскільки уточна нитка не пров'язується в петлю, є можливість вибирати її товщину в залежності від вимог до рівня компресії та жорсткості конструкції компресійного виробу.

Для забезпечення еластичності трикотажу в поздовжньому напрямку також використовується еластомерна нитка, що пров'язується, в петлі окремо від петель ґрунту. При даному способі введення еластомерного компонента в структуру трикотажу функціональні властивості виробу виявляються в поперечному напрямку, однак такі вироби мають еластичність і в поздовжньому напрямку.

У трикотажі подвійних переплетень еластомерна нитка може бути пров'язана в петлі по рапорту через певну кількість голок. Тобто, в місцях, де еластомерна нитка не пров'язується в петлі, вона тягнеться у вигляді протяжок.

Пров'язування еластомерної нитки у петлі може відбуватися як голками однієї фонтури, так і голками обох фонтур [32].

Варіант введення еластомерної нитки в структуру трикотажу істотно впливає на його властивості. Так, закріплення еластомерних ниток у структурі трикотажу у вигляді качка дозволяє створити полотна з більшою розтяжністю, пружністю та меншою матеріаломісткістю в порівнянні з іншими способами закріплення цих ниток. Пров'язування еластомерної нитки у петлі підвищує надійність її закріплення у структурі трикотажу та розтяжність у двох напрямках.

При виготовленні компресійних чохла для кукси першочерговою вимогою є створення тактильного комфорту. Тому їх виготовлення використовують структуру одинарних кулірних переплетень. При цьому еластомерна нитка, що забезпечує компресію, може пров'язуватися у всі петлі ґрунту, або ж частково по рапорту з формуванням протяжок у місцях її непров'язування, а також може вводиться в структуру ґрунту у вигляді пресових начерків або нитки футерної. У таблиці 1.2 наведено переплетення, які використовують для виготовлення компресійних виробів заданої форми.

Таблиця 1.2

Аналіз видів переплетень для компресійних виробів різних асортиментних груп

Група	Вид переплетення
Медичні ортопедичні компресійні опори	подвійне кулірне переплетення з введенням еластомерної нитки у вигляді утоку; шляхом пров'язування разом з ниткою ґрунту в петлі; у вигляді пресових накидів; основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки
Медичні компресійні панчохи	одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою, пров'язаною у петлі гладі; одинарне пресове переплетення з прокладеною еластомерною ниткою в рядах з пресовими накидами; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою прокладеною у вигляді футерних накидів
Післяопераційні компресійні панчохи	одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою, пров'язаною у петлі гладі; одинарне пресове переплетення з прокладеною еластомерною ниткою в рядах з пресовими накидами; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою прокладеною у вигляді футерних накидів

Компресійні пов'язки	основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки
Жилети ортопедичні	основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки
Післяопераційний одяг	основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки
Компресійні усадки кукси	одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою, пров'язаною у петлі гладі; одинарне пресове переплетення з прокладеною еластомерною ниткою в рядах з пресовими накладами; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою прокладеною у вигляді футерних накидів
Розетки	одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою, пров'язаною у петлі гладі; одинарне пресове переплетення з прокладеною еластомерною ниткою в рядах з пресовими накладами; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою прокладеною у вигляді футерних накидів
Компресійні маски	основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки
Компресійні рукави та рукавички	одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою, пров'язаною у петлі гладі; одинарне пресове переплетення з прокладеною еластомерною ниткою в рядах з пресовими накладами; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою прокладеною у вигляді футерних накидів
Товари для вагітних	основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки
Компресійний одяг для формування фігури	основов'язальне переплетення уток ланцюжок з введенням утокової еластомерної нитки; подвійне кулірне переплетення з введенням еластомерної нитки у вигляді утку; шляхом пров'язування разом з ниткою ґрунту в петлі; у вигляді пресових накидів; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою, пров'язаною у петлі гладі; одинарне пресове переплетення з прокладеною еластомерною ниткою в рядах з пресовими накладами; одинарне кулірне переплетення гладь з еластомерною ниткою прокладеною у вигляді футерних накидів

Компресійні трикотажні матеріали можна виготовляти як на плосков'язальних, так і на круглов'язальних машинах [33-40]. На круглов'язальних машинах виготовляють вироби трубчастої форми; зазвичай вони не містять жодних додаткових деталей, таких як смуги або гачки. Діаметр циліндра в'язальної машини та кількість голок постійні протягом усього

процесу виробництва трикотажного полотна на круглов'язальній машині. Однак діаметр виробу, а також поступова зміна стиснення, хоча довжина виробу можуть бути змінені у процесі в'язання шляхом зміни попереднього натягу еластомерної пряжі, довжини петлі або візерунка в'язання [41]. Круглов'язальні машини зазвичай більш продуктивні в порівнянні з плосков'язальними. Проте на плосков'язальних машинах можна виготовляти кінцеві та навіть просторові вироби [42-43].

Можна виділити декілька напрямків у дослідженні трикотажних матеріалів: структури та фізичні властивості трикотажних матеріалів [39-40, 44-47], механічні властивості (особливо властивості еластичності та пружності) [39, 48-57]. Механічні властивості трикотажних матеріалів тісно пов'язані зі структурою трикотажного полотна, властивостями пряжі та сферами використання трикотажного полотна. Деформація трикотажного полотна відіграє важливу роль у властивостях подальшої обробки та використання.

На компресійні властивості трикотажних матеріалів впливають різні чинники: а) сировина, тобто тип меленої пряжі та лінійної щільності та тип еластомерної пряжі; б) виробничий процес, тобто характеристики в'язальної машини та конкретні параметри виробничого процесу. Компресійні вироби надягають неодноразово багато разів; відповідно, властивості пружності не менш важливі, ніж пружні властивості [22]. Здатність відновлення продукту використовується для оцінки його реакції на рух тіла відразу після удару. Вищий натяг еластомерної пряжі призводить до вищої потужності відновлення в зоні в'язання, що призводить до утворення коротших петель (у порівнянні з довжиною петель без еластомерної пряжі) [39, 53]. Деформаційні властивості еластичного трикотажу значно відрізняються від трикотажних полотен без еластомерних ниток у структурі. Більша кількість еластомерної пряжі в складі трикотажу призводить до більшої сили розтягування, і, отже, кінцівка людини зазнає більшого стиснення [58-67].

Важливо зауважити, що різна геометрія трикотажної структури створює різні механічні властивості, які тісно пов'язані зі структурою текстильного матеріалу, властивостями пряжі та напрямком, у якому він використовується

[68-70]. Опубліковано багато досліджень щодо деформованості трикотажних матеріалів [71-76]. Стиснення компресійного трикотажного виробу залежить від площі опорної поверхні, форми та характеристик в'язання, таких як візерунок в'язання, щільність петель тощо. Те, як текстильний матеріал деформується під дією напруги, відіграє важливу роль у його обробці та кінцевому використанні. Почергове стиснення виробу по довжині може бути досягнуто шляхом зміни щільності в'язання, візерунка в'язання та / або попереднього натягу прокладеної еластомерної нитки.

Ефективність компресійної терапії залежить не тільки від компресії. Психологічні та фізіологічні бар'єри носіння компресійних виробів досліджували різні вчені [77-81]. Відсутність комфорту під час носіння компресійного одягу негативно впливає на продуктивність, і люди не заохочуються до більшої активності.

1.3 Шляхи досягнення комфортності компресійних виробів медичного призначення.

Компресійні вироби медичного призначення повинні відповідати вимогам комфорту, які пред'являються до довговічних носильних виробів – повітропроникність, вбирання поту, антибактеріальний ефект, у деяких випадках додаткова термотерапія або прозорість тощо. Добре відомо, що склад текстильного матеріалу та властивості пряжі впливають на такі властивості комфорту, як теплопровідність, паропроникність і повітропроникність [80, 82]. Доведено, що капілярна структура волокон і геометрія поверхні пряжі практично не впливають на термічні властивості. Крім того, повітря в структурі трикотажу відіграє переважну роль у теплопередачі [83-85]. Повітропроникність можна визначити як функцію щільності петлі, герметичності та товщини, тоді як паропроникність значною мірою залежить від властивостей сировини [86]. Для досягнення цих вимог використовуються спеціальні волокна або застосовується обробка.

Слід також зазначити, що ослаблення циркуляції крові у пацієнтів з ампутованою кінцівкою і внаслідок цього низьке виробництво тепла тілом призводить до потреби додаткової теплової ізоляції, що в сукупності з

низькою вентиляцією мікропростору веде, у свою чергу, до збільшення потовиділення і, відповідно, збільшення зволоження компресійного текстильного виробу (чохла для культи). Щоб уникнути погіршення теплоізоляції текстильного матеріалу, викликаного накопиченням вологи, він повинен забезпечувати передачу вологи у формі чутливого та нечутливого потовиділення від тіла до навколишнього середовища. Здатність до перенесення текстильним матеріалом вологи як пара чи рідини одна із найважливіших чинників, які впливають на термофізіологічний комфорт, що особливо актуально за умов підвищеного потовиділення [87-88].

Показники ергономічності текстильних матеріалів, що характеризують зручність виробу та комфортність його експлуатації, включають дві підгрупи: гігієнічні показники (визначають відповідність матеріалів гігієнічним умовам життєдіяльності людини) та показники комфортності (визначають ступінь відповідності матеріалів фізіологічним та психологічним особливостям людини). Комфорт зазвичай описується сотнями параметрів. Проте основними аспектами комфорту є психологічний, термофізіологічний та нейрофізіологічний [89]. Оскільки оцінка рівня психологічного комфорту головним чином спирається на суб'єктивні відчуття людини, дослідження комфортності текстильних матеріалів і виробів стосуються переважно питань забезпечення комфорту термофізіологічного та нейрофізіологічного (який в інших дослідженнях називають тактильним або сенсорним [90]). Сенсорний комфорт характеризується тим, що відчуває людина в результаті взаємодії одягу та шкіри в певних атмосферних умовах.

З посиланням працювати А. Iggo (1988) [94] автори дослідження [90] відзначають наявність трьох основних подразників шкіри: механічний контакт із зовнішніми об'єктами, температурні зміни, викликані тепловими потоками, хімічні впливи. У відповідь різні подразнення рецептори шкіри можуть продукувати відчуття тепла, холоду, дотику чи болю. На нейрофізіологічний аспект [90] комфортності текстильного матеріалу одягу також впливають такі характеристики як: колючість (prickliness) та (scratchiness), жорсткість (stiffness), м'якість (softness), гладкість (smoothness), шорсткість (roughness), тертя (friction), схильність матеріалу викликати свербіж (itchiness), а також

тактильні властивості: теплий або прохолодний матеріал на дотик, чи він викликає почуття вогкості (dampness sensations). Колючість пов'язана з наявністю жорстких ворсинок, що піднімаються над поверхнею матеріалу. Вологе прилипання відбувається внаслідок потовиділення. На ступінь прилипання матеріалу найбільше впливають такі характеристики, як опорна поверхня, змочування та площа контакту матеріалу зі шкірою. Тепло на дотик відчувається, коли одяг вперше беруть до рук чи надягають. У дослідженні С. Кавабата [95] жорсткість текстильних матеріалів сприймається як показник, який можна визначити як об'єктивно (інструментально), і суб'єктивно. Почуття шорсткості залежить як від геометрії поверхні полотна, так і від площі контакту одягу зі шкірою та силової взаємодії між ними.

1.4 Аналіз видів сировини, що використовуються для виготовлення компресійних текстильних матеріалів медичного призначення.

Виробники сучасних текстильних матеріалів та виробів медичного призначення для досягнення вищевикладених вимог широко використовують нові види сировини, спеціальну обробку для забезпечення функціональності та оригінальні технологічні рішення. Вимоги сучасного споживача такого роду продукції поступово зміщуються у бік забезпечення максимальної комфортності та функціональності [96].

Різноманітність хімічного складу та фізико-механічних властивостей сировини дозволяє отримати текстильні матеріали з прогнозованими властивостями. Широко використовуваними видами натуральної сировини є бавовна та шерсть. Поряд з цим все більший інтерес концентрується на маловідомих і ще недостатньо вивчених видах екологічно чистої сировини: пряжі з евкаліпту, банана, кокосу, сої, бамбука, кукурудзи, конопель. Такі матеріали мають, поряд з антибактеріальними та антисептичними властивостями, ще й позитивний профілактичний, а іноді, і лікувальний вплив на людину. З погляду тактильних відчуттів еко-матеріали не дратують шкіру та не електризуються. Переваги використання еко-пряжі з конопель та кропив перед бавовною очевидні. Гіпоалергенність цієї пряжі досягається завдяки відсутності в рослинній сировині токсичних хімікатів, що використовуються

для боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами культурних рослин. Витрати на вирощування конопель і кропив порівняно незначні, а терапевтичний та екологічний ефекти дуже привабливі [97-98].

Вироби з конопляної пряжі нині стали досить поширеними. Поряд з високими споживчими властивостями, гіпоалергенними, такі вироби створюють температурний та енергетичний баланс, мають антисептичні, ранозагоювальні та протиалергічні функції. Завдяки комірчастій структурі конопляне волокно краще зберігає тепло та поглинає вологу (даючи тілу дихати під час спеки). Контакт із залозами внутрішньої секреції надає сприятливу дію на нервову та серцево-судинну систему. Конопляні волокна здатні відбивати ультрафіолетове випромінювання. Вченими-медиками встановлено, що обробка невеликих ран та рубців ватою з конопляних волокон утричі прискорює процес загоєння. Це пояснюється тим, що конопляне волокно зберігає у своєму складі до 20% олії, що є ефективним ранозагоювальним засобом [97-98].

Сировина з кропиви має не менш ефективні лікувальні властивості. Доведено, що вироби з кропиви допомагають при багатьох недугах: головний біль та біль у суглобах. Вироби з кропиви покращують кровообіг, надають заспокійливу дію на нервову систему, сприятливо впливають на сон, загальне самопочуття і навіть на настрій людини (з'являється легка радість, спокій і впевненість), викликають приємні відчуття. Допомагають впоратися з депресією, занепадом сил та швидкою стомлюваністю. Сприятливо впливають на біологічно активні точки, тобто гармонізують роботу внутрішніх органів. Мають розігрівачий ефект, за рахунок чого сприяють усуненню запальних та застійних процесів в організмі. Тому пояси з кропиви та накладки у народі використовують для швидкої допомоги від болю [97-98].

Для забезпечення ефекту вбирання поту у виробництві текстильних виробів медичного та реабілітаційного призначення, включаючи компресійні панчохи, ортопедичні компресійні опори та чохли для кукси використовують нитки та пряжу з підвищеною капілярною здатністю, зокрема бамбукову пряжу, поліефірні та поліпропіленові. Поліефірні нитки під торговою маркою Coolmax® [99] є найбільш популярними. Основною характеристикою даних

ниток підвищена капілярна здатність завдяки особливій формі поперечного перерізу волокна. Використання пряжі з даних волокон для виробництва трикотажу дозволяє забезпечити ефективне відведення вологи з поверхні тіла і транспорт її назовні для подальшого випаровування. Ще однією позитивною властивістю є швидке висихання: у 2 рази швидше за трикотажний виріб з бавовняної пряжі. Для надання цим волокнам функції антибактеріальної дії в процесі їх вироблення додаються активні добавки на основі срібла freshFX®, які довели свою високу ефективність на широкому спектрі мікроорганізмів (бактерії, гриби та водорості).

Багатофіламентні поліпропіленові нитки торгової марки PROLEN®SILTEX компанії Chemosvit Fibrochem (Словацька Республіка) [100] не менш відомі у виробництві трикотажних виробів для білизни з функцією виведення пароподібної вологи з простору одягу. Підвищена капілярна здатність та антибактеріальна дія даного виду гідрофобного сировини забезпечується завдяки наявності в серцевині нитки капіляра з бактеріостатичним агентом на основі іонів срібла.

Інші виробники пряжі [101] пропонують для виготовлення функціональних трикотажних виробів, які безпосередньо контактують з тілом людини, використовувати пряжу під торговою маркою CUPRON®, в структуру якої в якості бактеріостатичного агента введені наночастинки міді. Слід зазначити, що вміст міді у пряжі сприяє процесу продукування колагену, еластину та інших протеїнів і, як наслідок, забезпечує швидке загоєння ран та в цілому позитивно впливає на зовнішній вигляд та стан шкіри. Зазначена особливість пряжі з введеними наночастинками міді особливо актуальна у виробництві текстильних виробів для людей, які страждають на цукровий діабет, рівень міді в організмі яких істотно падає.

Особливість всіх вищеперелічених видів ниток полягає у функції виведення пароподібної вологи, попередження розвитку патогенної мікрофлори та появи неприємного запаху. Однак дані види сировини не мають потужного дезодоруючого ефекту від усіх видів запахів людського тіла і не зберігають свою вихідну функціональність після багаторазового прання і під час безперервної експлуатації протягом значної кількості доби. Введені в

структуру пряжі активні добавки на основі срібла або міді забезпечують формування антибактеріальних властивостей та запобігають появі неприємного запаху, але не знищують його повною мірою.

Південно-корейська корпорація «ТСК» спільно з японським концерном «TORAY Group» [102] розробила та запатентувала технологію виготовлення поліефірних волокон з антимікробною дією та дезодоруючим ефектом під торговою маркою DEOKIL®. DEO-W – дезодоруючий текстильний матеріал найвищого у світі класу проти трьох головних причин запаху людського тіла. Швидко нейтралізує запах аміаку (поту, сечі), ізовалеріанової кислоти (типовий запах при пітливості ніг) та нонеалу (сполука, що виникає внаслідок окислення жирів на шкірному покриві). Має спеціальну функцію, яка забезпечує збереження свіжості та приємного запаху протягом тривалого відрізка часу.

Відома також розробка змішаної бавовняної поліамідної пряжі із вмістом поліамідних волокон, оброблених іонами срібла та цинку, запропонована німецькими вченими компанії TROVOtech [103]. Особливість запропонованої біоцидної обробки полягає у вивільненні іонів срібла та/або цинку у вологому середовищі. При цьому біоцидна обробка поліамідних волокон, що містяться в структурі пряжі, не вимиваються під час прання текстильного матеріалу. У ході досліджень вченими виявлено біоцидну дію отриманої пряжі на *Staphylococcus aureus* та *Klebsiella pneumoniae* бактерії. Ефективність даної обробки забезпечується навіть за низького рівня концентрації в полімерах (0,5–2,0%).

1.5 Аналіз наукових праць за напрямом досліджень.

Вироби, призначені для компресійної терапії, складають значну частину виробів медичного текстилю. Наразі компресійна терапія успішно застосовується для лікування ампутованих кінцівок на етапі загоєння ранової поверхні та формування культі. Аналіз різноманітних компресійних чохла для ампутованих кінцівок наведено у роботі [104].

Чохли для ампутованих кінцівок зазвичай виготовляють за технологією круглов'язального трикотажу і представляють собою виріб трубчастої форми

з бортом та миском. Інноваційні текстильні технології та дизайн виробів надають широкий спектр можливостей для вдосконалення, оптимізації та індивідуалізації компресійної терапії [104, 108].

Науковцями ведеться постійна робота у напрямку створення нових трикотажних матеріалів медичного призначення. Однак процес розробки функціональних трикотажних матеріалів трубчастої форми, що використовуються у виробництві чохлів для культі, передбачає вивчення характеру впливу технологічних параметрів на їх деформаційні характеристики під впливом експлуатаційних навантажень.

У роботі [115] автори зазначають, що більшість досліджень властивостей еластичних матеріалів зосереджується на визначенні їх деформаційних характеристик за діаграмами розтягування, а також випробуваннях за циклом навантаження, розвантаження та релаксації. Це обумовлено тим, що необхідний тиск трикотажного матеріалу компресійних виробів на тіло людини забезпечується такими його властивостями, як розтяжність та пружність, а також конструктивними особливостями самих виробів, включно з розмірами та формою.

Автори іншої роботи [116] пропонують здійснювати проектування виробів трубчастої форми з урахуванням деформаційних властивостей трикотажного матеріалу, обґрунтовуючи це тим, що такі вироби зазвичай вдягаються на ділянку тіла з різними значеннями обхвату, розподіленими певним чином по довжині, Тому на етапі проектування таких виробів важливо передбачити можливість автоматичної оцінки рівня комфортності під час їх експлуатації у відповідності до деформаційних характеристик трикотажного матеріалу.

Для оцінки деформаційних властивостей текстильних матеріалів під час одноциклових випробувань зазвичай використовують повну деформацію та її складові. Повна деформація включає швидкооборотну, повільнооборотну та залишкову частки релаксації деформації. При цьому швидкооборотна зникає одразу після зняття навантаження, повільнооборотна має збільшений період релаксації, а залишкова зберігається після зняття напруги. Співвідношення цих складових у трикотажному матеріалі є ключовим для визначення його

механічних властивостей. Чим більша частка швидко- і повільнооборотних складових, тим краще виріб зберігає свої лінійні розміри та форму, надану йому у процесі виготовлення. Наявність залишкової деформації вказує на швидку зміну розмірів та форми виробу під час експлуатації та втрату функціональних властивостей. Такі процеси, що чергуються з розвантаженням та відпочинком, впливають на структуру трикотажного матеріалу, спричиняючи зміну його форми та розмірів. Оцінка релаксаційних характеристик трикотажного матеріалу під час розтягування є дуже важливою для визначення його формостійкості [117].

Авторами роботи [118] здійснено порівняльний аналіз різноманітних методів визначення розтяжності еластичного трикотажу в залежності від структури переплетення (кулірний чи оснований'язаний трикотаж), асортиментної групи трикотажних матеріалів. Виходячи з того, що чохла представляють собою вироби трубчастої форми, якої вони набувають безпосередньо у процесі в'язання на круглов'язальному обладнанні малого діаметру (круглопанчішний автомат), у процесі експлуатації при одяганні їх на куксу вони не піддаються значним силовим навантаженням. Тому нами пропонується для оцінки деформаційних властивостей трикотажного матеріалу встановити низький рівень експлуатаційного навантаження, який зазвичай використовують у таких дослідженнях, а саме 6Н.

Аналіз наукових праць за напрямом досліджень дозволив сформулювати мету, задачі досліджень та методи їх реалізації.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Війна в Україні вплинула на напрямок наукових досліджень у сфері трикотажного виробництва, оскільки виникла потреба у розробці вітчизняних зразків трикотажних матеріалів і медичних виробів. За останні три роки значна кількість людей, включаючи як військових, так і цивільних, зазнала ампутацій через мінно-вибухові поранення, що посилює необхідність створення національних функціональних трикотажних матеріалів для виготовлення чохла для культі.

2. Вироби для компресійної терапії становлять важливу частку медичного текстилю. На даний момент компресійна терапія ефективно використовується для лікування ампутованих кінцівок під час загоєння ран і формування культі.

3. Чохли для ампутованих кінцівок переважно виготовляються за технологією круглов'язального трикотажу й мають форму трубчатих виробів з бортом та миском. Інноваційні текстильні технології та дизайн дають численні можливості для покращення, оптимізації та персоналізації компресійної терапії.

4. Дослідження еластичних матеріалів зосереджені на визначенні їх деформаційних властивостей за допомогою діаграм розтягування та тестуванні в умовах навантаження, розвантаження і релаксації. Це важливо, адже необхідний тиск компресійних трикотажних виробів на тіло людини досягається завдяки таким характеристикам, як розтяжність і пружність, а також конструктивним особливостям самих виробів, враховуючи їх розміри та форму.

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідні зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми вироблено на круглопанчішному автоматі 13 класу з діаметром циліндра $3^{3/4}$ дюйма (168 працюючих голок). З метою вивчення характеру впливу щільності в'язання, вхідного натягу еластомерної (резинової) нитки та рапорту її введення в структуру трикотажу змінювали щільність в'язання по вертикалі на трьох рівнях (90, 100 та 110 петельних рядів у 100 мм трикотажу), а швидкість подачі еластомерної нитки в зону в'язання на 4 рівнях (швидкість колеса, що подає еластомерну нитку 50, 70, 90, 110 обертів за хвилину). Дослідні зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми вироблено з двома різними рапортами прокладання еластомерної (резинової) нитки 9,9 текс з подвійним обплетенням поліефірною текстурованою ниткою 4,4 текс у вигляді пресових накидів та протяжок, а саме 1+1 та 1+3. Для формування ґрунту обрано гладке платироване переплетення, де у якості платировочної використано бавовняну пряжу лінійної густини 20 текс, а у якості ґрунтової текстуровану поліамідну нитку 4,4 текс з еластановим сердечником 2,2 текс. Характеристика дослідних зразків трикотажних матеріалів наведено у таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Характеристика дослідних зразків трикотажних матеріалів трубчастої форми

Номер зразка	Вид переплетення, склад сировини	Швидкість обертання колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання n, хв ⁻¹	Щільність по вертикалі N _p , см ⁻¹
рапорт прокладання еластомерної нитки 1+3			
1+3/11/50	гладке платироване переплетення з введеною у вигляді пресових накидів еластомерною ниткою	50	11
1+3/11/70		70	
1+3/11/90		90	
1+3/11/110		110	

1+3/10/50	<i>грунтова нитка:</i> текстурована	50	10
1+3/10/70	поліамідна нитка 4,4 текс з еластановим	70	
1+3/10/90	сердечником 2,2 текс; <i>платировочна нитка:</i>	90	
1+3/10/110	бавовняна пряжа лінійної густини 20	110	
1+3/9/50	текс; <i>еластомерна нитка:</i>	50	9
1+3/9/70	9,9 текс з подвійним обплетенням	70	
1+3/9/90	поліефірною текстурованою	90	
1+3/9/110	ниткою 4,4 текс	110	
рапорт прокладання еластомерної нитки 1+1			
1+1/11/50	гладке платироване переплетення з	50	11
1+1/11/70	введеною у вигляді пресових накидів	70	
1+1/11/90	еластомерною ниткою	90	
1+1/11/110	<i>грунтова нитка:</i> текстурована	110	
1+1/10/50	поліамідна нитка 4,4 текс з еластановим	50	10
1+1/10/70	сердечником 2,2 текс; <i>платировочна нитка:</i>	70	
1+1/10/90	бавовняна пряжа лінійної густини 20	90	
1+1/10/110	текс; <i>еластомерна нитка:</i>	110	
1+1/9/50	9,9 текс з подвійним обплетенням	50	9
1+1/9/70	поліефірною текстурованою	70	
1+1/9/90	ниткою 4,4 текс	90	
1+1/9/110		110	

2.1 Методологія визначення параметрів структури розроблених зразків трикотажних матеріалів.

Параметри петельної структури одержаного трикотажного матеріалу залежать від властивостей сировини, переплетення ниток, виду обробки. Дослідження параметрів структури трикотажу здійснювалося у відповідності до існуючих стандартизованих методик [119-121]. Зокрема стандарт ГОСТ 8846-87 поширюється на трикотажні матеріали, напівфабрикати й вироби незалежно від виду пряжі чи нитки та регламентує методи визначення наступних параметрів будови трикотажного матеріалу чи виробу:

- лінійну виміри виробу;
- перекис петельних стовпчиків та рядів;
- число петельних рядів та стовпчиків;
- поверхневу густину трикотажного матеріалу.

Визначення кількості петельних стовпчиків та рядів здійснювалося за допомогою металевого шаблону розміром 100 мм × 100 мм. Кількість повторюваних вимірів для кожного показника складає – 5, що дозволяє отримати достовірні результати з похибкою 5%.

Для визначення поверхневої густини використано електронні ваги з точністю 0,01г. Для визначення маси проб, зразки трикотажного матеріалу вирізалися розміром 100ммх100мм та зважувалися. На підставі одержаних результатів розраховано масу 1м² трикотажного матеріалу.

Зокрема у відповідності до існуючих стандартизованих методик випробовувань [119-121] визначено наступні параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів: довжину нитки в петлі ґрунту, щільність по горизонталі та вертикалі, товщину, поверхневу густину. Крім того, визначено довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, ширину трубки трикотажного матеріалу в умовно-рівноважному та розтягнутому (напруженому) станах.

Методологія визначення розтяжності розроблених зразків трикотажних полотен за навантажень, менших за розривне.

Деформаційні характеристики розроблених зразків трикотажних матеріалів досліджено у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків на релаксометрі типу «Стойка» за умови низького рівня експлуатаційного навантаження, рівному 6Н (рис.2.1). При виборі зазначеного навантаження для встановлення складових часток деформації (швидкооборотної, повільно-оборотної та залишкової) враховували той факт, що вироби (чохли для культі) з досліджуваних зразків трикотажних матеріалів мають трубчасту форму, одержану безпосередньо у процесі в'язання на круглов'язальному обладнанні малого діаметру, та при експлуатації не зазнаватимуть під час вдягання чохла на культю більших силових навантажень. Для проведення досліджень попередньо підготовлено проби розміром 50×200мм відповідно з розташуванням у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків. Затискна довжина складала 100мм. Час навантаження складав 60 хв., час релаксації деформації – 60 хв.



Рис. 2.1 Проведення дослідження деформаційних характеристик розроблених зразків трикотажних матеріалів досліджено у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків на релаксометрі типу «Стойка»

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ В'ЯЗАННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЙОГО СТРУКТУРИ

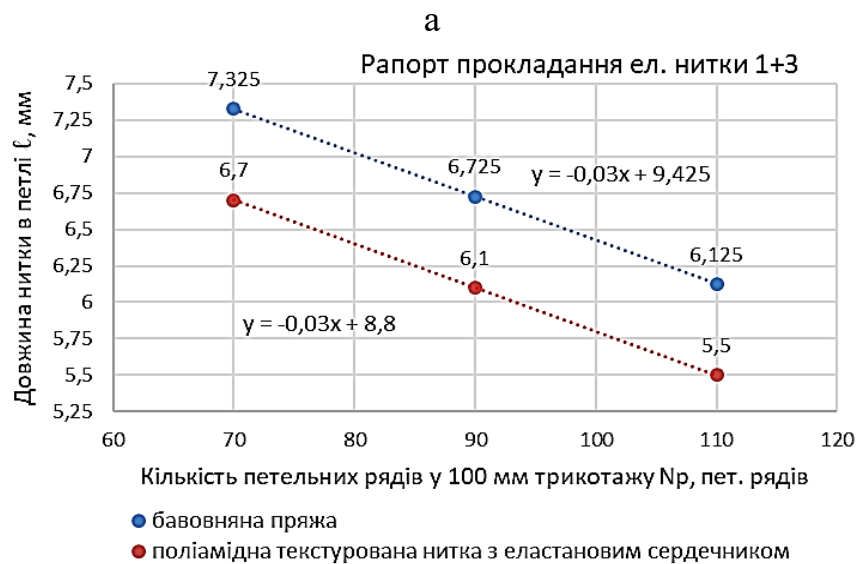
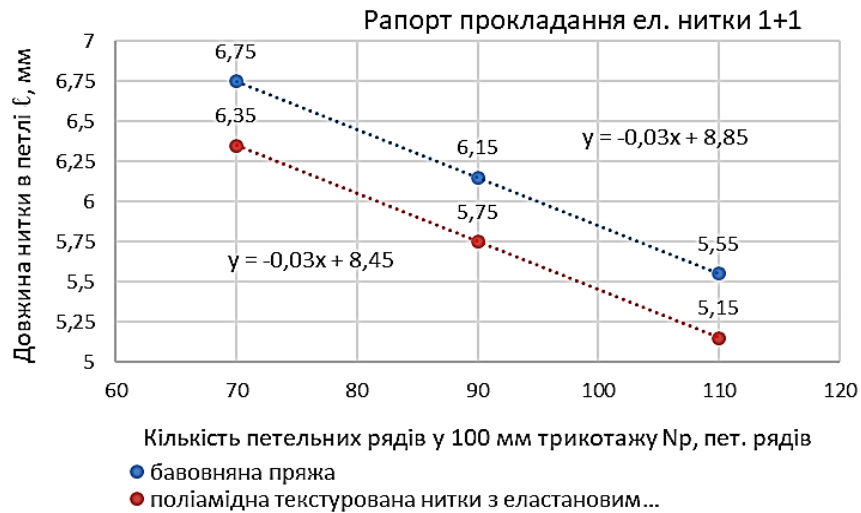
З метою вивчення характеру впливу щільності в'язання, вхідного натягу еластомерної (резинової) нитки та рапорту її введення в структуру трикотажу на круглопанчішному автоматі 13 класу з діаметром циліндра $3^{3/4}$ дюйма (168 працюючих голок) вироблені дослідні зразки трубчастої форми. При цьому щільність в'язання по вертикалі змінювали на трьох рівнях (90, 100 та 110 петельних рядів у 100 мм трикотажу), а швидкість подачі еластомерної нитки в зону в'язання на 4 рівнях (швидкість колеса, що подає еластомерну нитку 50, 70, 90, 110 обертів за хвилину). Дослідні зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми вироблено з двома різними рапортами прокладання еластомерної (резинової) нитки 9,9 текс з подвійним обплетенням поліефірною текстурованою ниткою 4,4 текс у вигляді пресових накидів та протяжок, а саме 1+1 та 1+3. Для формування ґрунту обрано гладке платироване переплетення, де у якості платировочної використано бавовняну пряжу лінійної густини 20 текс, а у якості ґрунтової текстуровану поліамідну нитку 4,4 текс з еластановим сердечником 2,2 текс. У відповідності до існуючих стандартизованих методик випробовувань [119-121] визначено наступні параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів: довжина нитки в петлі ґрунту, щільність по горизонталі та вертикалі, товщина, поверхнева густина. Крім того також визначено довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, ширину трубки трикотажного матеріалу в умовно-рівноважному та розтягнутому (напруженому) станах. Встановлені параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів
трубчастої форми**

Номер зразка	Швидкість обертання колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання п, хв ⁻¹	Щільність по горизонталі N _с , см ⁻¹	Щільність по вертикалі N _р , см ⁻¹	Поверхнева густина, тс, г/м ²	Довжина платировочної нитки в петлі, мм	Довжина ґрунтової нитки в петлі, мм	Довжина еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, мм
рапорт прокладання еластомерної нитки 1+3							
1+3/11/50	50	11	11	481.2	6.1	5.5	0.9
1+31/11/70	70	10		461.6			1.0
1+3/11/90	90	9.5		450.4			1.1
1+3/11/110	110	9		450.0			1.2
1+3/10/50	50	11	10	483.6	6.7	6.1	1.0
1+3/10/70	70	10		480.8			1.1
1+3/10/90	90	9.5		462.0			1.2
1+3/10/110	110	9		456.8			1.3
1+3/9/50	50	11	9	482.4	7.3	6.7	0.9
1+3/9/70	70	10		443.6			1.0
1+3/9/90	90	9.5		428.4			1.1
1+3/9/110	110	9		417.6			1.2
рапорт прокладання еластомерної нитки 1+1							
1+1/11/50	50	11	11	410.8	5.6	5.2	0.9
1+1/11/70	70	10		410.2			1.0
1+1/11/90	90	9		409.2			1.0
1+1/11/110	110	8.5		402.4			1.1
1+1/10/50	50	11	10	414.4	6.2	5.8	0.9
1+1/10/70	70	10		404.0			1.0
1+1/10/90	90	9		390.8			1.1
1+1/10/110	110	8.5		397.6			1.2
1+1/9/50	50	11	9	423.2	6.8	6.4	0.8
1+1/9/70	70	10		416.0			0.9
1+1/9/90	90	9		403.2			1.0
1+1/9/110	110	8.5		400.8			1.1

На підставі одержаних експериментальних даних побудовано відповідні графіки залежності довжини нитки в петлі, товщини, поверхневої густини, щільності по горизонталі трикотажного матеріалу та ширини трубки трикотажного напівфабрикату в умовно-рівноважному й розтягнутому станах від обраних технологічних параметрів в'язання, які представлено на рис. 3.1 – 3.7 відповідно для кожної серії зразків з різним рапортом введення еластомерної нитки в структуру ґрунту.

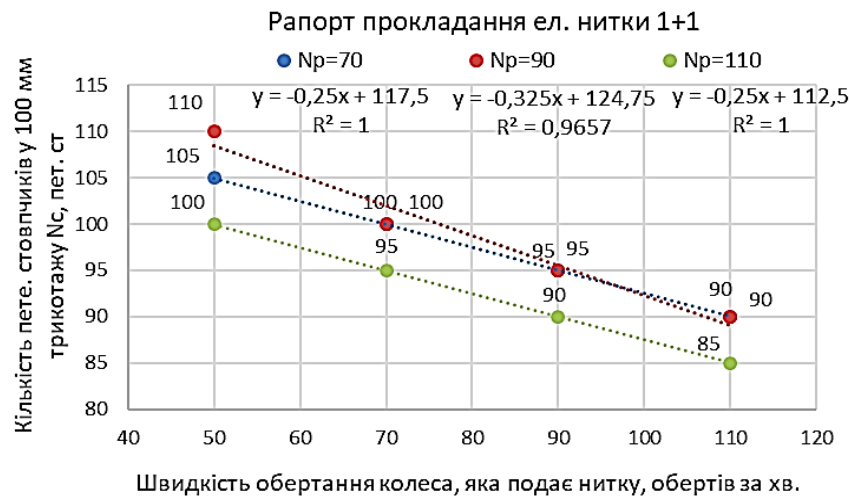


б

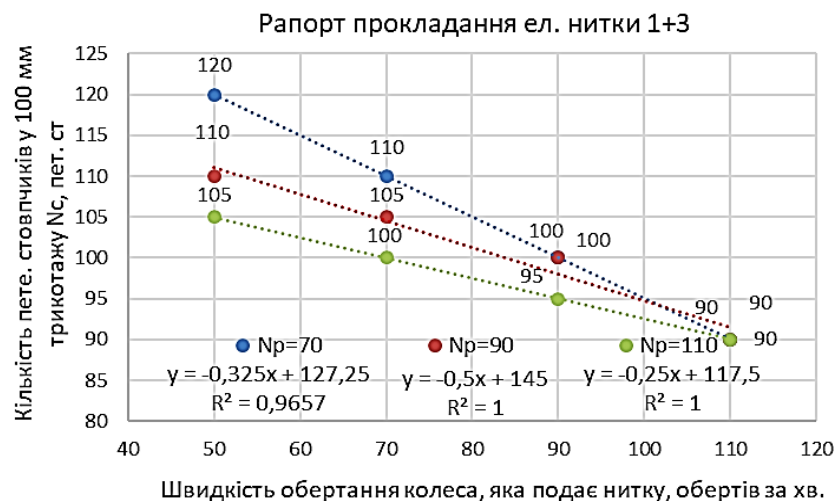
Рис. 3.1 Графіки залежності довжини нитки в петлі від щільності в'язання

Як видно з графіків, наведених на рис. 3.1, збільшення щільності в'язання у 1,57 рази призводить до зменшення довжини нитки в петлі у понад 1,2 рази. Зокрема у випадку застосування рапорту прокладання еластомерної нитки 1+1 довжина платировочної нитки в петлі, утвореної з бавовняної пряжі, зменшується на 17,8%. При цьому поліамідна ґрунтова нитка з еластановим сердечником має меншу довжину внаслідок своєї розтяжності та еластичності й зменшується на 18,8%. У випадку застосування рапорту 1+3 довжина нитки в петлі, утвореної з бавовняної пряжі, зменшується аналогічним чином на

17,8%, а поліамідна – на 17,9%. Таким чином, рапорт прокладання еластомерної (резинової) нитки не має суттєвого впливу на характер зміни довжини ґрунтової та платировочної ниток в петлі. Однак при цьому слід зауважити, що однакова величина щільності по вертикалі при зміні рапорту прокладання еластомерної нитки досягається за умови різної величини довжини нитки в петлі.



а



б

Рис. 3.2 Графіки залежності щільності в'язання по горизонталі від швидкості подачі еластомерної нитки

Зі збільшенням швидкості подачі еластомерної (резинової) нитки незалежно від рапорту її прокладання (1+1 чи 1+3) щільність по горизонталі трикотажного матеріалу зменшується (рис. 3.2), що обумовлено збільшенням

горизонтального відрізка еластомерної нитки, що припадає на один петельний стовпчик трикотажного матеріалу. При цьому відповідно зменшується зусилля стягування петельної структури у напрямку прокладання еластомерної нитки. Це у свою чергу призводить до збільшення ширини трубки трикотажного напівфабрикату чохла та зменшення компресійного ефекту.

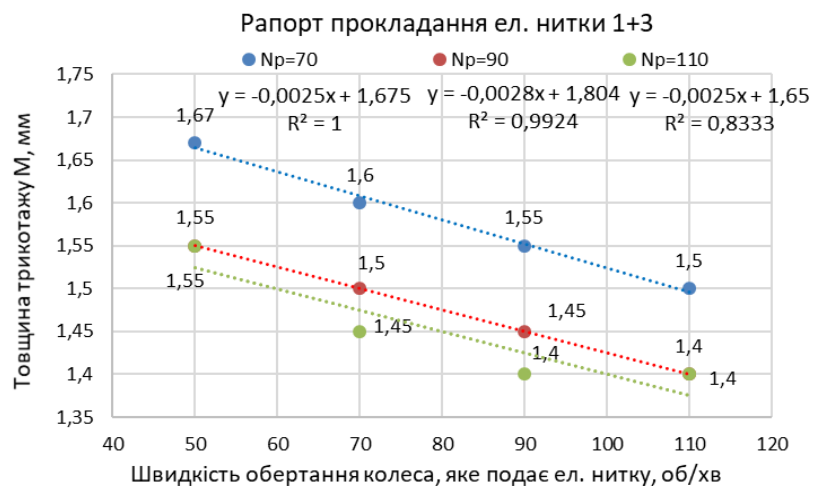
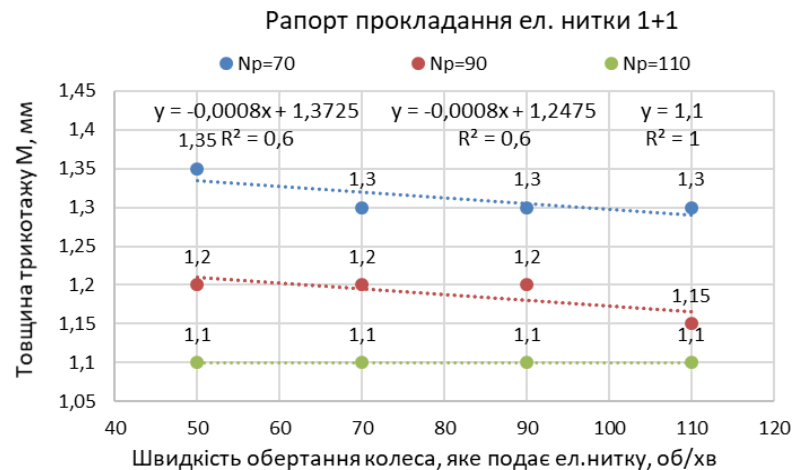
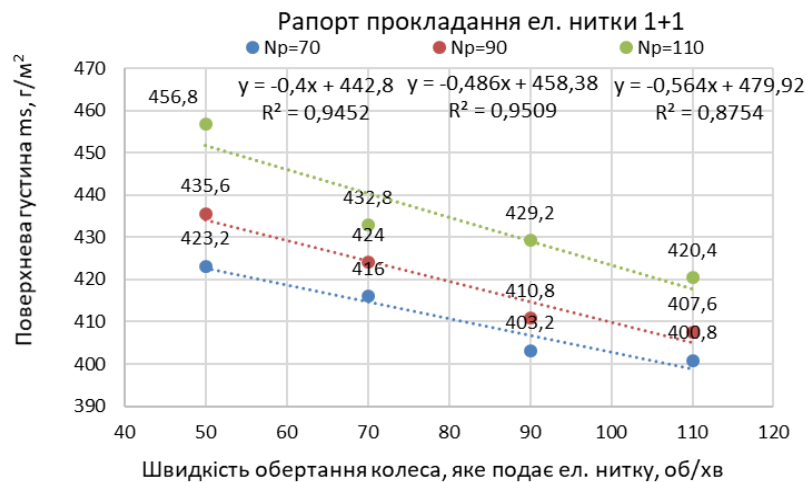


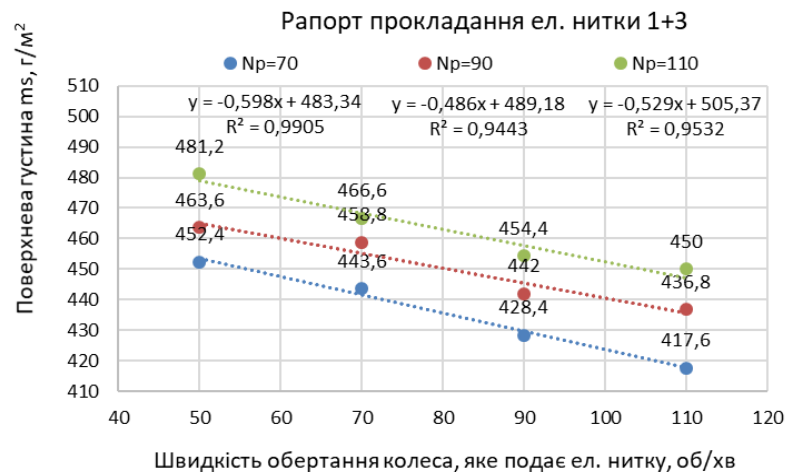
Рис. 3.3 Графіки залежності товщини трикотажу від швидкості подачі еластомерної нитки

Графіки, наведені на рис. 3.3, наглядно ілюструють вплив швидкості подачі еластомерної нитки на товщину трикотажного матеріалу. Збільшення швидкості подачі еластомерної нитки у заданому діапазоні її зміни (у 2,2 рази) призводить до зменшення товщини трикотажного матеріалу.

Найменшої товщини трикотажного матеріалу вдається досягнути при щільності в'язання по вертикалі 110 петельних рядів у 100 мм трикотажу, що можна пояснити більш щільною петельною структурою і неможливістю нитки ґрунту проявляти свої пружні властивості та змінювати геометрію нитки в петлі. Зміна рапорту прокладання еластомерної нитки з 1+1 на 1+3 зумовлює зростання товщини трикотажного матеріалу, що пояснюється зростанням рельєфності поверхні (формування вертикальних валиків).



а

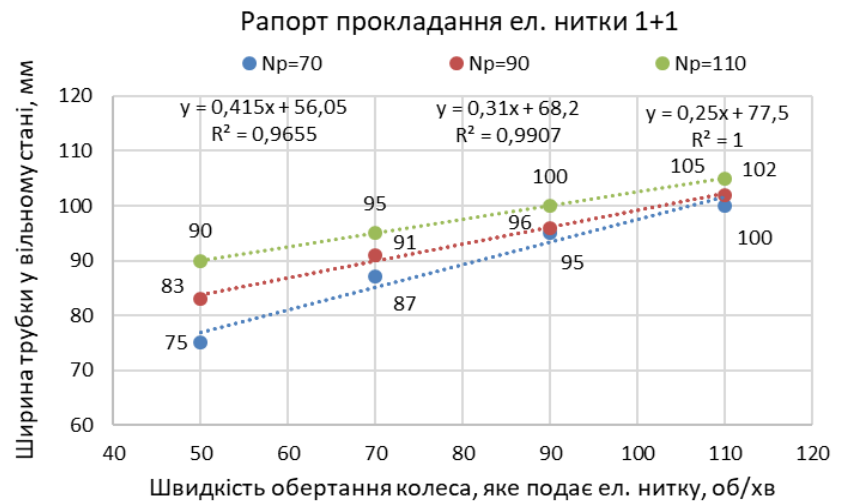


б

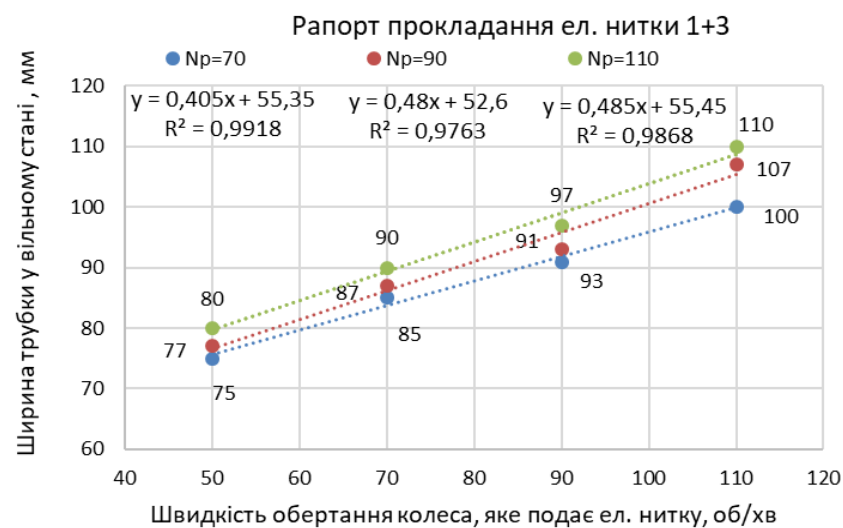
Рис. 3.4 Графіки залежності поверхневої густини трикотажу від швидкості подачі еластомерної нитки

Як видно з графіків (рис.3.4), зміна рапорту прокладання еластомерної нитки впливає на поверхневу густину трикотажного матеріалу. Внаслідок формування рельєфної поверхні у випадку рапорту прокладання 1+3,

збільшується показник щільності по горизонталі, а відповідно це у свою чергу призводить до збільшення поверхневої густини трикотажного матеріалу. При цьому зменшення натягу еластомерної (резинової) нитки призводить до зменшення поверхневої густини.



а

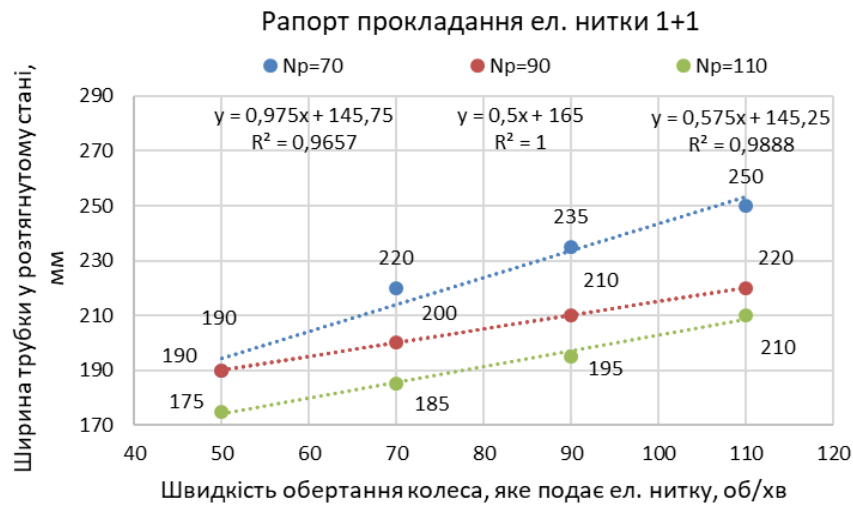


б

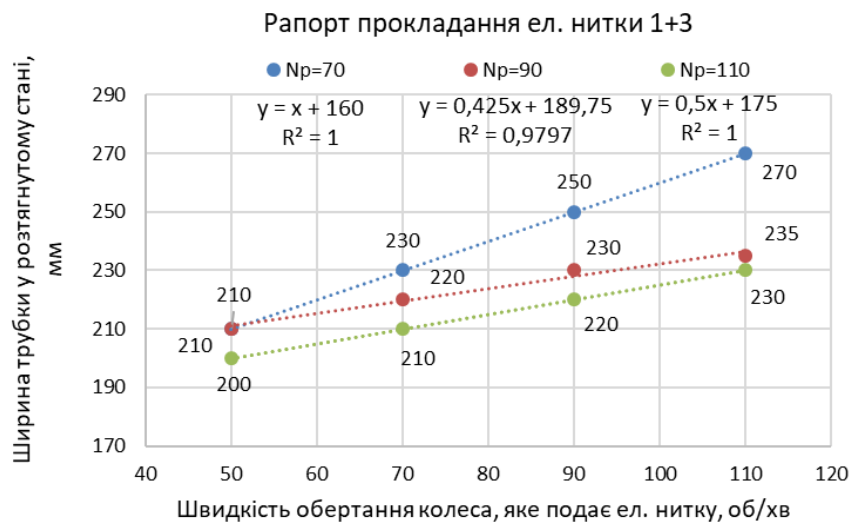
Рис. 3.5 Графіки залежності ширини трикотажної трубки у вільному стані від швидкості подачі еластомерної нитки

Графіки, наведені на рис. 3.5, дозволяють зробити висновки щодо впливу швидкості подачі еластомерної нитки та рапорту її прокладання на ширину трубки напівфабрикату в умовно-рівноважному стані. Збільшення швидкості

подачі еластомерної нитки призводить до збільшення ширини трубки, що пояснюється зменшенням натягу еластомерної нитки.



а

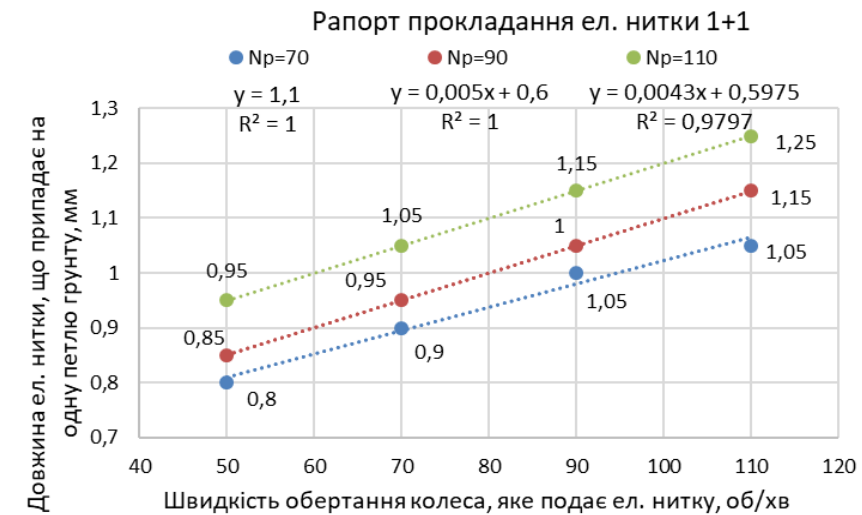


б

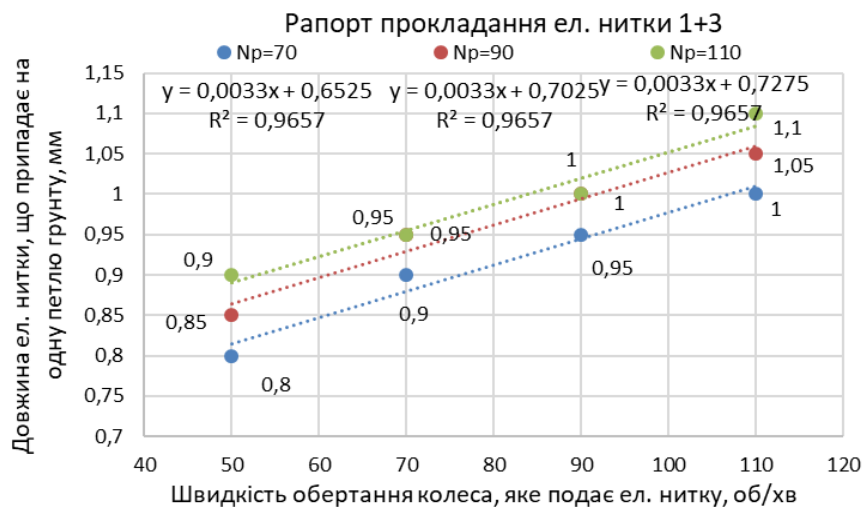
Рис. 3.6 Графіки залежності ширини трикотажної трубки у розтягнутому (напруженому) стані від швидкості подачі еластомерної нитки

При цьому за умови незмінної швидкості подачі еластомерної нитки збільшення щільності в'язання по вертикалі також призводить до збільшення ширини трубки, що обумовлено збільшенням поверхневого заповнення ниткою ґрунту структури трикотажного матеріалу та, як наслідок, більшої протидії стискуючому зусиллю введеної з певним натягом еластомерної

(резинової) нитки під час релаксації її деформації. Більш суттєвий вплив зміни рапорту прокладання еластомерної нитки на ширину трубки (рис. 3.5) спостерігаємо у випадку максимального її натягу (при швидкості колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання 50 об/хв).



а



б

Рис. 3.7 Графіки залежності довжини еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту від швидкості подачі еластомерної нитки

При цьому кращу розтяжність демонструють зразки, вироблені з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3, що обумовлено більш рельєфною поверхнею трикотажного матеріалу (формування вертикальних

валиків), яка під час прикладання розтягуючого зусилля розпрямляється (рис. 3.6).

Як видно з графіків, наведених на рис. 3.7, на довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, рапорт її введення у структуру трикотажного матеріалу не має суттєвого впливу. Визначальним фактором є тільки величина вхідного натягу, яка залежить від швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання.

Висновки до розділу 3

В умовах, коли наша країна перебуває у стані війни, в Україні з кожним днем збільшується кількість людей з ампутаціями кінцівок. Встановлено, що причинами травматичної ампутації кінцівок є поранення, отримані під час артилерійських та ракетних обстрілів; поранення, отримані на мінах; вогнепальні поранення. Найбільша кількість постраждалих саме серед військовослужбовців. Наразі протезні технології дозволяють ампутантам продовжувати вести звичний спосіб життя та зберігати соціальний статус, незважаючи на втрату кінцівки. Однак між ампутацією та протезуванням проходить тривалий процес реабілітації, яка передбачає компресійну терапію з метою корекції формування кукси, відновлення рубців та профілактики набряків. Найпростішим методом компресійної терапії є еластичні бинти. Однак накладання такого биндажа є досить складним процесом і вимагає спеціальних навичок та практичних знань. Тому розробка функціональних чохла для кукси є актуальною задачею, вирішення якої передбачає проведення додаткових досліджень.

У ході досліджень розроблено зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми з компресійним ефектом. Встановлено кореляційні залежності, що описують вплив швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання на такі параметри петельної структури як довжина нитки в петлі, щільність в'язання по горизонталі, поверхнева густина, товщина. Також

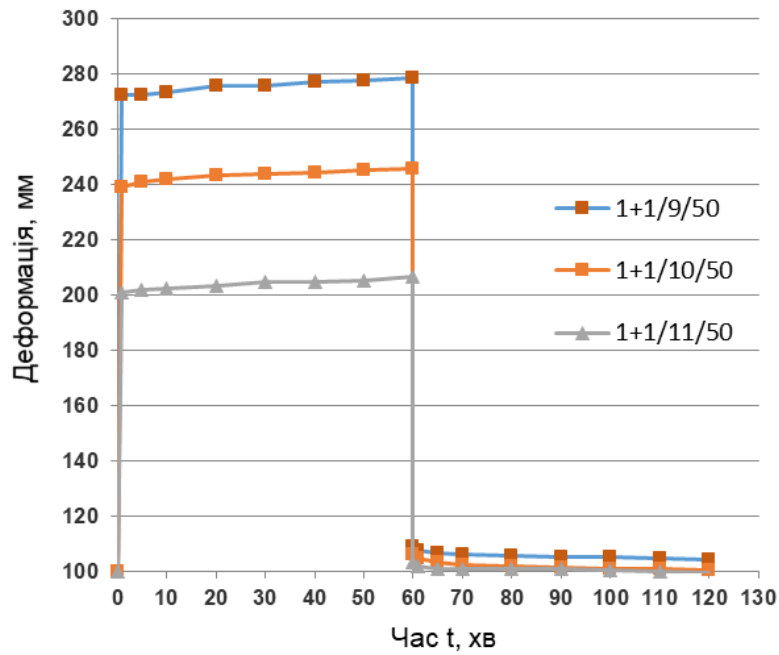
визначено вплив технологічних параметрів в'язання на ширину трубки трикотажного напівфабрикату чохла в умовно-рівноважному та розтягнутому стані, довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту. Виявлено характер впливу рапорту прокладання еластомерної (резинової) нитки в структуру трикотажного матеріалу на параметри його петельної структури та лінійні виміри напівфабрикату чохла трубчастої форми. Одержані результати дозволяють визначити на етапі проєктування необхідні технологічні параметри в'язання для виготовлення трикотажних напівфабрикатів чохлів для кукси із заданими параметрами структури та лінійними розмірами.

РОЗДІЛ 4

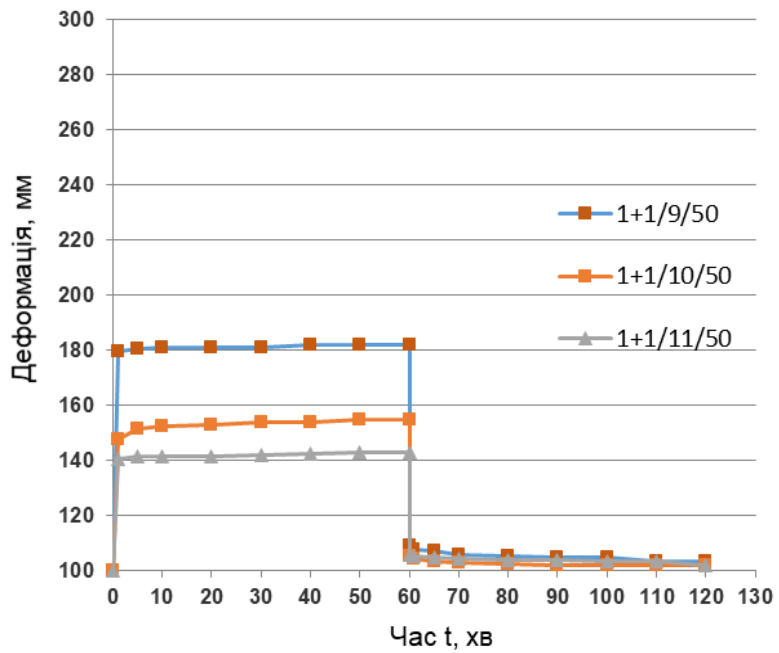
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РЕЛАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРІАЛУ ЧОХЛА ДЛЯ КУЛЬТІ

Деформаційні характеристики розроблених зразків трикотажних матеріалів досліджено у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків на релаксометрі типу «Стійка» за умови низького рівня експлуатаційного навантаження, рівному 6Н. При виборі зазначеного навантаження для встановлення складових часток деформації (швидкооборотної, повільно-оборотної та залишкової) враховували той факт, що вироби (чохли для культі) з досліджуваних зразків трикотажних матеріалів мають трубчасту форму, одержану безпосередньо у процесі в'язання на круглов'язальному обладнанні малого діаметру, та при експлуатації не зазнаватимуть під час вдягання чохла на культу більших силових навантажень. Для проведення досліджень попередньо підготовлено проби розміром 50×200мм відповідно з розташуванням у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків. Затискна довжина складала 100мм. Час навантаження складав 60 хв., час релаксації деформації – 60 хв.

На підставі одержаних результатів досліджень побудовано відповідні графіки деформації та релаксації деформації відповідно вздовж петельних рядів та стовпчиків, які наведено на рис. 4.1 – 4.8. В цілому, слід зазначити, що пров'язування разом з ниткою ґрунту поліамідної текстурованої нитки з еластановим сердечником та введення еластомерної нитки в структуру ґрунту трикотажного матеріалу сприяє покращенню його пружних властивостей як у напрямку петельних рядів, так і стовпчиків. Це підтверджується мінімальним рівнем залишкової деформації, який складає по ширині не більше 2%, по довжині – до 6%.



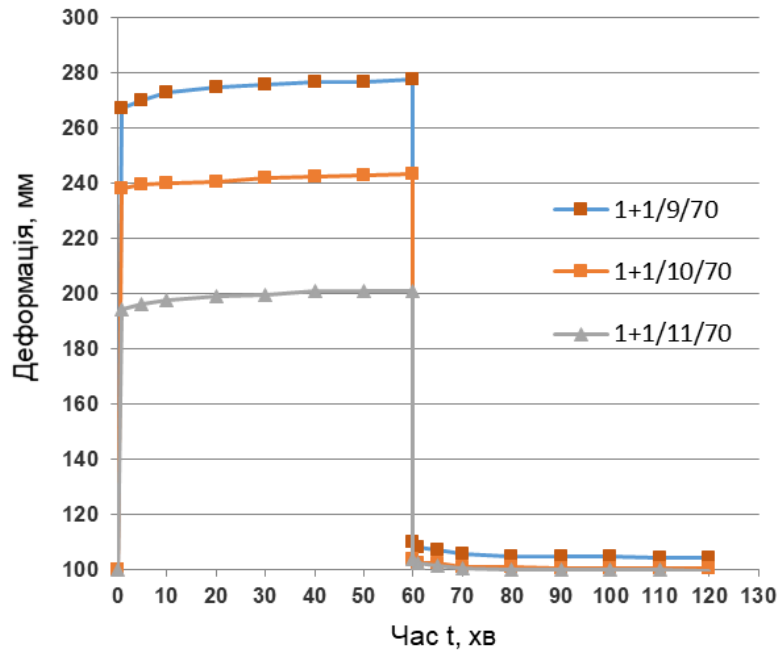
а



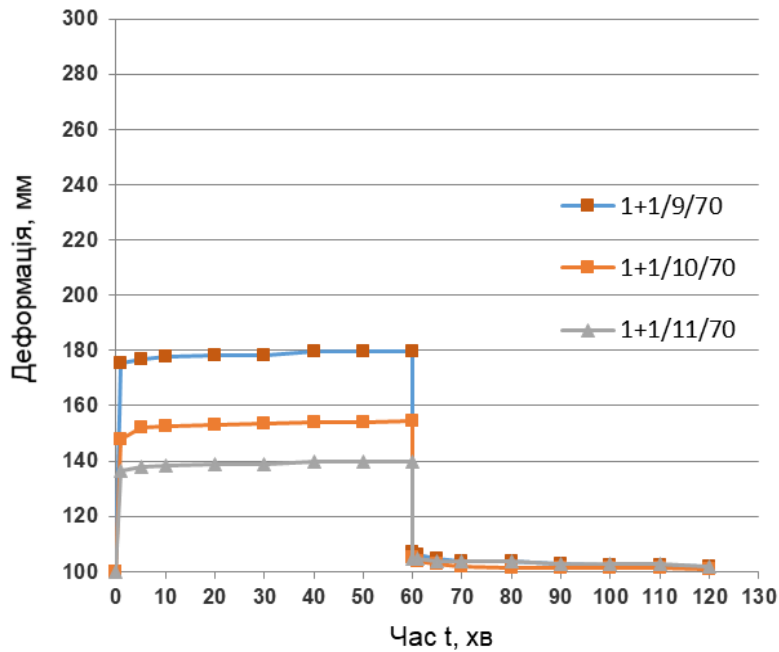
б

Рис.4.1 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв:

а – вздовж петельного ряду; *б* – вздовж петельного стовпчика



а

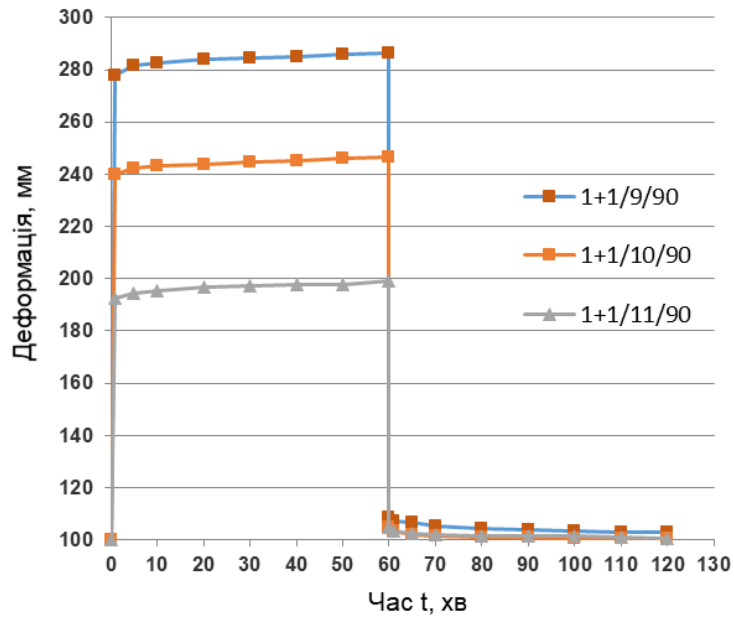


б

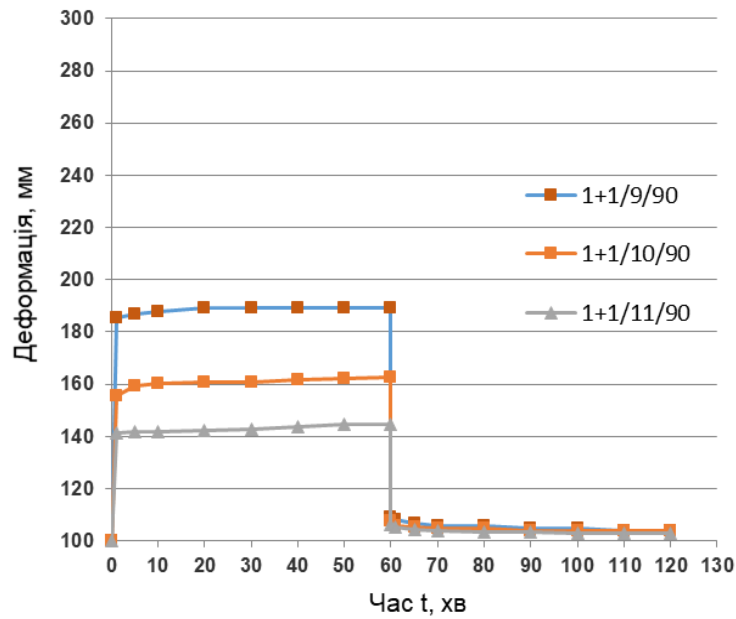
Рис.4.2 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості

обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв

а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

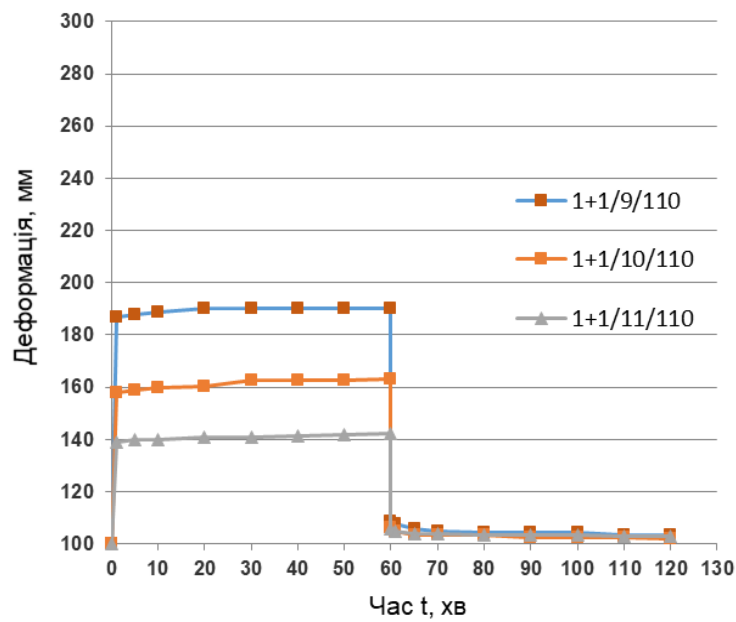
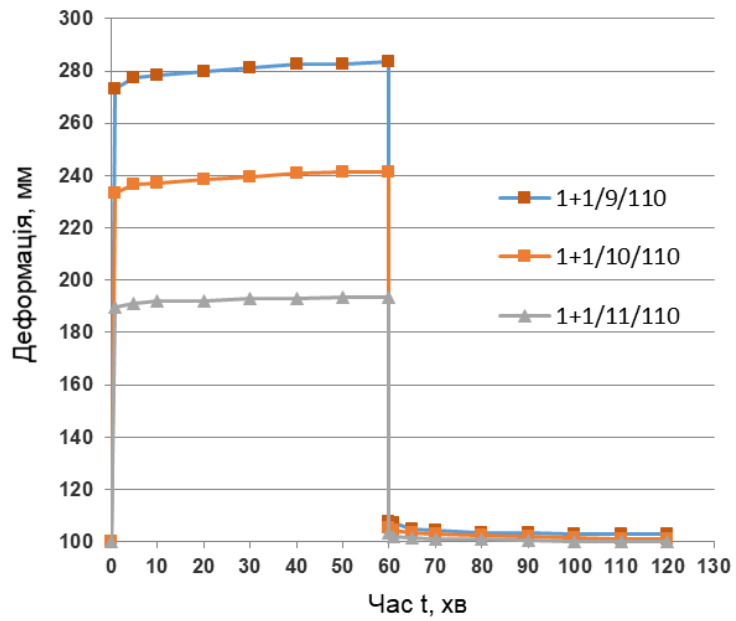


а



б

Рис.4.3 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв
 а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика



а

б

Рис.4.4 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв
а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

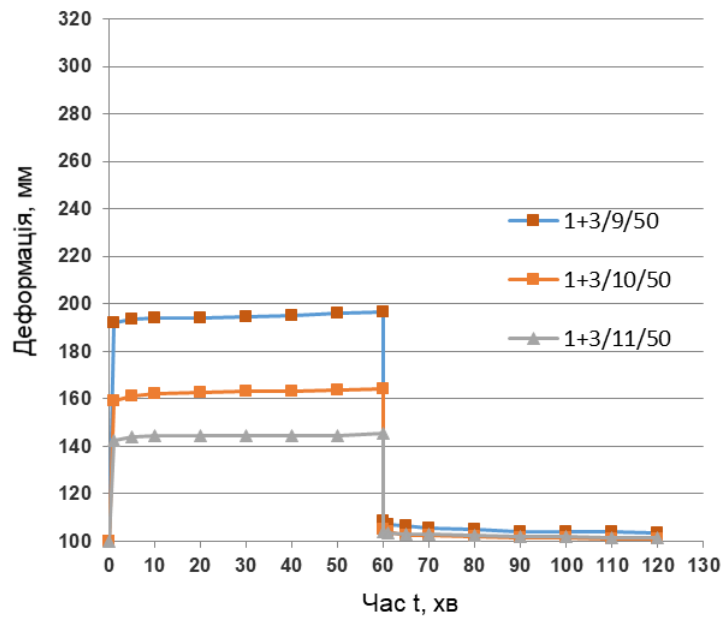
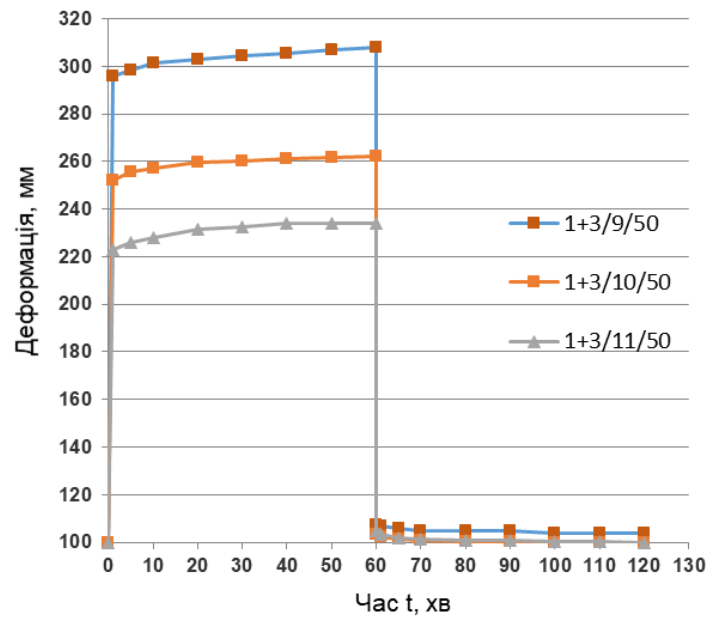
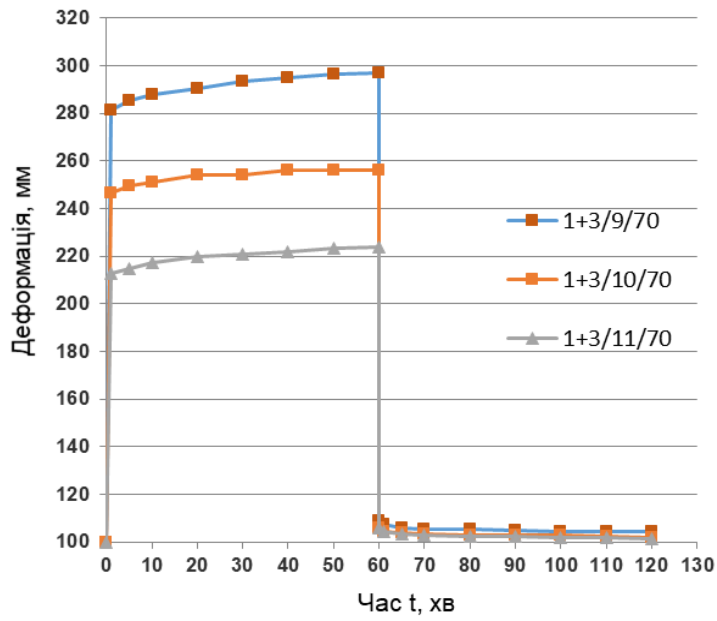
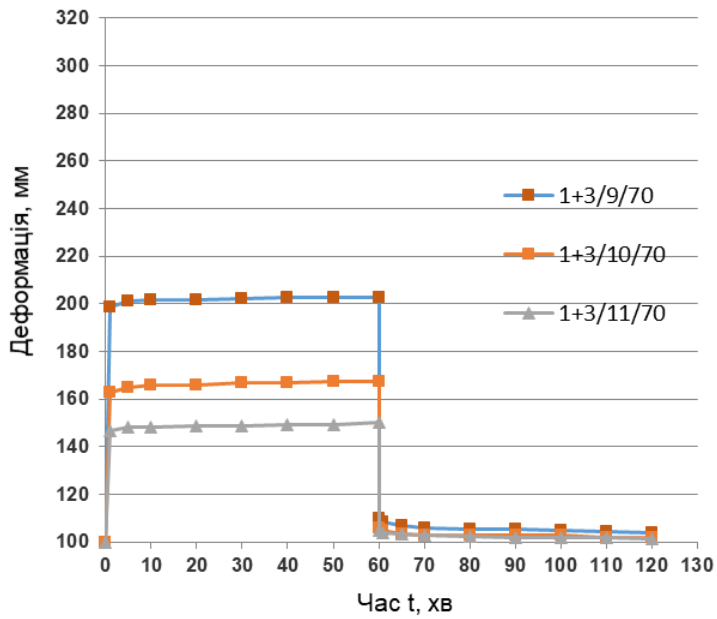


Рис.4.5 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв
а – вздовж петельного ряду; *б* – вздовж петельного стовпчика

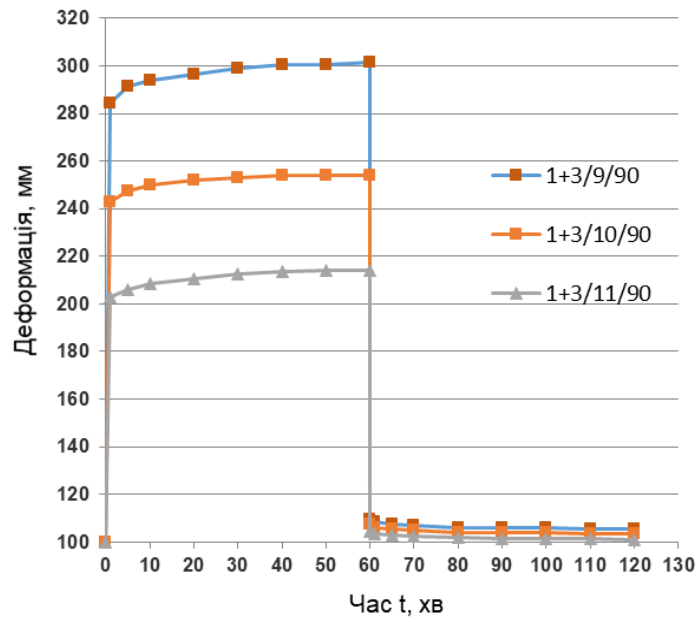


а

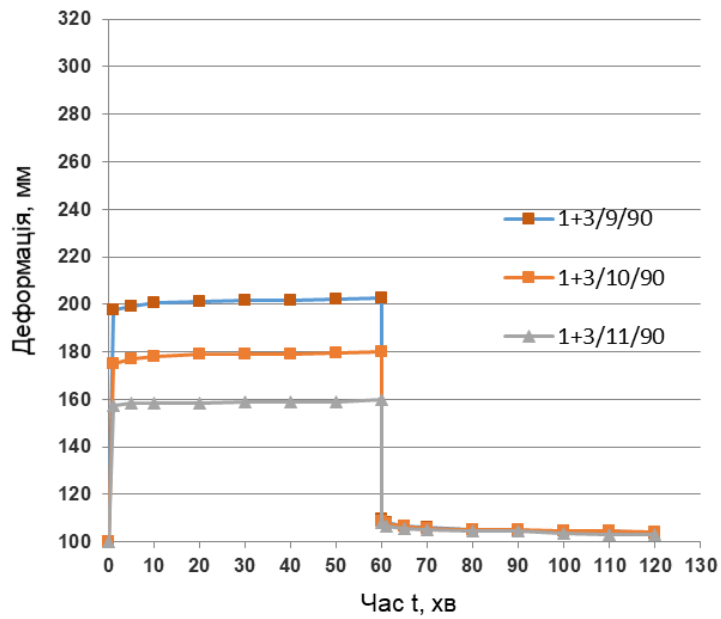


б

Рис.4.6 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв
 а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика



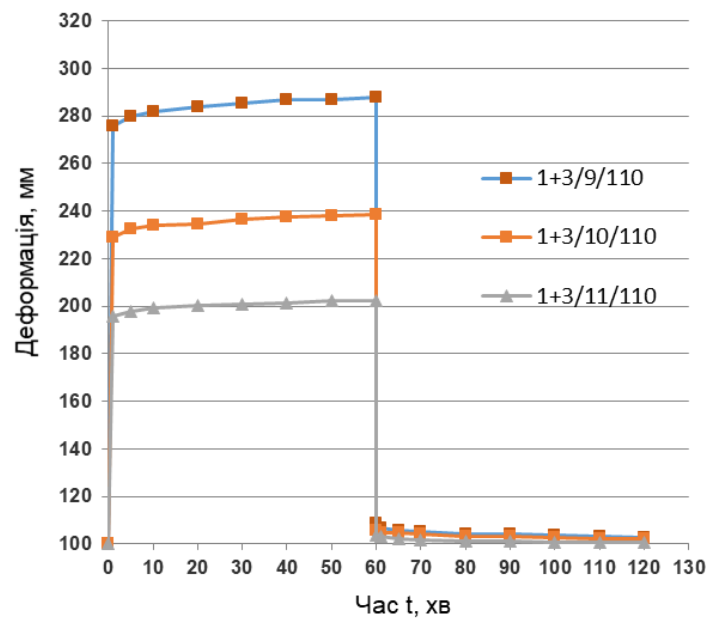
а



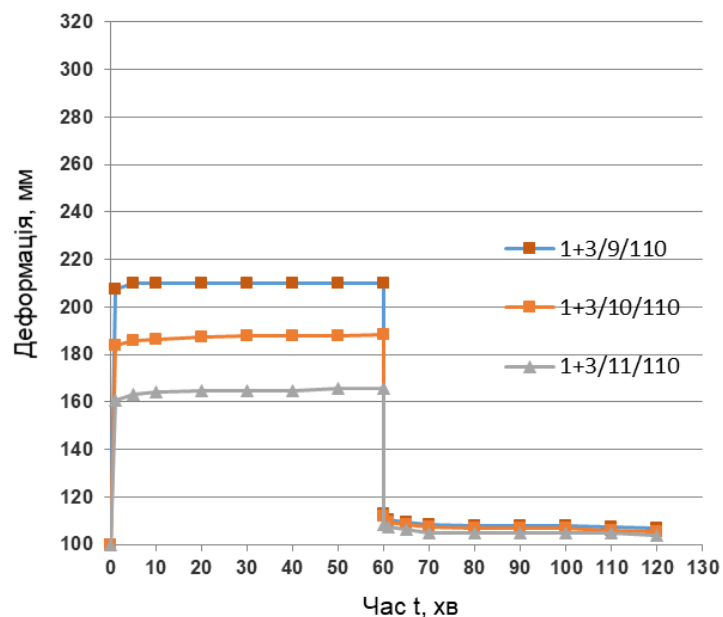
б

Рис.4.7 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв

а – вздовж петельного ряду; *б* – вздовж петельного стовпчика



а



б

Рис.4.8 Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв
 а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

Як видно з графіків, наведених на рис.4.1 – 4.8, на величину повної деформації під дією експлуатаційного навантаження впливає рапорт прокладання еластомерної нитки. Так, у разі застосування рапорту прокладання 1+3 спостерігаємо більше значення повної деформації як по

ширині, так і по довжині. Це пов'язано з утворенням рельєфної поверхні трикотажу (поздовжні валики в місцях розташування еластомерної нитки у вигляді протяжки вздовж 3-х петельних стовпчиків) у випадку рапорту прокладання еластомерної нитки 1+3.

Зміна швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання у визначеному експериментом діапазоні (швидкість обертання колеса від 50 до 110 об/хв) не має суттєвого впливу на частку залишкової деформації. При цьому зменшення натягу еластомерної нитки призводить до зменшення щільності по горизонталі, а це у свою чергу обумовлює зменшення частки повної деформації трикотажного матеріалу у разі прикладання розтягуючого зусилля у напрямку петельних рядів. У випадку дослідження розтяжності зразків у напрямку петельних стовпчиків спостерігаємо протилежну картину – частка повної деформації зростає, що можна пояснити збільшенням податливості структури трикотажного матеріалу до перерозподілу нитки з протяжок в остови петель внаслідок зменшення його щільності.



Рис. 4.9 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. на 1 см з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв

На рис. 4.9 – 4.32 наведено кругові діаграми складових часток релаксації деформації дослідних зразків трикотажу для двох напрямів розтягу трикотажного матеріалу: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика.



Рис. 4.10 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв



Рис. 4.11 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв



Рис. 4.12 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв



Рис. 4.13 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. на 1 см з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв



Рис. 4.14 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв



Рис. 4.15 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв



Рис. 4.16 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв



Рис. 4.17 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. на 1 см з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв



Рис. 4.18 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв



Рис. 4.19 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв



Рис. 4.20 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв



Рис. 4.21 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. на 1 см з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв



Рис. 4.22 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв



Рис. 4.23 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв



Рис. 4.24 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 9 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв



Рис. 4.25 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. на 1 см з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв



Рис. 4.26 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв



Рис. 4.27 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв

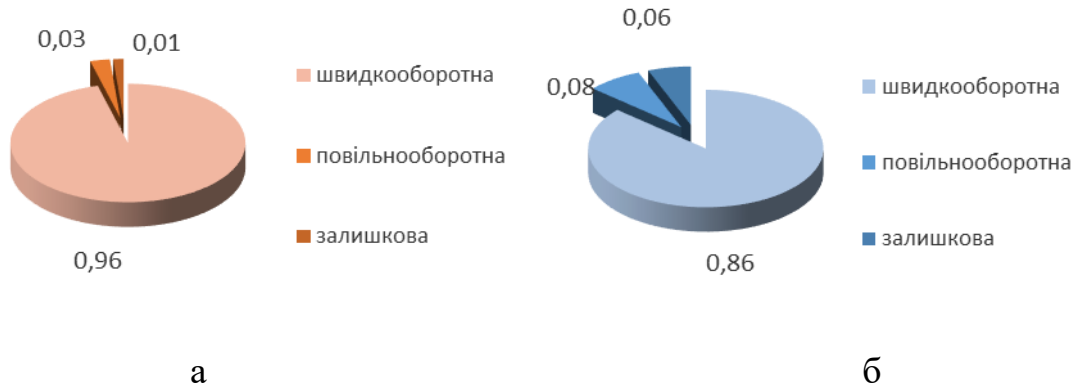


Рис. 4.28 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 10 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв



Рис. 4.29 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. на 1 см з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв



Рис. 4.30 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв



Рис. 4.31 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв



Рис. 4.32 Складові частки повної деформації трикотажного матеріалу, виробленого за щільності по вертикалі 11 пет. р. з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв

Як видно з діаграм (рис. 4.9 – рис. 4.32) усі розроблені трикотажні матеріали демонструють високий рівень формостабільності. Частка залишкової деформації незначна. Усі зразки після зняття навантаження відновлюють свої лінійні розміри як вздовж петельного ряду, так і вздовж петельного стовпчика. На величину складових часток повної деформації у ході релаксаційних процесів після зняття навантаження у напрямку петельних стовпчиків має вплив рапорт прокладання й швидкість подачі еластомерної нитки в структуру ґрунту та щільність в'язання трикотажного матеріалу. Відсутність залишкової деформації у напрямку петельного ряду обумовлена наявністю в структурі трикотажного матеріалу еластомерної нитки, розташованої у напрямку прикладання навантаження.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

В усіх розроблених зразках трикотажних матеріалів частка залишкової деформації по ширині складає до 2%, по довжині не перевищує 6% й зростає зі зменшенням щільності в'язання та збільшенням швидкості подачі еластомерної нитки в зону в'язання. Водночас, на величину повної деформації під дією експлуатаційного навантаження впливає рапорт прокладання еластомерної нитки. Так, у випадку рапорту прокладання 1+3 спостерігаємо більше значення повної деформації як по ширині, так і по довжині. Це пов'язано з утворенням рельєфної поверхні трикотажного матеріалу з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 (поздовжні валики в місцях розташування еластомерної нитки у вигляді протяжки вздовж 3-х петельних стовпчиків).

Оскільки у структурі петельних рядів містяться еластомерні нитки у вигляді накидів та протяжок, розроблені зразки трикотажних матеріалів демонструють гарну пружність, а відповідно забезпечуватимуть стабільність лінійних розмірів й збереження форми та функціональних властивостей під час експлуатації виробу трубчастої форми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Тривала війна в Україні привела до зростання частки людей працездатного віку з травматичною ампутацією як серед військовослужбовців, так і серед цивільного населення. Встановлено, що причинами травматичної ампутації кінцівок є поранення, отримані під час артилерійських та ракетних обстрілів; поранення, отримані на мінах; вогнепальні поранення. Найбільша кількість постраждалих саме серед військовослужбовців. Наразі протезні технології дозволяють ампутантам продовжувати вести звичний спосіб життя та зберігати соціальний статус, незважаючи на втрату кінцівки. Однак між ампутацією та протезуванням проходить тривалий процес реабілітації, яка передбачає компресійну терапію з метою корекції формування кукси, відновлення рубців та профілактики набряків. Найпростішим методом компресійної терапії є еластичні бинти. Однак накладання такого биндажа є досить складним процесом і вимагає спеціальних навичок та практичних знань. У період реабілітації перед протезуванням використання функціональних чохла для культі є більш доречним.

Компресійні чохла забезпечують компресійну терапію, яка слугує засобом запобігання набряку та сприяє корекції формування культі. Тому розробка функціональних чохла для кукси є актуальною задачею, вирішення якої передбачає проведення додаткових досліджень.

У ході досліджень розроблено зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми з компресійним ефектом. Встановлено кореляційні залежності, що описують вплив швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання на такі параметри петельної структури як довжина нитки в петлі, щільність в'язання по горизонталі, поверхнева густина, товщина. Також визначено вплив технологічних параметрів в'язання на ширину трубки трикотажного напівфабрикату чохла в умовно-рівноважному та розтягнутому стані, довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту. Виявлено характер впливу рапорту прокладання еластомерної (резинової) нитки в структуру трикотажного матеріалу на параметри його петельної структури та лінійні виміри напівфабрикату чохла трубчастої форми. Одержані результати дозволяють визначити на етапі проєктування

необхідні технологічні параметри в'язання для виготовлення трикотажних напівфабрикатів чохлаів для кукси із заданими параметрами структури та лінійними розмірами.

В усіх розроблених зразках трикотажних матеріалів частка залишкової деформації по ширині складає до 2%, по довжині не перевищує 6% й зростає зі зменшенням щільності в'язання та збільшенням швидкості подачі еластомерної нитки в зону в'язання. Водночас, на величину повної деформації під дією експлуатаційного навантаження впливає рапорт прокладання еластомерної нитки. Так, у випадку рапорту прокладання 1+3 спостерігаємо більше значення повної деформації як по ширині, так і по довжині. Це пов'язано з утворенням рельєфної поверхні трикотажного матеріалу з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 (поздовжні валики в місцях розташування еластомерної нитки у вигляді протяжки вздовж 3-х петельних стовпчиків).

Оскільки у структурі петельних рядів містяться еластомерні нитки у вигляді накидів та протяжок, розроблені зразки трикотажних матеріалів демонструють гарну пружність, а відповідно забезпечуватимуть стабільність лінійних розмірів й збереження форми та функціональних властивостей під час експлуатації виробу трубчастої форми.

На підставі одержаних результатів досліджень визначено параметри в'язання у ході виготовлення чохлаів для культі, що забезпечуватимуть 1 рівень компресії: швидкість подачі еластомерної нитки у зону в'язання 110 обертів за хвилину, щільність в'язання по вертикалі у діапазоні 9÷11 петельних рядів на 1 см в залежності від обхвату ділянки ноги чи руки. Фото чохлаів у готовому вигляді наведені у додатку К.

Робота виконана у рамках спільного українсько-литовського науково-дослідного білатерального проєкту «Функціональні текстильні матеріали та виробу для потреб військових, медиків, госпітальєрів та цивільного населення (акронім – ORТОКНИТ)» (2024-2025pp.) за договором № М/57-2024 від 30.04.2024р., номер державної реєстрації №0124U002685, підтриманого Міністерством освіти і науки України, та за підтримки Міністерства освіти, науки та спорту Литовської Республіки і Науково-дослідної ради Литви. Науковий керівник НДР д.т.н., проф. Галавська Л.Є.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Selvam, P. Senthil, et al. Prosthetics for lower limb amputation. (2021). *Prosthetics and Orthotics*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95593>
2. Walsh, Thomas L. (2003). Custom removable immediate postoperative prosthesis. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics* 15.4, 158-161. <https://doi.org/10.1097/00008526-200310000-00008>
3. Mueller, Michael J. (1982). Comparison of removable rigid dressings and elastic bandages in preprosthetic management of patients with below-knee amputations. *Physical therapy* 62.10, 1438-1441. <https://doi.org/10.1093/ptj/62.10.1438>
4. Hidayati, Evi RN, et al. (2013). Efficacy of removable rigid dressing after transtibial amputation in diabetes mellitus patients, *Medical Journal of Indonesia* 22.1, 16-21. <https://doi.org/10.13181/mji.v22i1.516>
5. Janchai, Siriporn, Jariya Boonhong, and Jirayoo Tiamprasit. (2008). Comparison of removable rigid dressing and elastic bandage in reducing the residual limb volume of below knee amputees. *J Med Assoc Thai*, 91.9, 1441-46. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18843876/>
6. Baker, William H., Robert W. Barnes, and Donald G. Shurr. (1977). The healing of below-knee amputations: a comparison of soft and plaster dressings. *The American Journal of Surgery*, 133.6, 716-718. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(77\)90162-3](https://doi.org/10.1016/0002-9610(77)90162-3)
7. Vigier, Stéphane, et al. (1999). Healing of open stump wounds after vascular below-knee amputation: plaster cast socket with silicone sleeve versus elastic compression. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80.10, 1327-1330. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90038-2](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90038-2)
8. Moore, Wesley S., Albert D. Hall, and Robert C. Lim Jr. (1972). Below the knee amputation for ischemic gangrene: Comparative results of conventional operation and immediate postoperative fitting technic. *The American Journal of Surgery*, 124.2, 127-134. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(72\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0002-9610(72)90003-7)

9. Choo, Yoo Jin, Du Hwan Kim, and Min Cheol Chang. (2022). Amputation stump management: A narrative review. *World journal of clinical cases*, 10.13, 3981. <https://www.wjgnet.com/2307-8960/full/v10/i13/3981.htm>
10. Smith, Douglas G., et al. (2003). Postoperative dressing and management strategies for transtibial amputations: a critical review. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 40.3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14582525/>
11. Nawijn, S. E., et al. (2005). Stump management after trans-tibial amputation: a systematic review. *Prosthetics and orthotics international*, 29.1, 13-26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16180374/>
12. Бур'янов, О. А., Ярмолюк, Ю. О., Беспаленко, А. А., & Вакулич, М. В. (2016). Хірургічна тактика лікування постраждалих з ампутаціями при бойових ураженнях нижніх кінцівок в сучасних бойових конфліктах. *Проблеми військової охорони здоров'я*, (45 (1)), 182-188. <https://library.gov.ua/problemy-vijskovoyi-ohorony-zdorov-ya-2/>
13. Коробко, Лариса, Маркович Олексій, Чижин Борис. (2022). Фахова медична допомога фізичного терапевта з профілактики контрактур після ампутації нижніх кінцівок. *Physical Culture and Sport: Scientific Perspective*, 2, 81-84.. <http://doi.org/10.31891/pcs.2022.2.13>
14. Janchai, Siriporn, Jariya Boonhong, and Jirayoo Tiamprasit. (2008). Comparison of removable rigid dressing and elastic bandage in reducing the residual limb volume of below knee amputees. *J Med Assoc Thai*, 91.9, 1441-46. <https://www.researchgate.net/publication/23308226>
15. Czajka, R. (2005). Development of Medical Textile Market. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 13(1), 13-15.
16. Cigna Medical Coverage Policy. Subject: Knee Braces. Coverage Policy Number: 0362, 2012 0515.
17. Ortopagalba. Web site: <https://www.ortopagalba.com/en/products/> [Accessed: 18 March 2024].

18. Ortopedija. Web site: <https://www.orthopedic-pro.com/produkte/supportsorthoses/> [Accessed: 18 March 2024].
19. Pereira, S., et al. (2007). A study of the Structure and Properties of Novel Fabrics for Knee Braces. *Journal of Industrial Textiles*, 36(4), 279-300.
20. Lyashenko, I., Gonca, V., Oks, B. (2002). Designing Medical Knitwear in View of Geometrical and Biomechanical Characteristics of Rounded Surfaces. *Proceedings of 1st International Textile Clothing & Design Conference, Zagreb, Croatia*, 517-521.
21. Oks, B., Lyashenko, I. (1999). Methods of Calculation of Local Pressure of Elastomer Products. *Proceedings of Medical Textiles'99 International Conference, Cambridge Woodhead Publishing Limited, Bolton, England*, 82-91.
22. Mikucioniene, D., Muraliene, L. (2022) Influence of orthopedic support structure and construction on compression and behavior during stress relaxation. *Journal of Industrial Textiles*, 51(3), 5026S-5041S. <https://doi.org/10.1177/1528083720964695>.
23. Maklevska, E., Nawrocki, A., Ledwon, J., Kowalski, K. (2006). Modelling and Designing of Knitted Products Used in Compressive Therapy. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(5), 111-113.
24. Kowalski, K., Mielicka, E., Kowalski, T. M. (2012). Modelling and Designing Compression Garments with Unit Pressure Assumed for Body Circumferences of a Variable Curvature Radius. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(6A), 98-102.
25. Petrova, A., Ashdown, S.P. (2008). Three-Dimensional Body Scan Data Analysis: Body Size and Shape Dependence of Ease Values for Pants' Fit. *Clothing and Textiles Research Journal*, 26, 227-252.
26. Troynikov, O., Ashayeri, E. (2011). 3D body scanning method for close-fitting garments in sport and medical applications. *HFESA 47th Annual Conference 2011. Ergonomics Australia - Special Edition*, 1-6.

27. Wong, A.S.W., Li, Y., Zhang, X. (2004). Influence of Fabric Mechanical Property on Clothing Dynamic Pressure Distribution and Pressure Comfort on Tight-Fit Sportswear. *Fiber*, 60(10), 293-299.

28. Kyzymchuk O., Melnyk L., Arabuli S. Study of elastic warp knitted bands: Production and properties [Študija elastičnih snutkovnih pletenih trakov: Izdelava in lastnosti] (2020) *Tekstilec*, 63 (2), pp. 113 - 123, DOI: 10.14502/Tekstilec2020.63.113-123.

29. Melnyk L., Kyzymchuk O. NOVEL ELASTIC WARP KNITTED FABRIC WITH PERFORATION (2023) *Vlakna a Textil*, 30 (1), pp. 120 - 125, DOI: 10.15240/tul/008/2023-1-021 <https://dspace.tul.cz/server/api/core/bitstreams/dd2c8385-19cb-456e-a6d1-76f731e4b4f2/content>

30. L. Melnik, O. Kyzymchuk, O. Golikova 19.05.2015, 19:00 The Investigation of Compression Hosiery // VIIth Scientific Professional Meeting Textile Science and Economy – TNP 2015 27 - 31 May 2015 Zrenjanin, Serbia. Book of proceeding 66-70. –272).

31. PAVKO-CUDEN A. Parameters of compact single weft knitted structure (part 2): loop modules and munden constants – compact and super-compact structure. *Tekstilec*, 2010, 53(10-12), 259–272.

32. Kyzymchuk, O., Melnyk, L. Influence of miss knit repeat on parameters and properties of elasticized knitted fabric. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2016. Volume 141. Number 1. 012006 **DOI** 10.1088/1757-899X/141/1/012006.

33. Abdessalem, S.B., et al. (2009). Influence of Elastane Consumption on Plated Plain Knitted Fabric Characteristics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(4), 30-35.

34. Dorlastan in Circular Knitting. (2008). Dorlastan product information technical report, Asei Kasei Spandex Europe GmbH, Germany.

35. Legner M. (1999). Medical Textile with Specific Characteristics Produced on Flat Knitting Machines. Proceedings of the 2nd International Conference Medical textile. Bolton Institute, UK, 44-51.
36. Milosavljevic, S., Škundric, P. (2007). Contribution of Textile Technology to the Development of Modern Compression Bandages. *CI & CEQ*, 13 (2), 88-102.
37. Ozbayrak, N., Kavusturan, Y. (2009). The Effects of Inlay Yarn Amount and Yarn Count of Extensibility and Bursting Strength of Compression Stockings. *TEKSTIL'VE KONFEKSIYON*, 2, 102-107.
38. Senthilkumar, M., et al. (2011). Elastane Fabrics—A Tool for Stretch Application in Sports. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36, 300-307.
39. Senthilkumar, M., Sounderraj, S., Anbumani, N. (2012). Effect of Spandex Input Tension, Spandex Linear Density and Cotton Yarn Loop Length on Dynamic Elastic Behavior of Cotton/Spandex Knitted Fabrics. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 7(4), 1-16.
40. Tezel, S., Kavusturan, Y. (2008). Experimental Investigation of Effects of Spandex Brand and Tightness Factor on Dimensional and Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics. *Textile Research Journal*, 78(11), 966-967.
41. Fatkic, E., et al. (2011). Influence of Knitting Parameters on the Mechanical Properties of Plain Jersey Weft Knitted Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(5), 87-91.
42. Choi, W., Powel, N.C. (2005). Three Dimensional Seamless Garment Knitting on V-bed Flat Knitting Machines. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4(3), 1-33.
43. Lazar, K. (2004). Technical and Medical Textiles—A Challenge to the Knitting Industry. Lecture given to the 42nd Congress of the International Federation of Knitting Technologists, Łódź. Web site: <http://www.lazarky.hu/58pub/IFKT2004.pdf> [Accessed: 20 March 2024].

44. Gupta, D., Chattopadhyay, R., Bera, M. (2011). Comfort properties of pressure garments in extended state. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36, 415-421.
45. Lazar, K. (2004). Technical and Medical Textiles—A Challenge to the Knitting Industry. Lecture given to the 42nd Congress of the International Federation of Knitting Technologists, Łódź. Web site: <http://www.lazarky.hu/58pub/IFKT2004.pdf> [Accessed: 20 March 2024].
46. Lazar, K. (2004). Technical and Medical Textiles—A Challenge to the Knitting Industry. Lecture given to the 42nd Congress of the International Federation of Knitting Technologists, Łódź. Web site: <http://www.lazarky.hu/58pub/IFKT2004.pdf> [Accessed: 20 March 2024].
47. Treigyte, V., Chaillou, T., Eimantas, N., Venckunas, T., Brazaitis, M. (2024). Passive heating-induced changes in muscle contractile function are not further augmented by prolonged exposure in young males experiencing moderate thermal stress. *Frontier in Physiology*, 15:1356488. doi:10.3389/fphys.2024.1356488.
48. Abdessalem, S.B., et al. (2009). Influence of Elastane Consumption on Plated Plain Knitted Fabric Characteristics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 4(4), 30-35.
49. Araújo, M., Fangueiro, R., Hong, H. (2003). Modelling and Simulation of the Mechanical Behaviour of Weft-Knitted Fabrics for Technical Applications, Part II. *Autex Research Journal*, 3 (3), 117-123.
50. Araújo, M., Fangueiro, R., Hong, H. (2004). Modeling and Simulation of the Mechanical Behaviour of Weft-knitted Fabrics for Technical Application. Part III. *AUTEX Research Journal*, 4, 25-32.
51. Cruz, J., et al. (2010). Study of Compressive Behavior of Funcional Knitted Fabrics Using Elastomeric Materials. *Proceedings of AUTEX World Textile Conference Vilnius, Lithuania*, 33.

52. Senthilkumar, M., Anbunami, N. (2011). Dynamics of Elastic Knitted Fabrics for Sports Wear. *Journal of Industrial Textiles*, 41(1), 13-24.
53. Fatkic, E., et al. (2011). Influence of Knitting Parameters on the Mechanical Properties of Plain Jersey Weft Knitted Fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(5), 87-91.
54. Kononova, O., et al. (2011). Modelling and experimental verification of mechanical properties of cotton knitted fabric composites. *Estonian Journal of Engineering*, 17(1), 39-50.
55. Tiron, C., et al. (2010). Medical Knitted Orthotics, New Yarns, Strengh and Health. *Proceeding of 7th International Conference – TEXSCI, Czech Republic*, 1-5.
56. Watkins, P. (2011). Designing with stretch fabrics. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36, 366-379.
57. Yamada, T., Matmuo, M. (2009). The Study of Effect of a Polyurethane Filament on Mechanical Properties of Plain Stitch Fabrics. *Textile Research Journal*, 79(4), 310-317.
58. Hegarty-Cravera, M., Kwonb, C., Oxenhamb, W., Granta, E., Reid Jr., L. (2015). Towards characterizing the pressure profiles of medical compression hosiery: an investigation of current measurement devices and techniques. *The Journal of The Textile Institute*, 106(7), 757–767, <http://dx.doi.org/10.1080/00405000.2014.941535> Downloaded by [North Carolina State University] at 05:30 19 October 2015.
59. Das, A., et al. (2012). Pressure Profiling of Compression Bandages by a Computerized Instrument. *Indian Journal of Science and Technology*, 37, 114-119.
60. Dongsheng, C., et al. (2013). Effects of Mechanical Properties of Fabrics on Clothing Pressure. *Przeglad Elektrotechniczny*, 89(1b), 232-235.
61. Harpa, R., Piroi, C., Radu, C.D. (2010). A New Approach for Testing Medical Stockings. *Textile Research Journal*, 80(8), 683-695.

62. Liu, R., et al. (2008). Physiological Response and Comfort Sensory Perception towards Physical–Mechanical Performance of Compression Hosiery Textiles. *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 1(1), 55-64.
63. Liu, R., Kwok, Y. L., Li, Y., Lao, T. T. (2010). Fabric Mechanical - Surface Properties of Compression Hosiery and their Effects on Skin Pressure Magnitudes when Worn. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 18(2), 91-97.
64. Maklevska, E., Nawrocki, A., Ledwon, J., Kowalski, K. (2006). Modelling and Designing of Knitted Products Used in Compressive Therapy. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 14(5), 111-113.
65. Pereira, S., et al. (2007). A study of the Structure and Properties of Novel Fabrics for Knee Braces. *Journal of Industrial Textiles*, 36(4), 279-300.
66. Radu, C.D., et al. (2008). Behavior of Medical stockings used in chronic venous failure of leg. *Book of Abstracts of 8th Autex Conference*, Citta Studi Biela, Italy, 29.
67. Tiron, C., et al. (2010). Medical Knitted Orthotics, New Yarns, Strength and Health. *Proceeding of 7th International Conference – TEXSCI*, Czech Republic, 1-5.
68. Abramaviciute, J., Mikucioniene, D., Ciukas, R. (2011). Static Water Absorption of Knits from Natural and Textured Yarns. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 19(3), 60-63.
69. Mikucioniene, D., Alisauskiene, D. (2014). Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. *Material Science (Medziagotyra)*, 20(3), 311-314.
70. Wang, L., Felder, M., Cai, J. Y. (2011). Study of Properties of Medical Compression Garment Fabrics. *Journal of Fiber Bioengineering & Informatics*, 4(1), 15-22.
71. Araújo, M., Fangueiro, R., Hong, H. (2004). Modeling and Simulation of the Mechanical Behaviour of Weft-knitted Fabrics for Technical Application. Part III. *AUTEX Research Journal*, 4, 25-32.

72. Araújo, M., Fangueiro, R., Hong, H. (2004). Modeling and Simulation of the Mechanical Behaviour of Weft-knitted Fabrics for Technical Application. Part III. *AUTEX Research Journal*, 4, 25-32.
73. Kowalski, K., Mielicka, E., Kowalski, T. M. (2012). Modelling and Designing Compression Garments with Unit Pressure Assumed for Body Circumferences of a Variable Curvature Radius. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(6A), 98-102.
74. Kraemer, W. J., et al. (2010). Effects of a Whole Body Compression Garment on Markers of Recovery After a Heavy Resistance Workout in Men and Women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 804-814.
75. Mikucioniene, D., Milasiute, L. (2016). Influence of Knitted Orthopaedic Support Construction on Compression Generated by the Support. *Journal of Industrial Textile*, doi:10.1177/1528083716661205.
76. Venosan. Web site: <https://www.venosan.com/en/home.html> [Accessed: 18 March 2024].
77. Abramaviciute, J., Mikucioniene, D., Ciukas, R. (2011). Structure Properties of Knits from Natural Yarns and their Combination with Elastane and Polyamide Threads. *Materials Science (Medžiagotyra)*, 17(1), 43-46.
78. Domanski, E., Lamping, C., Bruce, L., Hinds, S., Bodenschatz S. (2002). U.S. Patent No. US20020115950A1 Orthopaedic supports.
79. Gupta, D., Chattopadhyay, R., Bera, M. (2011). Comfort properties of pressure garments in extended state. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 36, 415-421.
80. Özdil, N., Marmarali, A., Kretzschmar, S. D. (2007). Effect of Yarn Properties on Thermal Comfort of Knitted Fabrics. *International Journal of Thermal Science*, 46, 1318-1322.
81. Salopek Cubric, I., Skenderi, Z., Mihelic-Bogdanic, A., Andrassy, M. (2012). Experimental Study of Thermal Resistance of Knitted Fabrics. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38, 223-228.

82. Majumdar, A., Mukhopadhyay, S., Yadav, R. (2010). Thermal Properties of Knitted Fabrics Made from Cotton and Regenerated Bamboo Cellulosic Fibres. *International Journal of Thermal Science*, 49, 2042-2048.
83. Alisauskiene, D., Mikucioniene, D. (2012). Influence of the Rigid Element Area on the Compression Properties of Knitted Orthopaedic Supports. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 20(6A), 103-107.
84. Bartkowiak, G., Frydrych, I., Greszta, A. (2016). Fabric Selection for the Reference Clothing Destined for Ergonomics Test of Protective Clothing: Physiological Comfort Point of View. *AUTEX Research Journal*, 16(4), 256–261.
85. Salopek Cubric, I., Skenderi, Z., Mihelic-Bogdanic, A., Andrassy, M. (2012). Experimental Study of Thermal Resistance of Knitted Fabrics. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 38, 223-228.
86. Afzal, A., Ahmad, S., Rasheed, A., et al. (2017). Influence of Fabric Parameters on Thermal Comfort Performance of Double Layer Knitted Interlock Fabrics. *AUTEX Research Journal*, 17(1), 20-26.
87. Vlasenko V., Kovtun S., Bereznenko N., Suprun N., Murarova A. Water and Heat Transfer through multilayer Textile Composites // *Vlakna a textile*. – 2006. – №13 (1-2). – P.29 – 32.
88. Arabuli S., Vlasenko V. Study of transplanar heat transfer in multilayer textile structures // *Vlakna a textile* (2). – 2011. – №18. – P.3 – 9].
89. Kilinc-Balci. F.S. Testing, analyzing and predicting the comfort properties of textiles. Editor(s): Guowen Song, In *Woodhead Publishing Series in Textiles, Improving Comfort in Clothing*, Woodhead Publishing, 2011, P. 138-162,].
90. Das A. & Alagirusamy R. Improving tactile comfort in fabrics and clothing. Editor(s): Guowen Song, In *Woodhead Publishing Series in Textiles, Improving Comfort in Clothing*, Woodhead Publishing, 2011, P. 216-244.
91. Investigation of sensory comfort of textile materials for hospital line / S. Arabuli, N. Suprun, L. Ocheretna, A. Arabuli // *Bulletin of the Kyiv National*

University of Technologies and Design. Technical Science Series. - 2020. - № 1 (142). - pp. 38-49.

92. Goetzendorf-Grabowska, B., Karaszewska, A., Vlasenko, V.I., Arabuli, A.T. Bending stiffness of knitted fabrics - Comparison of test methods //Fibres and Textiles in Eastern Europe, 2014, 103(1), p. 43–50

93. Arabuli S. Evaluation of comfort properties of knitted fabrics for sportwear / Arabuli S., Arabuli A., Ototiuk S, Klochko V., Cherepenko D. // Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Technical Science Series – 2019. – № 4(136).– C.106-114.

94. Iggo A. (1988), ‘Sensory receptors, cutaneous’, in Sensory System II: Senses other than Vision, Pro Scientia Viva, Boston, USA, p.109–110.

95. Kawabata S. and Niwa M. (1989), ‘Fabric performance in clothing and clothing manufacture’, J. Text. Inst., 80, 19.

96. Kyzymchuk O, Marmaralı A, Melnyk L, et al. The effect of weft yarn type and elastomer yarn threading on the properties of elastic warp knitted fabrics. Part II: Thermal comfort properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. 2023;18. doi:[10.1177/15589250231171582](https://doi.org/10.1177/15589250231171582)

97. Halavska L., Batrak O.: The properties of weft knitted fabric medical and preventive treatment action using eco-raw materials. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 141, No.1. – 012013., 2016. Access mode: [https:// www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191413261](https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57191413261)

98. Halavska, Liudmyla, and Oleksandra Batrak. "Development & research on consumer properties of integrated two-layer weft knitted fabric from eco-raw materials." *Vlákna a textil (Fibres and Textiles)* (2018). http://vat.ft.tul.cz/2018/2/VaT_2018_2_6.pdf

99. COOLMAX®. URL: <http://coolmax.com/en/Apparel-Segments/Apparel-Segments/Socks>

100. PROLEN®. URL: <https://www.prolenyarn.com/contact/>

101. CUPRON®. URL: <https://cupron.com/antimicrobial-embedded-copper-yarns/>
102. TCK Textiles Korea Inc. URL: <http://www.tcktextiles.com/en/>
103. TROVOtech. URL: <https://trovotech.com/index.php/en/biocides>
104. Mikucioniene,D.; Halavska,L.; Melnyk,L.; Milašius,R.; Laureckiene,G.; Arabuli,S. Classification, Structure and Construction of Functional Orthopaedic Compression Knits for Medical Application: A Review. *Appl. Sci.* **2024**, *14* (10), 4486. <https://doi.org/10.3390/app14114486>
105. Mikucioniene,D.; Halavska,L.; Laureckiene,G.; Melnyk,L.; Arabuli,S.; Milašius, R. Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs: A Review. *Fibers* **2024**, *12*(10), 80. <https://doi.org/10.3390/fib12100080>
106. Shi, Y.; Liu, R.; Lv, J.; Ye, C. Biomedical therapeutic compression textiles: Physical-mechanical property analysis to precise pressure management. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* **2024**, *151*, 106392. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106392>
107. Kankariya, N. Material, structure, and design of textile-based compression devices for managing chronic edema. *J. Ind. Text.* **2022**, *52*. <https://doi:10.1177/15280837221118844>
108. Liu, R.; Guo, X.; Lao, T.T.; Little, T. A critical review on compression textiles for compression therapy: Textile-based compression interventions for chronic venous insufficiency. *Text. Res. J.* **2017**, *87*, 1121–1141. <https://doi.org/10.1177/00405175166460>
109. Murray, J.C. Keloids and hypertrophic scars. *Clin. Dermatol.* **1994**, *12*, 27–37. [https://doi.org/10.1016/0738-081X\(94\)90254-2](https://doi.org/10.1016/0738-081X(94)90254-2)
110. Aboalasaad, A.R.; Sirkova, B.K.; Mansoor, T.; Skenderi, Z.; Khalil, A.S. Theoretical and Experimental Evaluation of Thermal Resistance for Compression Bandages. *Autex Res. J.* **2022**, *22*, 18–25. <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0052>

111. Alisauskiene, D.; Mikucioniene, D. Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. *Mater. Sci. -Medzg.* **2014**, *20*, 311–314
112. Yu, A.; Sukigara, S.; Takeuchi, S. Effect of inlaid elastic yarns and inlay pattern on physical properties and compression behaviour of weft-knitted spacer fabric. *J. Ind. Text.* **2022**, *51*, 2688S–2708S. <https://doi.org/10.1177/1528083720947740>
113. RAL-GZ 387/1:2008; Medical Compression Hosiery, Quality Assurance. RAL Deutsches Institut für Gütesicherung and Kennzeichnung e.V.: Bonn, Germany, 2008
114. Zhang, L.; Sun, G.; Li, J.; Chen, Y.; Chen, X.; Gao, W.; Hu, W. The structure and pressure characteristics of graduated compression stockings: Experimental and numerical study. *Text. Res. J.* **2019**, *89*, 5218–5225. <https://doi.org/10.1177/0040517519855319>
115. Кизимчук, О. П., Мельник, Л. М., Гусар, М. Ю., & Латишова, А. А. (2019). Властивості трикотажних матеріалів для компресійних виробів. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* (5), 103-108. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14569>
116. Єліна, Т. В., & Галавська, Л. Є. (2020). Проектування виробів трубчастої форми з урахуванням деформаційних властивостей трикотажу. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* (6), 168-174. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19017>
117. Кизимчук, О. П., & Мельник, Л. М. (2013). Розтяжність трикотажу переплетення Ластик 1+ 1, виробленого з армованих еластомерних ниток фірми Gumex. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки,* (3), 110-114. http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2013_3/23kyz.pdf
118. Кизимчук, О. П., Мельник, Л. М., Токовенко, А. В., Обухевич, С. А. (2019). Порівняння методів визначення розтяжності еластичного

трикотажу. *Fashion Industry*, (1), 48-54. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14829>

119. ДСТУ EN 14970:2018. Матеріали текстильні. Трикотажні полотна. Визначення довжини петлі та лінійної густини ниток у поперечно-в'язаних полотнах (EN 14970:2006, IDT); чинний від 2018-11-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2018.

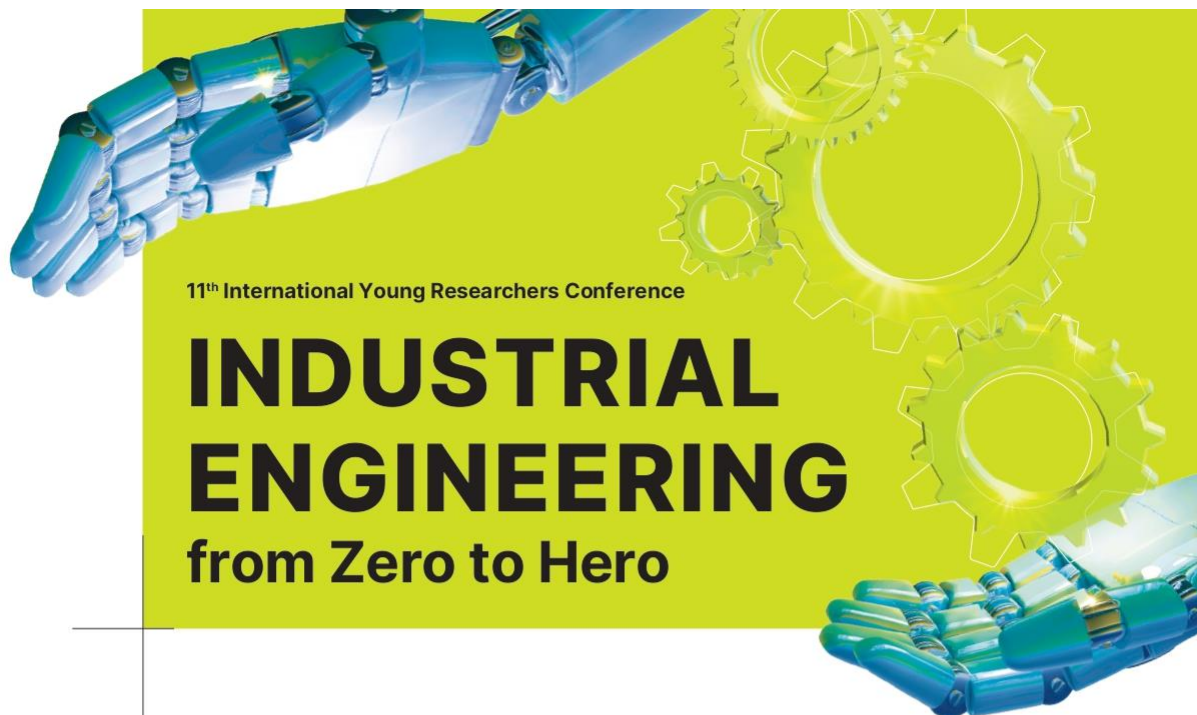
120. ДСТУ ISO 5084:2004. Матеріали текстильні. Визначання товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів (ISO 5084:1996, IDT); чинний від 2024-01-25. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. IV, 5 с.

121. ДСТУ ISO 7211-6:2007. Матеріали текстильні. Методи аналізу структури тканини. Частина 6. Метод визначення поверхневої густини тканини (ISO 7211-6:1984, IDT); чинний від 2009-10-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 8 с.

122. Tsema, E.V.; Khomenko, I.P.; Bepalenko, A.A.; Buryanov, O.A.; Mishalov, V.G.; Kikh, A.Y. Clinico-Statistical Investigation of the Extremity Amputation Level in Wounded Persons. *Klin. Khirurgiia* **2017**, *10*, 324–331. ISSN 1392-1207.

123. Melnyk, L.; Halavska, L.; Mikucioniene, D.; Dudnyk, I.; Milasius, R. Assortment and Manufacturing Methods of Stump Socks. In Proceedings of 11th International Young Researchers Conference Industrial Engineering 2024—From Zero to Hero, Kaunas, Lithuania, 9 May 2024; pp. 129–131.

Додатки
до кваліфікаційної роботи



Certificate

This certificate confirms that

Inna Dudnyk

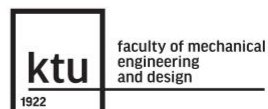
attended in 11th International Young Researchers Conference
"Industrial Engineering 2024 – from Zero to Hero"
and published the article

**Stump socks:
assortment and manufacturing methods**

in the conference proceedings

9 May 2024, Kaunas, Lithuania
V24-11-37

dr. Kazimieras Juzėnas
Dean of the Faculty of
Mechanical Engineering
and Design





1st
Degree

DIPLOMA

awarded to

Inna DUDNYK

participant of the II International Competition of
Research Papers for Higher Education Seekers

Direction **FASHION INDUSTRY**

Vice-Rector for Research
and International Cooperation
Kyiv National University of
Technologies and Design,
Dr of Sc. in Economics,
Professor



Liudmyla HANUSHCHAK-YEFIMENKO

Kyiv
KNUTD 2024

Assortment and Manufacturing Methods of Stump Socks

Liudmyla MELNYK*, Liudmyla HALAVSKA **, Daiva MIKUČIONIENĖ*, Inna DUDNYK****

*Kyiv National University of Technologies and Design, Faculty of Design, E-mail: melnik.lm@kntud.com.ua

**Kyiv National University of Technologies and Design, Faculty of Arts and Fashion, E-mail: galavska.ly@kntud.com.ua

***Kaunas University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering and Design, E-mail: daiva.mikucioniene@ktu.lt

Abstract

Today, there is a wide range of reasons for a limb amputation: traffic accidents, industrial and home injuries, congenital anomalies and malignant tumours, burns, diabetes, etc. During the war, it is gunshot wounds, as a result of which a limb amputation is the only decision to save the patient's life and prevent further development of the disease. In the period of martial law, the issue of preserving the health of military personnel is extremely relevant as one of the factors of increasing the combat capability of the troops. Prosthetic technologies allow amputees to continue their lifestyle and maintain social status despite the loss of a limb. However, between amputation and prosthetics, there is a rehabilitation process. Swelling is an urgent problem during this period. Compression therapy with an elastic bandage, which creates pressure on the stump is the method for its prevention. At the same time, the purpose of this therapy is to correct stump formation, to repair the scars, and to reduce phantom pain. That is why, compression covers are used after the treatment of an open wound. The quality of such a product depends on its conformity to the shape and size of a particular patient's limb and the distribution of pressure created by the product along the limb. Solving the issue of designing rehabilitation products for people with an amputated limb will contribute to the introduction of technologies aimed at the rehabilitation and recovery of the health of citizens of working age in the textile industry of Ukraine.

Keywords: stump socks, amputation, pressure, elastomeric thread.

1. Introduction

Limb amputation is used in the case of a direct threat to the patient's life and the ineffectiveness of conservative methods of treatment. Limb loss can be the result of trauma, malignancy, peripheral vascular disease, or a congenital anomaly. Amputation of the lower limb is more common than the upper limb. Lower extremity amputations account for approximately 85% of all amputation cases. Diabetic foot syndrome is the main cause of lower limb amputations in the world today. The scale of the incidence of diabetes in the world has acquired the characteristics of a pandemic. Prevalence in adults in 2017 was 8.8% of the world population, with the anticipation of a further increase to 9.9% by 2045. In total numbers, this reflects a population of 424.9 million people with diabetes worldwide in 2017, with an estimate of a 48% increase to 628.6 million people by 2045. On a global scale, diabetes hits particularly 'middle-aged' people between 40 and 59 years, which causes serious economic and social implications [1].

Since 2014 war in Ukraine has touched almost every family, and in 2022 is leading to an increase in the number of people with limb amputations regardless of the field of employment: militarists or medicines, volunteers, communal services, rescue, teachers, farmers, etc. It was established that the cause of traumatic limb amputation was 78.4% mine-explosive injuries, 11.7% - explosive wounds, and 5.9% - gunshot wounds. Almost 84.3% of military personnel lost one limb, 13.7% lost two, and 2% lost three. Amputation of the upper limb was performed in 9.8% of patients. During the full-scale war, according to the data of the Military Medical Clinical Center of the Western Region for the period of 2022 (February-September), 63.3% of wounded soldiers received combat damage to their limbs. Among them, 17.8% were injured by firearms, 10.4% by shrapnel and 68.1% by mine-explosive injuries. 5.8% of victims were treated for amputation stumps, and 4.3% of surgical interventions were performed according to primary indications [2]. In contrast to the non-traumatic type of amputations, the age of injured military servicemen varies from 18.9 years to 60 years, that is, the average age is 33.04±1.5 years. Amputation of the lower extremity (67.5%) prevailed over the upper extremity (32.5%) in combat surgical trauma. The frequency of amputation of different segments of the upper limb did not differ significantly: shoulder segment – 29.0%, elbow – 40.3%, hand – 30.6%. The frequency of amputation of the femoral (42.6%) and tibial (41.1%) segments of the lower limb is higher than that of the foot (16.3%). The frequency of upper and lower limb amputation differed only at the level of the hand (30.6%) and foot (16.3%) segments. Clinical and statistical data on amputation of limbs in victims should be taken into account when determining the need for prosthetics of the corresponding segments of the limbs [3].

Losing a limb always causes severe psychological trauma, making life, movement, and self-care difficult. Changing the appearance and shape of the body requires adaptation of the patient and his relatives. Any amputation is not only a severe physical injury, but also a strong and long-lasting psycho-emotional and social stress. Most patients are afraid of the unknown. They expect help in solving their social and household problems. In addition, young amputees are of working age, in education, and have responsibilities such as dependent children. Therefore, the impact of amputation in young amputees may be different than in older people. The use of a prosthesis, especially by young people, increases independence and allows them to perform everyday tasks, as the prosthesis allows them to walk, which improves their mobility and allows them to perform tasks independently. Amputees who cannot use prostheses are dependent on a wheelchair and need

additional devices or assistance to perform daily activities. The limited ability to walk negatively affects the quality of life of people with amputees. The level of amputation, age and other concomitant diseases limit the use of the prosthesis and the ability to walk. However, the most important factors are effective rehabilitation, psychological motivation and physical training, which can be improved over time [4]. Therefore, solutions to the issues of support, rehabilitation, and prosthetics allow people with an amputated limb to continue living, and to return to the highest possible level of functionality and independence, while maintaining professional abilities and social status. The work aims to present a summarized analysis of requirements for socks for amputated limbs, their assortment and manufacturing methods.

2. Results and discussion

Scientists from different countries of the world direct their efforts to solve the issue of creating functional therapeutic and preventive means for the rehabilitation of patients after amputation of a limb by improving the design, finding new types of raw materials and their manufacturing technology. General adaptation is directly related to the use of technologically modern prostheses, such as a microprocessor prosthesis or a prosthesis with an active vacuum system, as it provides the ability to perform daily activities, unlimited activity, physical functions, and mental health [4]. However, the question of prosthetics is preceded by the question of forming a stump: after the wounds have healed, it is necessary to treat the swelling of the limb and form a stump. The early postoperative period is an important stage and creates the basis for the success of all subsequent actions. As a rule, active rehabilitation measures at this stage begin 3-4 days after the operation, if the patient's condition is stable. It is important to maintain the mobility of the joints and the elasticity of the scar in case of contracture manifestations. Therefore, in agreement with the treating surgeon, lymphatic drainage massage, physical therapy and individual classes with an instructor are introduced as early as possible.

Swelling of the stump occurs almost always after amputation and is expressed in different patients to different degrees. The causes of the stink are physiological and include impaired blood flow. The main method of combating swelling is the application of compression therapy to the limb. Correct compression improves blood circulation, reduces pain, and can also speed up the process of adaptation to the prosthesis. The doctor's instructions may include various options for compression therapy techniques: bandage stump, wearing special silicone liners, and special socks.

The simplest method for compression therapy is elastic bandages. However, the application of such a bandage requires special considerations and practical considerations; it is initially applied by a specialist, or the patient is required to undergo special instruction in bandage technology. It is very important to do it correctly because a loose bandage will not prevent or eliminate swelling, tight one can damage the tissues of the stump, injure, and disrupt blood circulation. Additionally, the pressure created on the stump should be gradient: the highest at the bottom of the limb with decreasing to the top. The use of a compression cover improves blood circulation, reduces pain and swelling, contributes to the treatment of phantom pain, and also allows to form the stump to the desired shape before wearing the prosthesis throughout life. The design of a knitted product of a certain shape must to fit the body shape, and in the case of prosthetics - to the level of amputation. In medical practice, 12 main levels of foot amputation are used, below the knee, disarticulation in the knee joint, above the knee, and disarticulation in the hip joint. There are the following levels of amputation for the upper limb: at different levels of the hand (partial hand); wrist disarticulation; at the level of the forearm (trans-radial); elbow disarticulation; trans-humeral; shoulder disarticulation; scapula-thoracic disarticulation. Accordingly, textile products should be of appropriate length and diameter.

Socks for stumps, as a product of certain shape, are primarily designed to protect the skin from external factors (prevention of friction, redness, temperature drop), absorption of sweat from the surface of the amputated limb, its thermoregulation due to a violation of the blood supply. The assortment of compression socks for stumps is determined by the level of amputation of the limb and the level of physical activity of the user. There are compression socks for the stump of the upper limb (hands), legs and thighs of the first and second compression classes. These socks are distinguished by length and diameter, which depend on the girth of the leg in the lower part of the limb. In the case of amputation of the lower limb at the level below the groin, the compression sleeve for the stump has an additional fastening system on the patient's belt. The fastening system can be a belt or bandage, which is connected to the stump. Accordingly, this fastening system can be used in case of amputation of the left or right limb or both at the same time [5, 6].

Most often, natural types of raw materials are used for the manufacture of stump socks: cotton and woollen yarn, depending on the season of operation. For all-season of stump socks, polyester and polyamide textured threads are used, which are hydrophobic types of raw materials and prevent the development of pathogenic microflora due to sweating. Compression socks for stumps are made with the introduction of elastomer thread into the structure of the knitted material. The yarn of a new generation with the effect of sweat removal, temperature regulation and antibacterial action is used for the production of functional compression socks. As a result of swelling, the amputated limb may lose or increase its volume in the transverse direction, manufacturers offer 1, 3 or 5-layer socks for the stump of daily use [6, 7]. This technological solution allows the user to ensure the correct fit of the stump in the socket of the prosthesis. Such socks ensure flawless integration of the stump with the prosthesis. The choice of raw materials for its manufacture ensures a drop in temperature by a degree or two, as well as the ability to remove moisture, providing comfort throughout the day. Manufacturers use small-diameter circular knitting equipment (circular stocking machine) to make stump socks. Compression socks for stumps are made on circular knitting equipment of small diameter with the possibility of adjusting the amount of tension of the elastomer thread, which

is introduced into the structure of the knitwear and provides the necessary level of compression of the textile product. There is also the practice of making stump socks on a flat knitting machine using sewing operations to ensure the shape.

The achieved effect of a compression product depends on the material characteristics and the created pressure level, as there has been compression and movement of soft tissues, a reduction of the covered site's sizes. The main condition for compression product manufacturing is the use of elastomeric threads with high stretchability and elasticity. The physical and mechanical characteristics of the knitted material, the functionality of the product as well as the therapeutic and preventive compression effect depend on the knitting parameters and the fabric's structure. In addition, the pressure created by the product depends on the degree of the fabric's elongation on one or another body part and the curvature radius at a contact point of the surface. Thus, the required result of compression is a consequence of the correct choice of material, the pressure value on the body, and the correction effect.

The elastomer thread is the main element in the pressure-generating structure. It can be introduced into the structure in several ways, but the optimal option is the option that ensures its reliable fixing in the structure during exploitation, the uniformity of the loop structure, and extensibility and dimensional stability. Knitted fabric, in which elastomeric threads are fixed as a weft, has the largest share of recovered elongation in width and the minimum content of the elastomeric thread. Such knitwear has increased stretchability in one direction. Knitted fabric has the smallest part of elastic recovery along the width and the maximum content of elastomer thread when fastening the elastomer thread with loops. However, it has increased stretchability in both directions [8]. In a single knit, the elastomer thread can be fixed tucks, as a result, the elastomer thread has lines between the places of fixed. The appearance of the supporting surface of the knitwear depends on the repeat of the introduction of the elastomeric thread in the structure.

3. Conclusion

As a result of the analysis, statistics on the need for compression socks for stumps for upper and lower limbs were summarized. It was established that in the postoperative period, it is recommended to use compression socks for the stump, which ensures the restoration of blood supply. Small-diameter circular knitting equipment is used for the production of such socks, which allows you to adjust the feed of the elastomeric thread. Elastomer thread is inserted into the structure of the knitwear to create compression. Compression socks for stumps are made with 1 and 2 levels of compression. Cotton and woollen yarn, polyester, and polyamide textured threads are used as raw materials. In addition, functional yarn can be used to make socks for a stump, which provides perspiration removal and also an antibacterial effect and does not lose its properties during repeated washing. The design and dimensions of the stump socks depend on the part of the limb amputation. The authors plan to investigate the influence of the structure of the knitwear, the type of raw material, and the method of introducing the elastomer thread into the soil structure on the functional properties of the stump socks in order to improve their design and functional properties.

4. Acknowledgements

The research is carried out for the support of the Ministry of Education and Science of Ukraine under the joint Ukrainian-Lithuanian R&D Project "Functional textile materials and products for the needs of the military, doctors, hospitalists and civilians (acronym - ORTOKNIT)" (2024-2025).

References

1. STANDL, E., KHUNTI, K., HANSEN, T.B. and O. SCHNELL. The global epidemics of diabetes in the 21st century: Current situation and perspectives. *European Journal of Preventive Cardiology*, 2019, 26(2S), 7–14. DOI: 10.1177/2047487319881021
2. MEZHIEVSKA, I., MASLOVSKYI, V., PAVLOV, S. Medicine and psychology: modern problems, new technologies and ways of developing outdated theories: collective monograph *International Science Group Boston: Primedia e Launch*, 2024, 386. Available from: DOI – 10.46299/ISG.2024.MONO.MED.1
3. TSEMA, E.V., KHOMENKO, I.P., BESPALENKO, A.A., BURYANOV, O.A., MISHALOV, V.G. and A.Y. KIKH. Clinico-Statistical Investigation of the Extremity Amputation Level in Wounded Persons. *Klinichna khirurhija*, 2017, 10(3), 324-331. ISSN 1392-1207.
4. MACIVER, M., DIXON, D. and D. POWELL. Quality of life in young people with limb loss: a systematic review. *Disability and Rehabilitation*, 2023, October. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09638288.2023.2270908>
5. JianiMed. Prosthetic Stump Shrinkers. Available from: https://www.amazon.com/JianiMed-Prosthetic-Stump-Shrinkers-Belt/dp/B0CNPH31ZM?ref_ast_sto_dp&th=1 [viewed 25-04-2024]
6. AMPUTEE STORE. Available from: <https://amputeestore.com/collections/stump-shrinkers> [viewed 25-04-2024]
7. ALPS South. Available from: <https://alpsukraine.com/product> [viewed 25-04-2024]
8. KYZYMCHUK, O. and L. MELNYK. Influence of miss knit repeat on parameters and properties of elasticized knitted fabric. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016, 141(1), 012006 DOI: 10.1088/1757-899X/141/1/012006

DOI 10.31891/2307-5732-2024-341-5-17

УДК: 677.075:677.017:[687.254:615.477.2

ГАЛАВСЬКА ЛЮДМИЛА

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-6994-6641>e-mail: galavska_ly@knuutd.edu.ua

ДУДНИК ІННА

Київський національний університет технологій та дизайну

e-mail: innadudnyk@ukr.net

АРАБУЛІ АРСЕНІЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

<https://orcid.org/0000-0002-2583-4998>e-mail: arabuli_a@knuutd.com.ua

КОЛЬЧИК ДЕНИС

Київський національний університет технологій та дизайну

e-mail: dr_den@ukr.net

РОЗРОБКА ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРІАЛУ ЧОХЛА ДЛЯ КУЛЬТИ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ В'ЯЗАННЯ НА ПАРАМЕТРИ ЙОГО СТРУКТУРИ

У статті висвітлено результати досліджень впливу технологічних параметрів процесу в'язання на параметри структури трикотажних матеріалів трубчастої форми, призначених для виготовлення функціональних чохлів для культі. Встановлено характер впливу щільності в'язання, швидкості подачі еластомерної нитки та рапорту її прокладання на довжину нитки в петлі, товщину, поверхневу густину трикотажу та ширину трубки напівфабрикату виробу.

Існує світовий досвід виготовлення трикотажних чохлів для культі з компресійним ефектом. Такі чохли сприяють формуванню культі та зняттю набряку на етапі реабілітації перед протезуванням. Для створення компресії в структуру трикотажного матеріалу вводять еластомерну нитку. Натяг еластомерної нитки й відповідно рівень компресії виробу циліндричної форми регулюється у процесі в'язання шляхом зміни швидкості її подачі у зону в'язання. У ході виконання роботи виготовлено дослідні зразки трикотажних матеріалів з прокладанням еластомерної (резинової) нитки 9,9 текс з подвійним обплетенням поліефірною текстурованою ниткою 4,4 текс у вигляді пресових накидів та протяжок з рапортами 1+1 та 1+3. Грунт полотна вироблено гладким платированим переплетенням, де у якості платировочної нитки використано бавовняну пряжу лінійної густини 20 текс, а у якості ґрунтової текстуровану поліамідну нитку 4,4 текс з еластановим сердечником 2,2 текс. У відповідності до існуючих стандартизованих методик визначено параметри структури дослідних зразків трикотажних матеріалів та встановлено характер впливу на них технологічних параметрів в'язання.

Виявлено, що на довжину нитки в петлі впливає заданий параметр щільності в'язання по вертикалі та рапорт прокладання еластомерної нитки. Усі інші досліджувані параметри петельної структури та лінійні виміри трикотажних напівфабрикатів трубчастої форми виявились чутливими до зміни швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання, щільності в'язання по вертикалі та рапорту прокладання еластомерної (резинової) нитки в структуру ґрунту трикотажного матеріалу. Встановлені у ході досліджень кореляційні залежності дозволяють проектувати трикотажні матеріали та вироби трубчастої форми для чохлів із заданими параметрами петельної структури.

Ключові слова: чохол для культі, компресійний чохол для культі, функціональний трикотажний матеріал, параметри структури трикотажу, рапорт прокладання еластомерної нитки.

LIUDMYLA HALAVSKA, INNA DUDNYK, ARSENIY ARABULI, DENYS KOLCHYK
Kyiv National University of Technologies and Design

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS OF THE KNITTING PROCESS ON THE PARAMETERS OF THE STRUCTURE OF KNITTED MATERIAL COVER FOR THE STUMP

The article highlights the results of studies on the influence of technological parameters of the knitting process on the structure parameters of tubular knitted materials intended to manufacture functional covers for stumps. The nature of the impact of knitting density, elastomeric yarn feed rate, and yarn laying report on the length of the yarn in the loop, thickness, surface density of knitwear, and the width of the semi-finished product tube is established.

There is a global experience in manufacturing knitted stump covers with a compression effect. Such covers help to form the stump and relieve swelling during the rehabilitation phase before prosthetics. To create compression, an elastomeric thread is introduced into the structure of the knitted material. The tension of the elastomeric yarn and, accordingly, the level of compression of the cylindrical product is regulated during the knitting process by changing the speed of its feeding into the knitting zone. In the course of the work, prototypes of knitted materials with a 9.9-tex elastomeric (rubber) yarn with a double braid of 4.4-tex polyester textured yarn were made in the form of tuck stitch and float stitch with 1+1 and 1+3 reports. The warp of the fabric was made with a smooth plated weave, where cotton yarn with a linear density of 20 tex was used as the plating yarn and 4.4 tex textured polyamide yarn with a 2.2 tex elastane core as the warp. By the existing standardized methods, the structure parameters of the prototypes of knitted materials were determined, and the nature of the influence of knitting technological parameters on them was established.

It has been found that the length of the thread in the loop is influenced by the set parameter of the vertical knitting density and the elastomeric yarn laying report. All other studied parameters of the loop structure and linear measurements of tubular knitted semi-finished products were sensitive to changes in the speed of elastomeric yarn feeding into the knitting zone, vertical knitting density, and the report of

elastomeric (rubber) yarn laying in the soil structure of the knitted material. The correlation dependencies established during the research allow the design of knitted materials and tubular products for covers with specified parameters of the loop structure.

Keywords: stump cover, compression stump cover, functional knitwear, knitwear structure parameters, elastomeric yarn laying report.

Постановка проблеми. Огляд джерел. Мета роботи

Наразі війна в Україні зумовлює все більшу актуальність проблеми лікування пацієнтів із мінно-вибуховими пораненнями внаслідок мінометних обстрілів, обстрілів реактивною артилерією, підриву на мінній розтяжці не лише з числа військовослужбовців, а й цивільного населення. Значна частина мінно-вибухових ушкоджень верхніх та нижніх кінцівок безпосередньо (поранення магістральних судин, мінно-вибухові відчленування та вибухове руйнування кінцівки) або через свої ускладнення призводять до втрати сегмента кінцівки.

Травматична ампутація нижніх кінцівок є серйозною проблемою сучасного життя українців. Наявність хворих з ампутованими кінцівками передбачає величезні матеріально-економічні витрати на медичну та соціальну реабілітацію. Тому лікування травматичних ампутованих кінцівок має бути зосереджено не лише на початковій стабілізації та контролі кровотечі зі збереженням життя, а й на забезпеченні подальшої функціональності кінцівки шляхом формування кукси, придатної для подальшого протезування. Все це зумовлює потребу у створенні ефективних засобів, підходів до лікування й реабілітації постраждалих військовослужбовців та цивільного населення у післяопераційний період (після ампутації кінцівки) та на етапі підготовки до протезування.

Для досягнення загоєння кукси після ампутації застосовуються різні методи, такі як м'які пов'язки з наступним еластичним обертанням кукси, жорсткі пов'язки, напівжорсткі пов'язки, а останнім часом – застосування силіконових або гелевих вкладишів [1–10, 16]. Традиційно на залишкову кінцівку накладають м'які пов'язки, а протез встановлюють лише після загоєння та дозрівання залишкової кінцівки. Обробка ділянки післяопераційної ампутації за допомогою простих м'яких пов'язок зазвичай розглядається як найменш дорога та трудомістка стратегія. Однак, початкову економію коштів слід співставляти з витратами, пов'язаними з тривалим терміном реабілітації, якій залежить від ефективності загоєння ранової поверхні та скорочення терміну підготовки кукси до протезування [10, 11].

Переваги м'якої марлевої пов'язки включають легкість застосування, полегшення огляду стану ранової поверхні та низьку вартість. Недоліки м'яких пов'язок полягають у застосуванні еластичного обгортання, яке може спричинити сильний локальний або проксимальний тиск і, як наслідок, призведе до погіршення загоєння шкіри; у їх недостатній надійності утримання на куксі (марлеві пов'язки розпушуються та спадають з культі); у підвищеній ймовірності згинальної контрактури колінного суглоба; у тривалому періоді постільного режиму або обмеженої мобілізації і як наслідок, збільшення часу перебування у лікарні та відповідно зростання витрат на медичне обслуговування [12, 13].

Розробка функціональних компресійних чохла для культі сприятиме ефективному догляду за рановою поверхнею у післяопераційний період, усуненню загрози розвитку патогенної мікрофлори під пов'язкою, створенню тиску для усунення набряку, зменшенню фантомного болю, загоєнню рубців та правильному формуванню кукси для реалізації подальшого етапу протезування. Набряк є природною реакцією організму на хірургічне втручання. За нормальних умов набряк спадає через один-два тижні. Поки не знято швів, рана перев'язується не туго. Після цього настає етап компресійної терапії з метою зниження набряку та підготовки кукси до протезування. Вона сприяє покращенню кровообігу в культі, знижує біль та прискорює загоєння шраму.

Для усунення набряку використовують еластичний бинт, компресійний трикотаж, силіконовий чохол, лімфодренуючий масаж, який робить фахівець. Спочатку всі вищезгадані дії виконує медичний персонал, навчаючи родичів і самого пацієнта. Для визначення ефективності протинабрякової терапії проводять вимірювання кола кукси вранці та ввечері в одних і тих самих точках вимірювання, щоб розуміти динаміку спадання набряку.

У разі використання еластичного бинта пов'язка не повинна бути вільною чи тісною. Бинтування кукси проводять вранці після сну, знімається пов'язка перед сном: тиск у дистальній (нижній) частині кукси має бути максимальним, але не болючим. Чим бинтування вище за культею, тим тиск менший. Це дозволяє уникнути обмеження циркуляції крові у культі. Дана процедура є достатньо складною для пацієнта та враховуючи вищезазначене – небезпечною з точки зору спричинення негативної динаміки загоєння ранової поверхні культі [14]. Тому функціональні компресійні чохла для кукси з антибактеріальною дією є важливим доповненням у післяопераційний період та на етапі підготовки до протезування. Компресійні чохла, як вироби заданої форми, прості у використанні та забезпечують рівномірний тиск від дистальної до проксимальної області кукси. Такі чохла не лише покращуватимуть кровообіг та зменшуватимуть післяопераційний набряк, а й запобігатимуть появі набряків, дерматитів після зняття протезу. Використання таких чохла дозволяє пацієнту без зайвої допомоги легко і зручно забезпечити рівномірний тиск від дистальної до проксимальної області кукси. Особливо ефективними є використання таких компресійних чохла на етапі первинної ампутації у військових мобільних шпиталях та у шпиталях, що розташовані поблизу зони військового конфлікту.

Таким чином, розробка трикотажних матеріалів та виробів заданої форми для виготовлення функціональних компресійних чохла є актуальною задачею, що потребує додаткових досліджень впливу технологічних параметрів в'язання на параметри структури трикотажу.

Метою роботи є дослідження впливу технологічних параметрів круглов'язального обладнання малого діаметра на параметри структури трикотажного матеріалу чохла для культи та лінійні виміри напівфабрикату трубчастої форми в умовно-рівноважному та розтягнутому вигляді.

Виклад основного матеріалу

З метою вивчення характеру впливу щільності в'язання, вхідного натягу еластомерної (резинової) нитки та рапорту її введення в структуру трикотажу на круглопанчішному автоматі 13 класу з діаметром циліндра $3^{3/4}$ дюйма (168 працюючих голок) вироблені дослідні зразки трубчастої форми. При цьому щільність в'язання по вертикалі змінювали на трьох рівнях (70, 90 та 110 петельних рядів у 100 мм трикотажу), а швидкість подачі еластомерної нитки в зону в'язання на 4 рівнях (швидкість колеса, що подає еластомерну нитку 50, 70, 90, 110 обертів за хвилину). Дослідні зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми вироблено з двома різними рапортами прокладання еластомерної (резинової) нитки 9,9 текс з подвійним обплетенням поліефірною текстурованою ниткою 4,4 текс у вигляді пресових накидів та протяжок, а саме 1+1 та 1+3. Для формування ґрунту обрано гладке платироване переплетення, де у якості платировочної використано бавовняну пряжу лінійної густини 20 текс, а у якості ґрунтової текстуровану поліамідну нитку 4,4 текс з еластановим сердечником 2,2 текс. У відповідності до існуючих стандартизованих методик випробовувань [15–17] визначено наступні параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів: довжина нитки в петлі ґрунту, щільність по горизонталі та вертикалі, товщина, поверхнева густина. Крім того також визначено довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, ширину трубки трикотажного матеріалу в умовно-рівноважному та розтягнутому (напруженому) станах. На підставі одержаних експериментальних даних побудовано відповідні графіки залежності довжини нитки в петлі, товщини, поверхневої густини, щільності по горизонталі трикотажного матеріалу та ширини трубки трикотажного напівфабрикату в умовно-рівноважному й розтягнутому станах від обраних технологічних параметрів в'язання, які представлено на рис. 1-7 відповідно для кожної серії зразків з різним рапортом введення еластомерної нитки в структуру ґрунту.

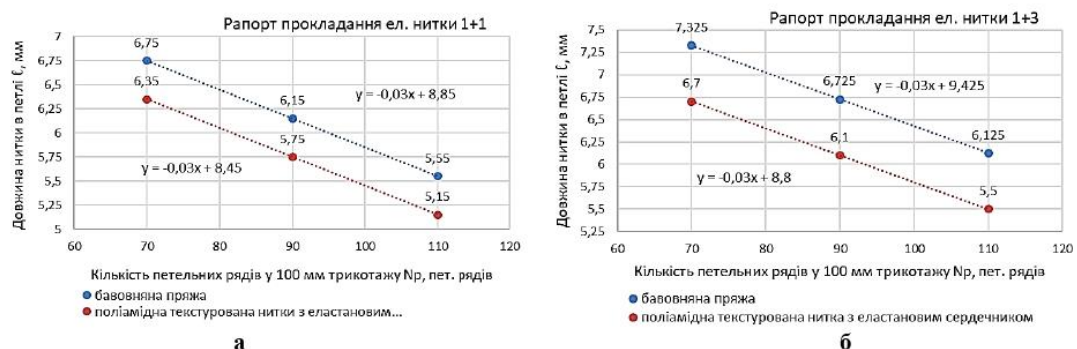


Рис. 1. Графіки залежності довжини нитки в петлі від щільності в'язання

Як видно з графіків, наведених на рис. 1, збільшення щільності в'язання у 1,57 рази призводить до зменшення довжини нитки в петлі у понад 1,2 рази. Зокрема у випадку застосування рапорту прокладання еластомерної нитки 1+1 довжина платировочної нитки в петлі, утвореної з бавовняної пряжі, зменшується на 17,8%. При цьому поліамідна ґрунтова нитка з еластановим сердечником має меншу довжину внаслідок своєї розтяжності та еластичності й зменшується на 18,8%. У випадку застосування рапорту 1+3 довжина нитки в петлі, утвореної з бавовняної пряжі, зменшується аналогічним чином на 17,8%, а поліамідна – на 17,9%. Таким чином, рапорт прокладання еластомерної (резинової) нитки не має суттєвого впливу на характер зміни довжини ґрунтової та платировочної ниток в петлі. Однак при цьому слід зауважити, що однакова величина щільності по вертикалі при зміні рапорту прокладання еластомерної нитки досягається за умови різної величини довжини нитки в петлі.

Зі збільшенням швидкості подачі еластомерної (резинової) нитки незалежно від рапорту її прокладання (1+1 чи 1+3) щільність по горизонталі трикотажного матеріалу зменшується (рис. 2), що обумовлено збільшенням горизонтального відрізка еластомерної нитки, що припадає на один петельний стовпчик трикотажного матеріалу. При цьому відповідно зменшується зусилля стягування петельної структури у напрямку прокладання еластомерної нитки. Це, у свою чергу, призводить до збільшення ширини трубки трикотажного напівфабрикату чохла та зменшення компресійного ефекту.

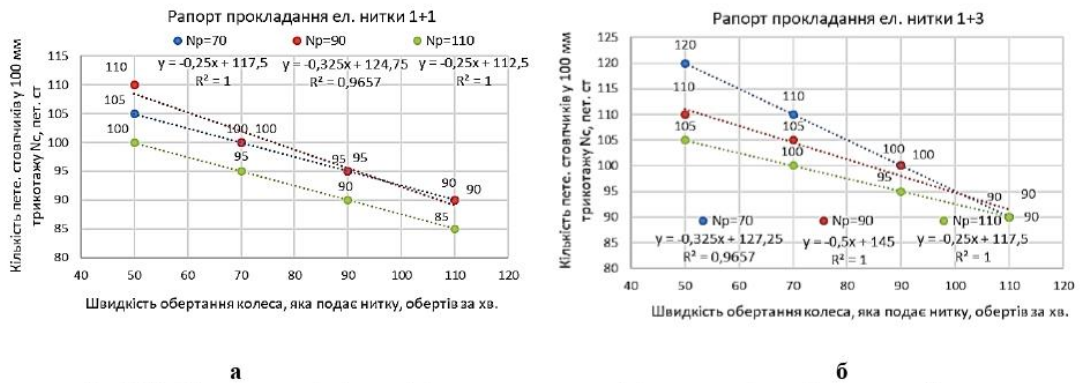


Рис. 2. Графіки залежності щільності в'язання по горизонталі від швидкості подачі еластомерної нитки

Графіки, наведені на рис. 3, наглядно ілюструють вплив швидкості подачі еластомерної нитки на товщину трикотажного матеріалу. Збільшення швидкості подачі еластомерної нитки у заданому діапазоні її зміни (у 2,2 рази) призводить до зменшення товщини трикотажного матеріалу.

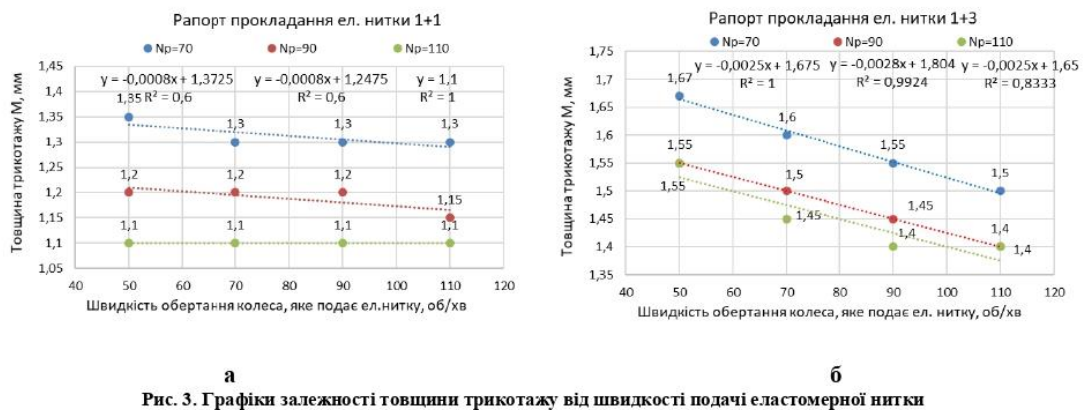


Рис. 3. Графіки залежності товщини трикотажу від швидкості подачі еластомерної нитки

Найменшої товщини трикотажного матеріалу вдається досягнути при щільності в'язання по вертикалі 110 петельних рядів у 100 мм трикотажу, що можна пояснити більш щільною петельною структурою і неможливістю нитки ґрунту проявляти свої пружні властивості та змінювати геометрію нитки в петлі. Зміна рапорту прокладання еластомерної нитки з 1+1 на 1+3 зумовлює зростання товщини трикотажного матеріалу, що пояснюється зростанням рельєфності поверхні (формування вертикальних валиків).

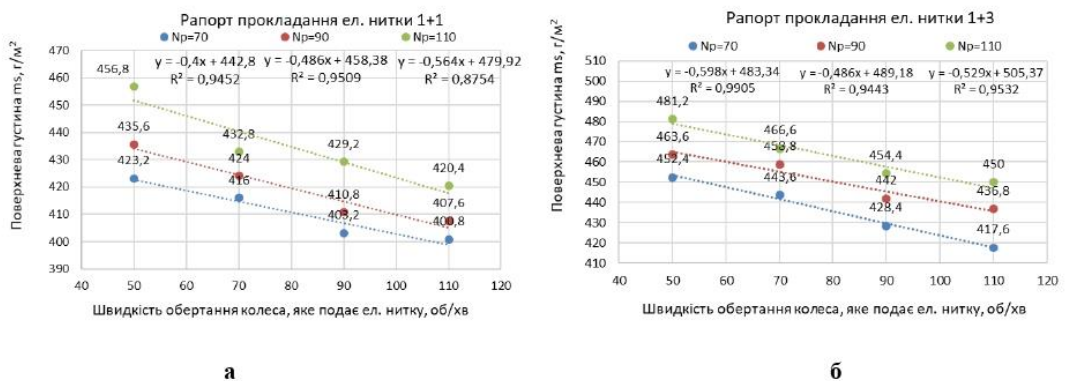


Рис. 4. Графіки залежності поверхневої густини трикотажу від швидкості подачі еластомерної нитки

Як видно з графіків (рис. 4), зміна рапорту прокладання еластомерної нитки впливає на поверхневу густину трикотажного матеріалу. Внаслідок формування рельєфної поверхні у випадку рапорту прокладання 1+3, збільшується показник щільності по горизонталі, а відповідно це у свою чергу призводить до збільшення поверхневої густини трикотажного матеріалу. При цьому зменшення натягу еластомерної (резинової) нитки призводить до зменшення поверхневої густини.

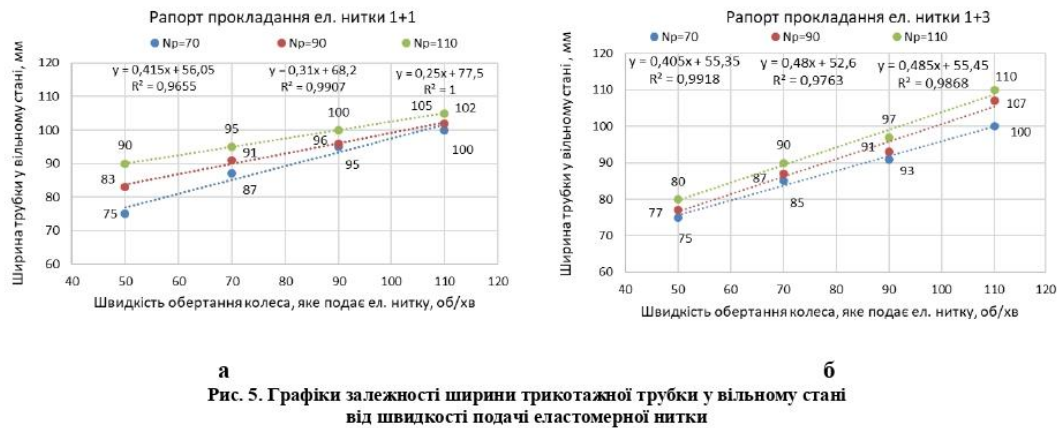


Рис. 5. Графіки залежності ширини трикотажної трубки у вільному стані від швидкості подачі еластомерної нитки

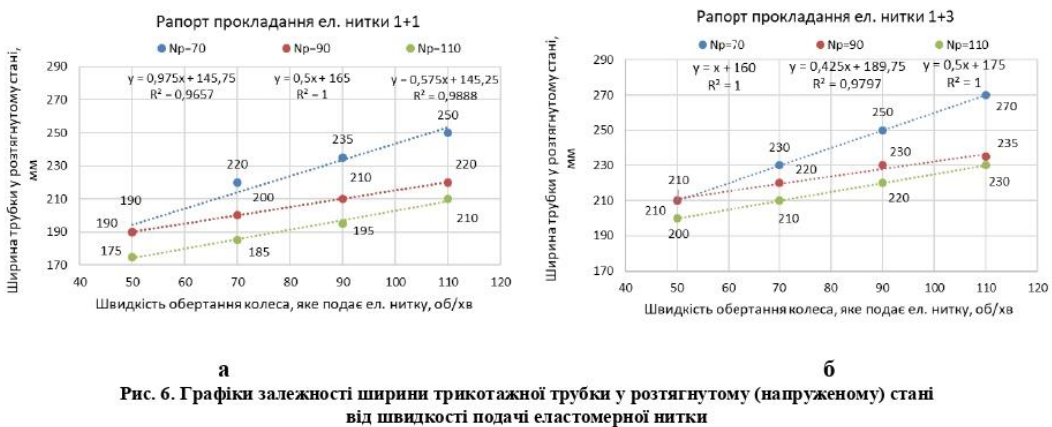


Рис. 6. Графіки залежності ширини трикотажної трубки у розтягнутому (напруженому) стані від швидкості подачі еластомерної нитки

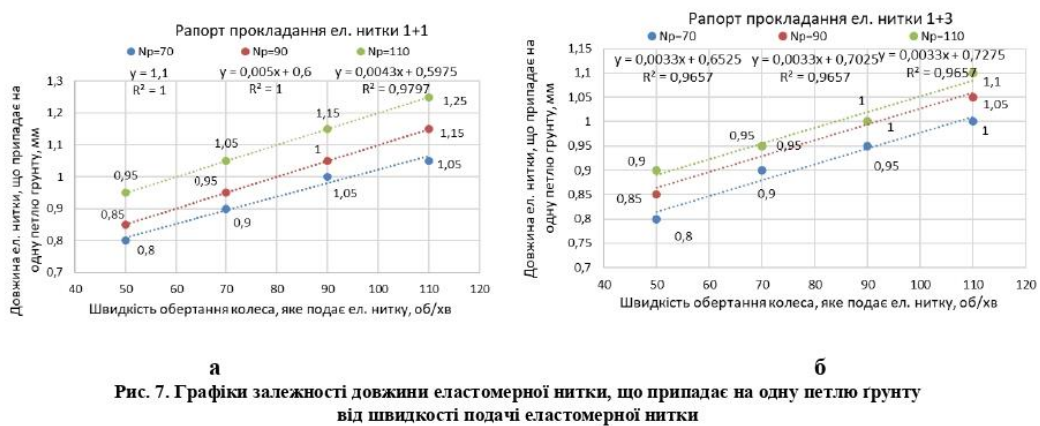


Рис. 7. Графіки залежності довжини еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту від швидкості подачі еластомерної нитки

Графіки, наведені на рис. 5, дозволяють зробити висновки щодо впливу швидкості подачі еластомерної нитки та рапорту її прокладання на ширину трубки напівфабрикату в умовно-рівноважному стані. Збільшення швидкості подачі еластомерної нитки призводить до збільшення ширини трубки, що пояснюється зменшенням натягу еластомерної нитки. При цьому за умови незмінної швидкості подачі еластомерної нитки збільшення щільності в'язання по вертикалі також призводить до збільшення ширини трубки, що обумовлено збільшенням поверхневого заповнення ниткою ґрунту структури трикотажного матеріалу та, як наслідок, більшої протидії стискуючому зусиллю введеної з певним натягом еластомерної (резинової) нитки під час релаксації її деформації. Більш суттєвий вплив зміни рапорту прокладання еластомерної нитки на ширину трубки (рис. 5) спостерігаємо у випадку максимального її натягу (при швидкості колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання 50 об/хв). При цьому кращу розтяжність демонструють зразки, вироблені з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3, що обумовлено більш рельєфною поверхнею трикотажного матеріалу (формування вертикальних валків), яка під час прикладання розтягуючого зусилля розпрямляється (рис. 6).

Як видно з графіків, наведених на рис. 7, на довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, рапорт її введення у структуру трикотажного матеріалу не має суттєвого впливу. Визначальним

фактором є тільки величина вхідного натягу, яка залежить від швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання.

Висновок

В умовах, коли наша країна перебуває у стані війни, в Україні з кожним днем збільшується кількість людей з ампутаціями кінцівок. Встановлено, що причинами травматичної ампутації кінцівок є поранення, отримані під час артилерійських та ракетних обстрілів; поранення, отримані на мінах; вогнепальні поранення. Найбільша кількість постраждалих саме серед військовослужбовців. Наразі протезні технології дозволяють ампутантам продовжувати вести звичний спосіб життя та зберігати соціальний статус, незважаючи на втрату кінцівки. Однак між ампутацією та протезуванням проходить тривалий процес реабілітації, яка передбачає компресійну терапію з метою корекції формування кукси, відновлення рубців та профілактики набряків. Найпростішим методом компресійної терапії є еластичні бинти. Однак накладання такого бандажа є досить складним процесом і вимагає спеціальних навичок та практичних знань. Тому розробка функціональних чохла для кукси є актуальною задачею, вирішення якої передбачає проведення додаткових досліджень.

У ході досліджень розроблено зразки трикотажних матеріалів трубчастої форми з компресійним ефектом. Встановлено кореляційні залежності, що описують вплив швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання на такі параметри петельної структури як довжина нитки в петлі, щільність в'язання по горизонталі, поверхнева густина, товщина. Також визначено вплив технологічних параметрів в'язання на ширину трубки трикотажного напівфабрикату чохла в умовно-рівноважному та розтягнутому стані, довжину відрізка еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту. Виявлено характер впливу рапорту прокладання еластомерної (резинової) нитки в структуру трикотажного матеріалу на параметри його петельної структури та лінійні виміри напівфабрикату чохла трубчастої форми. Одержані результати дозволяють визначити на етапі проектування необхідні технологічні параметри в'язання для виготовлення трикотажних напівфабрикатів чохла для кукси із заданими параметрами структури та лінійними розмірами.

Подяка: Дослідження виконано у рамках спільного українсько-литовського науково-дослідного проекту «Функціональні текстильні матеріали та вироби для потреб військових, лікарів, госпітальєрів та цивільного населення (акронім - ORТОКНИТ)» (договір №М/57-2024 від 30.04.2024р., номер державної реєстрації №0124U002685), підтриманого Міністерством освіти і науки України, та за підтримки Міністерства освіти, науки та спорту Литовської Республіки і Науково-дослідної ради Литви.

Література

- Selvam, P. Senthil, et al. Prosthetics for lower limb amputation. (2021). *Prosthetics and Orthotics*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95593>
- Walsh, Thomas L. (2003). Custom removable immediate postoperative prosthesis. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics* 15.4, 158-161. <https://doi.org/10.1097/00008526-200310000-00008>
- Mueller, Michael J. (1982). Comparison of removable rigid dressings and elastic bandages in preprosthetic management of patients with below-knee amputations. *Physical therapy* 62.10, 1438-1441. <https://doi.org/10.1093/ptj/62.10.1438>
- Hidayati, Evi RN, et al. (2013). Efficacy of removable rigid dressing after transtibial amputation in diabetes mellitus patients, *Medical Journal of Indonesia* 22.1, 16-21. <https://doi.org/10.13181/mji.v22i1.516>
- Janchai, Siriporn, Jariya Boonhong, and Jirayoo Tiamprasit. (2008). Comparison of removable rigid dressing and elastic bandage in reducing the residual limb volume of below knee amputees. *J Med Assoc Thai*, 91.9, 1441-46. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18843876/>
- Baker, William H., Robert W. Barnes, and Donald G. Shurr. (1977). The healing of below-knee amputations: a comparison of soft and plaster dressings. *The American Journal of Surgery*, 133.6, 716-718. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(77\)90162-3](https://doi.org/10.1016/0002-9610(77)90162-3)
- Vigier, Stéphane, et al. (1999). Healing of open stump wounds after vascular below-knee amputation: plaster cast socket with silicone sleeve versus elastic compression. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80.10, 1327-1330. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90038-2](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90038-2)
- Moore, Wesley S., Albert D. Hall, and Robert C. Lim Jr. (1972). Below the knee amputation for ischemic gangrene: Comparative results of conventional operation and immediate postoperative fitting technic. *The American Journal of Surgery*, 124.2, 127-134. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(72\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0002-9610(72)90003-7)
- Choo, Yoo Jin, Du Hwan Kim, and Min Cheol Chang. (2022). Amputation stump management: A narrative review. *World journal of clinical cases*, 10.13, 3981. <https://www.wjnet.com/2307-8960/full/v10/i13/3981.htm>
- Smith, Douglas G., et al. (2003). Postoperative dressing and management strategies for transtibial amputations: a critical review. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 40.3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14582525/>
- Nawijn, S. E., et al. (2005). Stump management after trans-tibial amputation: a systematic review. *Prosthetics and orthotics international*, 29.1, 13-26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16180374/>
- Бур'янов, О. А., Ярмолук, Ю. О., Беспаленко, А. А., & Вакулич, М. В. (2016). Хірургічна тактика лікування постраждалих з ампутаціями при бойових ураженнях нижніх кінцівок в сучасних бойових конфліктах. *Проблеми військової охорони здоров'я*, (45 (1)), 182-188. <https://library.gov.ua/problemu-vijskovoyi->

[ohorony-zdorov-ya-2/](#)

13. Коробко, Лариса, Маркович Олексій, Чижин Борис. (2022). Фахова медична допомога фізичного терапевта з профілактики контрактур після ампутації нижніх кінцівок. *Physical Culture and Sport: Scientific Perspective*, 2, 81-84. <http://doi.org/10.31891/pcs.2022.2.13>
14. Janchai, Siriporn, Jariya Boonhong, and Jirayoo Tiamprasit. (2008). Comparison of removable rigid dressing and elastic bandage in reducing the residual limb volume of below knee amputees. *J Med Assoc Thai*, 91.9, 1441-46. <https://www.researchgate.net/publication/23308226>
15. ДСТУ EN 14970:2018. Матеріали текстильні. Трикотажні полотна. Визначення довжини петлі та лінійної густини ниток у поперечно-в'язаних полотнах (EN 14970:2006, IDT) ; чинний від 2018–11–01. Київ : Держспоживстандарт України, 2018.
16. ДСТУ ISO 5084:2004. Матеріали текстильні. Визначення товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів (ISO 5084:1996, IDT) ; чинний від 2024–01–25. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. IV, 5 с.
17. ДСТУ ISO 7211-6:2007. Матеріали текстильні. Методи аналізу структури тканини. Частина 6. Метод визначення поверхневої густини тканини (ISO 7211-6:1984, IDT) ; чинний від 2009–10–01. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 8 с.

References

1. Selvam, P. Senthil, et al. Prosthetics for lower limb amputation. (2021). *Prosthetics and Orthotics*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95593>
2. Walsh, Thomas L. (2003). Custom removable immediate postoperative prosthesis. *JPO: Journal of Prosthetics and Orthotics* 15.4, 158-161. <https://doi.org/10.1097/00008526-200310000-00008>
3. Mueller, Michael J. (1982). Comparison of removable rigid dressings and elastic bandages in preprosthetic management of patients with below-knee amputations. *Physical therapy* 62.10, 1438-1441. <https://doi.org/10.1093/ptj/62.10.1438>
4. Hidayati, Evi RN, et al. (2013). Efficacy of removable rigid dressing after transtibial amputation in diabetes mellitus patients, *Medical Journal of Indonesia* 22.1, 16-21. <https://doi.org/10.13181/mji.v22i1.516>
5. Janchai, Siriporn, Jariya Boonhong, and Jirayoo Tiamprasit. (2008). Comparison of removable rigid dressing and elastic bandage in reducing the residual limb volume of below knee amputees. *J Med Assoc Thai*, 91.9, 1441-46. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18843876/>
6. Baker, William H., Robert W. Bames, and Donald G. Shurr. (1977). The healing of below-knee amputations: a comparison of soft and plaster dressings. *The American Journal of Surgery*, 133.6, 716-718. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(77\)90162-3](https://doi.org/10.1016/0002-9610(77)90162-3)
7. Vigier, Stéphane, et al. (1999). Healing of open stump wounds after vascular below-knee amputation: plaster cast socket with silicone sleeve versus elastic compression. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 80.10, 1327-1330. [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(99\)90038-2](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(99)90038-2)
8. Moore, Wesley S., Albert D. Hall, and Robert C. Lim Jr. (1972). Below the knee amputation for ischemic gangrene: Comparative results of conventional operation and immediate postoperative fitting technic. *The American Journal of Surgery*, 124.2, 127-134. [https://doi.org/10.1016/0002-9610\(72\)90003-7](https://doi.org/10.1016/0002-9610(72)90003-7)
9. Choo, Yoo Jin, Du Hwan Kim, and Min Cheol Chang. (2022). Amputation stump management: A narrative review. *World journal of clinical cases*, 10.13, 3981. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v10.i13.3981>
10. Smith, Douglas G., et al. (2003). Postoperative dressing and management strategies for transtibial amputations: a critical review. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, 40.3. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14582525/>
11. Nawijn, S. E., et al. (2005). Stump management after trans-tibial amputation: a systematic review. *Prosthetics and orthotics international*, 29.1, 13-26. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16180374/>
12. Burianov, O. A., Yarmoliuk, Yu. O., Bepalenko, A. A., & Vakulich, M. V. (2016). Khirurgichna taktika likuvannya postrazhdalikh z amputatsiyami pry bioivnykh urazhenniakh nyzhnikh kintsivok v suchasnykh bioivnykh konflikтах. *Problemy viiskovoi okhorony zdorovya* (45 (1)), 182-188. <https://library.gov.ua/problems-vijskovoyi-ohorony-zdorov-ya-2/>
13. Korobko, Larisa, Markovych Oleksii & Borys Chyzhyshyn. (2022). Fakhova medychna dopomoha fizychnoho terapevta z profilaktyky kontraktur pislia amputatsii nyzhnikh kintsivok. *Physical Culture and Sport: Scientific Perspective*, 2, 81-84. <https://doi.org/10.31891/pcs.2022.2.13>
14. Janchai, Siriporn, Jariya Boonhong, and Jirayoo Tiamprasit. (2008). Comparison of removable rigid dressing and elastic bandage in reducing the residual limb volume of below knee amputees. *J Med Assoc Thai*, 91.9, 1441-46. <https://www.researchgate.net/publication/23308226>
15. ДСТУ EN 14970:2018. Матеріали текстильні. Трикотажні полотна. Визначення довжини петлі та лінійної густини ниток у поперечно-в'язаних полотнах (EN 14970:2006, IDT) ; чинний від 2018–11–01. Київ : Держспоживстандарт України, 2018.
16. ДСТУ ISO 5084:2004. Матеріали текстильні. Визначення товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів (ISO 5084:1996, IDT) ; чинний від 2024–01–25. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. IV, 5 с.
17. ДСТУ ISO 7211-6:2007. Матеріали текстильні. Методи аналізу структури тканини. Частина 6. Метод визначення поверхневої густини тканини (ISO 7211-6:1984, IDT) ; чинний від 2009–10–01. Київ : Держспоживстандарт України, 2012. 8 с.



*VIII International Scientific-Practical Conference
17 October 2024
Kyiv, Ukraine*

УДК:677.075:
677.017:[687.2
54:615.477.2

InnaDUDNYK¹, Liudmyla HALAVSKA¹,
Daiva MIKUCIONIENE², Denys KOLCHYK¹
¹Kyiv National University of Technologies and Design,
Ukraine
²Kaunas University of Technology, Lithuania

**DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL
KNITTED MATERIALS FOR THE
MANUFACTURE OF FUNCTIONAL
COMPRESSION COVERS FOR STUMP**

Purpose: *to study the effect of the speed of elastomeric yarn feeding into the knitting zone, its location in the pattern structure and course density in the process of producing tubular knitted material on its structural parameters and deformation characteristics under the influence of operational loads (deformation and deformation relaxation).*

Key words: *medical textiles, knitted material, deformation of textile material, deformation relaxation of textile material, cover for the stump, elastomeric yarn.*

Introduction. In case of amputation of a limb, compression covers are used to prevent post-traumatic edema, improve blood circulation in the stump and avoid edema formation after removal of the prosthesis. This is an important tool for prosthetics in the postoperative period, as it provides uniform pressure that decreases from the distal to the proximal direction. Compared to elastic bandages, compression covers have several advantages: they are easy to use, well-fixed on the amputated limb, quickly eliminate swelling, comfortable to wear, have sufficient air and vapor permeability, and absorb moisture [1, 2].

The covers are tubular products with a welt and a bowl. The range of stump covers is determined by the level of amputation and physical activity of the user. Taking into account the level of amputation, there are compression stump covers for the first and second compression class (two types of length: for amputation above the ankle and below the knee), as well as hip stump covers also of two compression classes (with two lengths: for amputation above the knee and below the groin). It is important to note that the compression stump cover for below-the-groin amputations has an additional system of attachment to the patient's belt [1,2]. The development of functional tubular knitted materials for the manufacture of stump covers



involves a preliminary stage of studying the influence of technological parameters and its consumer characteristics.

Methodology. In accordance with the existing standardized test methods [3-5], the following structure parameters of the developed knitted material samples were determined: yarn length in the loop of the ground, horizontal (course) and vertical (wale) density, thickness, and surface density. In addition, the length of the elastomeric yarn segment per loop of the pattern, the width of the knitted material tube in the conditionally equilibrium and stretched (stressed) states were also determined. In the process of choosing the method of testing the deformation characteristics, a comparative analysis of the methods of determining the stretching ability of elastic knitted material is taken into account [6].

Research results. With the purpose to study the nature of the effect of knitting density, input tension of the elastomeric (rubber) yarn and the nature of its use in the knitted structure, prototypes of tubular shape were produced on a gauge 13 circular-hosiery knitting machine with a cylinder diameter of 3 3/4 inches (168 working needles). The vertical (course) knitting density was adjusted at three levels (90, 100 and 110 courses per 100 mm of the knit), as well as 4 levels the speed of the elastomeric yarn feed into the knitting zone (speed of the wheel feeding the elastomeric yarn 50, 70, 90, 110 min⁻¹) were chosen. The prototypes of tubular knitted materials were produced with two different laying repeats of 9.9 tex linear density elastomeric (rubber) yarn with double braiding of 4.4 tex polyamide textured yarn: in the shape of a tuck and float with 1×1 and 1×3 fleece pattern repeats. A smooth plain pattern was chosen to form the ground of the knit, where cotton yarn with a linear density of 20 tex was used as a cover yarn and a textured polyamide yarn of 4.4 tex with an elastane core of 2.2 tex was used as a ground yarn. Characteristics of the tested knitted samples are given in Table 1 [2].

Table 1– Characteristics of the tested knitted samples are given

Sample code	Speed of wheel supplying elastomeric inlay-yarn v, min ⁻¹	Wale density P _w , cm ⁻¹	Course density P _c , cm ⁻¹	Area density, M, g/m ²	Loop length of plating cotton yarn, mm	Loop length of textured-elastomeric P-A-EL ground yarn, mm	Average length of textured-elastomeric P-A-EL inlay-yarn per one wale, mm
Pattern repeat 1×3							
3×1/11/50	50	11	11	481.2	6.1	5.5	0.9
3×1/11/70	70	10		461.6			1.0
3×1/11/90	90	9.5		450.4			1.1



*VIII International Scientific-Practical Conference
17 October 2024
Kyiv, Ukraine*

3×1/11/110	110	9		450.0			1.2
3×1/10/50	50	11	10	483.6	6.7	6.1	1.0
3×1/10/70	70	10		480.8			1.1
3×1/10/90	90	9.5		462.0			1.2
3×1/10/110	110	9		456.8			1.3
3×1/9/50	50	11		482.4			7.3
3×1/9/70	70	10	443.6	1.0			
3×1/9/90	90	9.5	428.4	1.1			
3×1/9/110	110	9	417.6	1.2			
Pattern repeat 1×1							
1×1/11/50	50	11	11	410.8	5.6	5.2	0.9
1×1/11/70	70	10		410.2			1.0
1×1/11/90	90	9		409.2			1.0
1×1/11/110	110	8.5		402.4			1.1
1×1/10/50	50	11	10	414.4	6.2	5.8	0.9
1×1/10/70	70	10		404.0			1.0
1×1/10/90	90	9		390.8			1.1
1×1/10/110	110	8.5		397.6			1.2
1×1/9/50	50	11	9	423.2	6.8	6.4	0.8
1×1/9/70	70	10		416.0			0.9
1×1/9/90	90	9		403.2			1.0
1×1/9/110	110	8.5		400.8			1.1

Deformation characteristics of the developed samples of knitted materials were studied in the longitudinal (wale) and transversal (course) direction on a 'Stand' type relaxometer at a low level of operating load equal to 6N. When choosing this load to determine the components of the strain (rapid, slow, and residual), we took into account the fact that the products (stump covers) made of the tested knitted material samples have a tubular shape obtained directly in the process of knitting with the use of a small-diameter circular knitting equipment and will not be subjected to greater force loads during operation when putting on the stump cover.

Conclusion. The results of experimental studies indicated that the length of the yarn in the loop is influenced by the set parameter of the vertical knitting density and the elastomeric yarn laying report. All other studied parameters of the loop structure and linear measurements of tubular knitted semi-finished products were sensitive to changes in the speed of elastomeric yarn feeding into the knitting zone, vertical knitting density, and the repeat of elastomeric (rubber) yarn' laying in the main structure of the knitted material. The correlation dependencies established during the research allow



the design of knitted materials and tubular products for covers with specified parameters of the loop structure.

In all the developed samples of knitted materials, the proportion of residual deformation does not exceed 4%, and it increases with decrease of the knitting density and increase of the speed of elastomeric yarn feeding into the knitting zone. At the same time, the value of the total deformation under the operating load is affected by the pattern of the elastomeric yarn laying. Thus, in case of the laying report 1×3, a greater value of the total deformation, both in width and length, was observed. This is due to the formation of a relief surface of the knitted material (longitudinal rollers in places where the elastomeric yarn is located in the form of a float along 3 looped columns) in the case of the 1×3 elastomeric yarn laying repeat.

Acknowledgment: The research was carried out within the framework of the joint Ukrainian-Lithuanian research project “Functional textile materials and products for the needs of the military, doctors, hospitalists and civilians (acronym - ORTOKNIT)” (agreement №M/57-2024 dated 04.30.2024, state registration number №0124U002685), supported by the Ministry of Education and Science of Ukraine, and with the support of the Ministry of Education, Science and Sports of the Republic of Lithuania and the Scientific Research Council of Lithuania.

References

1. Mikucioniene,D.; Halavska,L.; Melnyk,L.; Milašius,R.; Laureckiene,G.; Arabuli,S. Classification, Structure and Construction of Functional Orthopaedic Compression Knits for Medical Application: A Review. *Appl. Sci.* **2024**, *14* (10), 4486.<https://doi.org/10.3390/app14114486>
2. Mikucioniene,D.; Halavska,L.; Laureckiene,G.; Melnyk,L.; Arabuli,S.; Milašius, R. Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs: A Review.*Fibers* **2024**, *12*(10), 80.<https://doi.org/10.3390/fib12100080>
3. ДСТУ EN 14970:2018. Матеріали текстильні. Трикотажні полотна. Визначення довжини петлі та лінійної густини ниток у поперечно-в'язаних полотнах (EN 14970:2006, IDT); чинний від 2018–11–01. Київ: Держспоживстандарт України, 2018.
4. ДСТУ ISO 5084:2004. Матеріали текстильні. Визначення товщини текстильних матеріалів та текстильних виробів (ISO 5084:1996, IDT); чинний від 2024–01–25. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. IV, 5 с.
5. ДСТУ ISO 7211-6:2007. Матеріали текстильні. Методи аналізу структури тканини. Частина 6. Метод визначення поверхневої густини тканини (ISO 7211-6:1984, IDT).; чинний від 2009–10–01. Київ: Держспоживстандарт України, 2012. 8 с.
6. Кізімчук, О. П., Мельник, Л. М., Токовенко, А. В., Обухевич, С. А. (2019). Порівняння методів визначення розтяжності еластичного трикотажу. *Fashion Industry*, (1), 48-54. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14829>

УДК 677.075:620.17:[687.254: 615.477.2

Л.Є. ГАЛАВСЬКА

доктор технічних наук, професор

Київський національний університет технологій та дизайну

ORCID: 0000-0002-6994-6641

e-mail: galavska.ly@knuud.edu.ua

І.О. ДУДНИК

Київський національний університет технологій та дизайну

e-mail: innadudnyk@ukr.net

А.Т. АРАБУЛІ

кандидат технічних наук, доцент

Київський національний університет технологій та дизайну

ORCID: 0000-0002-2583-4998

e-mail: arabuli.a@knuud.com.ua

Д.І. КОЛЬЧИК

Київський національний університет технологій та дизайну

e-mail: dr_den@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РЕЛАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРІАЛУ ЧОХЛА ДЛЯ КУЛЬТИ

Війна в Україні змінила вектор наукових досліджень у сфері трикотажного виробництва, що обумовлено потребою у вітчизняних зразках трикотажних матеріалів та виробів медичного призначення. Зокрема внаслідок великої кількості за останні три роки людей з мінно-вибуховими ураженнями кінцівок, які призвели до їх ампутації, не лише серед військовослужбовців, а й цивільного населення, виникла потреба у розробці вітчизняних функціональних трикотажних матеріалів для виготовлення чохла для культи. Медичний текстиль для догляду за ампутованою кінцівкою у післяопераційний період, на етапі реабілітації та підготовки до протезування відіграє важливу роль у ефективній корекції формування культи. Реабілітація перед протезуванням включає компресійну терапію, масаж рубців, зігнену кукси та фантомне знеболення. Компресійна терапія забезпечується завдяки використанню трикотажних матеріалів та виробів заданої форми з компресійними властивостями.

У ході досліджень розроблено структуру трикотажного матеріалу трубчастої форми із розташуванням еластомерної нитки в структурі ґрунту у вигляді пресових накидів та протяжок з рапортом прокладання 1+1 та 1+3. Дослідні зразки вироблено на круглопанчійному автоматі 13 класу з діаметром циліндра 3,75 дюйма. У процесі в'язання змінювали натяг еластомерної нитки шляхом зміни швидкості подачі еластомерної нитки у структуру ґрунту. При цьому змінювали щільність в'язання по вертикалі на трьох рівнях.

Виявлено характер впливу щільності в'язання ґрунту за умови незмінної швидкості подачі еластомерної нитки на деформаційні характеристики трикотажного матеріалу. При цьому встановлено, що за умови незмінної щільності в'язання швидкість подачі еластомерної нитки не має суттєвого впливу на деформаційні характеристики трикотажу. Завдяки введенню у структуру трикотажного матеріалу еластомерної нитки рівень залишкової деформації складає не більше 4%, що говорить про достатній рівень формостабільності під впливом експлуатаційних навантажень.

Ключові слова: медичний текстиль, трикотажний матеріал, деформація текстильного матеріалу, релаксація деформації текстильного матеріалу, чохол для кукси, еластомерна нитка.

L.Ye. HALAVSKA

Kyiv National University of Technologies and Design

<https://orcid.org/0000-0002-6994-6641>**I.O. DUDNYK**

Kyiv National University of Technologies and Design

A.T. ARABULI

Kyiv National University of Technologies and Design

<https://orcid.org/0000-0002-2583-4998>**D.I. KOLCHYK**

Kyiv National University of Technologies and Design

ON THE RELAXATION CHARACTERISTICS OF A KNITTED MATERIAL COVER FOR STUMPS

The war in Ukraine has changed the vector of scientific research in the field of knitwear production due to the need for domestic samples of knitted materials and medical devices. In particular, due to the large number of people with mine-blast injuries to their limbs that led to amputation over the past three years, not only among military personnel but also among the civilian population, there is a need to develop domestic functional knitwear materials for the manufacture of stump covers. During rehabilitation and prosthetic preparation, medical textiles for the care of an amputated limb in the postoperative period play an important role in effectively correcting stump formation. Pre-prosthetic rehabilitation includes compression therapy, scar massage, stump hygiene, and phantom pain relief. Compression therapy is provided through knitted materials and products of a given shape with compression properties.

During the research, the structure of a tubular knitted material with an elastomeric yarn arrangement in the soil structure in the form of a tuck stitch and float stitch with a 1+1 and 1+3 laying report was developed. The prototypes were produced on a class 13 round hosiery machine with a cylinder diameter of 3.75 inches. In the knitting process, the elastomeric thread's tension was changed by changing the speed of the elastomeric thread feeding into the soil structure. At the same time, the knitting density was changed vertically at three levels.

The nature of the soil knitting density effect under the condition of a constant elastomeric yarn feed rate on the deformation characteristics of knitted fabric was revealed. It has been found that under continuous knitting density, the elastomeric yarn's feed rate does not significantly affect the deformation characteristics of knitwear. Due to introducing an elastomeric yarn into the knitted material's structure, the residual deformation level is no more than 4 %, indicating a sufficient level of form stability under the influence of operational loads.

Keywords: *medical textile, knitted material, deformation of textile material, relaxation of deformation of textile material, cover for stump, elastomeric yarn.*

Постановка проблеми

В умовах довготривалої війни в Україні одним із важливих наукових напрямів розвитку трикотажного виробництва є створення функціональних трикотажних матеріалів та виробів медичного призначення. На жаль, сьогодні існує сумна статистика щодо кількості військовослужбовців та цивільних осіб із травматичною ампутацією кінцівок [1, 2]. Ефективність реабілітаційних заходів після ампутації значною мірою визначає успішність протезування. Медичний текстиль для догляду за ампутованою кінцівкою у післяопераційний період, на етапі реабілітації та протезування відіграє важливу роль [3, 4]. Використання таких текстильних виробів обумовлено тим, що протези й ортези створюють навантаження на певні зони шкіри, яке виникає внаслідок ампутації кінцівки та порушення кровообігу. Це навантаження може спричинити сильний дискомфорт, зокрема тиск на ділянку ампутації, тертя, потовиділення, що провокує больові відчуття в області контакту кульги з протезом чи ортезом. Реабілітація перед протезуванням включає компресійну терапію, масаж рубців, гігієну кульги та фантомне знеболення. Основною проблемою цього періоду є набряк, і компресійна терапія слугує засобом його запобігання [5-7]. Мета терапії також полягає в корекції формування кульги (запобігання келоїдам і гіпертрофованим рубцям), відновленні рубців та зменшенні фантомного болю [8]. Застосування постійної компресії, вищої за тиск капілярних судин на етапі лікування ампутованих кінцівок впливає на утворення келоїдів і значно запобігає їхній гіпертрофії. При цьому, як показує практика, рубці заживають швидше і рівномірніше [9].

Один із ключових аспектів компресійної терапії полягає у підборі необхідної трикотажної структури, а також технологічних параметрів в'язання, що забезпечать формування необхідних фізико-механічних характеристик трикотажного матеріалу та оптимальну компресію, створювану виробом заданої форми, для лікування ампутованих кінцівок на етапі перед протезуванням [10, 11, 12]. Компресійні трикотажні вироби замкнутого контуру звичайно виготовляють на круглов'язальному обладнанні малого діаметру з використанням принаймні двох систем ниток: ниток основи та високорозтяжних еластомерних ниток. Ці нитки вводяться у структуру ґрунту з високим натягом перед зоною в'язання. Еластомерні нитки можуть бути інтегровані в структуру пресовими або футерними накидами й протяжками чи у вигляді утокової нитки. Для забезпечення еластичності трикотажного матеріалу в структуру ґрунту також вводять синтетичні текстуровані нитки з еластановим сердечником. Фізико-механічні та експлуатаційні характеристики трикотажного матеріалу залежать від структури переплетення ґрунту та способу введення еластомерних ниток.

Тому розробка компресійних трикотажних матеріалів замкнутого контуру та дослідження їх властивостей є наразі актуальною задачею, вирішення якої сприятиме створенню вітчизняних зразків функціональних трикотажних матеріалів та виробів заданої форми, призначених для виготовлення чохлів для кульги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вироби, призначені для компресійної терапії, складають значну частину виробів медичного текстилю. Наразі компресійна терапія успішно застосовується для лікування ампутованих кінцівок на етапі загоєння ранової поверхні та формування кульги. Аналіз різноманітних компресійних чохлів для ампутованих кінцівок наведено у роботі [3].

Чохли для ампутованих кінцівок звичайно виготовляють за технологією круглов'язального трикотажу і представляють собою виріб трубчастої форми з бортом та миском. Інноваційні текстильні технології та дизайн виробів надають широкий спектр можливостей для вдосконалення, оптимізації та індивідуалізації компресійної терапії [7,13].

Науковцями ведеться постійна робота у напрямку створення нових трикотажних матеріалів медичного призначення. Однак процес розробки функціональних трикотажних матеріалів трубчастої форми, що використовуються у виробництві чохла для культі, передбачає вивчення характеру впливу технологічних параметрів на їх деформаційні характеристики під впливом експлуатаційних навантажень.

У роботі [14] автори зазначають, більшість досліджень еластичних матеріалів зосереджується на визначенні їх деформаційних властивостей за діаграмами розтягування, а також випробуваннях за циклом навантаження, розвантаження та релаксації. Це обумовлено тим, що необхідний тиск трикотажного матеріалу компресійних виробів на тіло людини забезпечується такими його властивостями, як розтяжність та пружність, а також конструктивними особливостями самих виробів, включно з розмірами та формою.

Автори іншої роботи [15] пропонують здійснювати проектування виробів трубчастої форми з урахуванням деформаційних властивостей трикотажного матеріалу, обґрунтовуючи це тим, що такі вироби зазвичай вдягаються на ділянку тіла з різними значеннями обхвату, розподіленими певним чином по довжині. Тому на етапі проектування таких виробів важливо передбачити можливість автоматичної оцінки рівня комфортності під час їх експлуатації у відповідності до деформаційних характеристик трикотажного матеріалу.

Для оцінки деформаційних властивостей текстильних матеріалів під час одноциклових випробувань зазвичай використовують повну деформацію та її складові. Повна деформація включає швидкооборотну, повільнооборотну та залишкову частки релаксації деформації. При цьому швидкооборотна зникає одразу після зняття навантаження, повільнооборотна має збільшений період релаксації, а залишкова зберігається після зняття напруги. Співвідношення цих складових у трикотажному матеріалі є ключовим для визначення його механічних властивостей. Чим більша частка швидко- і повільнооборотних складових, тим краще виріб зберігає свої лінійні розміри та форму, надану йому у процесі виготовлення. Наявність залишкової деформації вказує на швидку зміну розмірів та форми виробу під час експлуатації та втрату функціональних властивостей. Такі процеси, що чергуються з розвантаженням та відпочинком, впливають на структуру трикотажного матеріалу, спричиняючи зміну його форми та розмірів. Оцінка релаксаційних характеристик трикотажного матеріалу під час розтягування є дуже важливою для визначення його формостійкості [16].

Авторами роботи [17] здійснено порівняльний аналіз різноманітних методів визначення розтяжності еластичного трикотажу в залежності від структури переплетення (кулірний чи оснований'язаний трикотаж), асортиментної групи трикотажних матеріалів. Виходячи з того, що чохла представляють собою вироби трубчастої форми, якої вони набувають безпосередньо у процесі в'язання на круглов'язальному обладнанні малого діаметру (круглопанчішний автомат), у процесі експлуатації при одяганні їх на куксу вони не піддаються значним силовим навантаженням. Тому нами пропонується для оцінки деформаційних властивостей трикотажного матеріалу встановити низький рівень експлуатаційного навантаження, який зазвичай використовують, а саме 6Н.

Аналіз наукових праць за напрямом досліджень дозволив сформулювати мету, задачі досліджень та методи їх реалізації.

Формулювання мети дослідження

Метою даної роботи є дослідження впливу швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання, її рапорту в петельній структурі ґрунту та щільності по вертикалі у процесі вироблення на круглов'язальному обладнанні малого діаметру трикотажного матеріалу трубчастої форми на його деформаційні характеристики під впливом експлуатаційних навантажень (деформація та релаксація деформації).

Викладення основного матеріалу дослідження

Релаксаційні характеристики трикотажу є важливим показником для оцінювання стабільності форми текстильного матеріалу під дією експлуатаційних навантажень. Для реалізації поставленої у роботі задачі досліджень використано однофонтурне круглов'язальне обладнання з діаметром циліндра 3,75 дюйма та кількістю працюючих голок 168. Ґрунт трикотажного матеріалу вироблено платированим переплетенням. У якості платировочної нитки використано бавовняну пряжу лінійної густини 20 текс, у якості ґрунтової – поліамідну текстуровану нитку лінійної густини 4,4 текс з еластаном сердечником. В структуру ґрунту у процесі в'язання трикотажного матеріалу трубчастої форми вводилась еластомерна нитка 7,7 текс з подвійним обплетенням текстурованою поліефірною ниткою 4,4 текс. Дослідні зразки відрізнялися за рапортом прокладання еластомерної нитки: 1+1 чи 1+3. При чому у випадку використання рапорту 1+1 еластомерна нитка у кожному циклі петлетворення прокладалася зі зміщенням на один петельний крок.

Деформаційні характеристики розроблених зразків трикотажних матеріалів досліджено у напрямку петельних рядів та петельних стовчиків на релаксометрі типу «Стійка» за умови низького рівня експлуатаційного навантаження, рівному 6Н. При виборі зазначеного навантаження для встановлення складових часток деформації (швидкооборотної, повільно-оборотної та залишкової) враховували той факт, що вироби (чохла для культі) з досліджуваних зразків трикотажного матеріалу мають трубчасту форму, одержану безпосередньо у процесі в'язання на круглов'язальному обладнанні малого діаметру, та при експлуатації не зазнаватимуть під час вдягання чохла на культь більших силових навантажень. Для проведення досліджень попередньо підготовлено проби розміром 50×200мм відповідно з розташуванням у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків. Затискна довжина складала 100мм. Час навантаження складав 60 хв., час релаксації деформації – 60 хв. У таблиці 1 наведені параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів [3].

Параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів трубчастої форми

Номер зразка	Швидкість обертання колеса, що подає еластомерну нитку у зону в'язання n , хв^{-1}	Щільність по горизонталі N_c , см^{-1}	Щільність по вертикалі N_p , см^{-1}	Поверхнева густина, m_s , $\text{г}/\text{м}^2$	Довжина платировочної нитки в петлі, мм	Довжина ґрунтової нитки в петлі, мм	Довжина еластомерної нитки, що припадає на одну петлю ґрунту, мм
рапорт прокладання еластомерної нитки 1+3							
1+3/11/50	50	11	11	481.2	6.1	5.5	0.9
1+3/11/70	70	10		461.6			1.0
1+3/11/90	90	9.5		450.4			1.1
1+3/11/110	110	9		450.0			1.2
1+3/10/50	50	11	10	483.6	6.7	6.1	1.0
1+3/10/70	70	10		480.8			1.1
1+3/10/90	90	9.5		462.0			1.2
1+3/10/110	110	9		456.8			1.3
1+3/9/50	50	11	9	482.4	7.3	6.7	0.9
1+3/9/70	70	10		443.6			1.0
1+3/9/90	90	9.5		428.4			1.1
1+3/9/110	110	9		417.6			1.2
рапорт прокладання еластомерної нитки 1+1							
1+1/11/50	50	11	11	410.8	5.6	5.2	0.9
1+1/11/70	70	10		410.2			1.0
1+1/11/90	90	9		409.2			1.0
1+1/11/110	110	8.5		402.4			1.1
1+1/10/50	50	11	10	414.4	6.2	5.8	0.9
1+1/10/70	70	10		404.0			1.0
1+1/10/90	90	9		390.8			1.1
1+1/10/110	110	8.5		397.6			1.2
1+1/9/50	50	11	9	423.2	6.8	6.4	0.8
1+1/9/70	70	10		416.0			0.9
1+1/9/90	90	9		403.2			1.0
1+1/9/110	110	8.5		400.8			1.1

На підставі одержаних результатів досліджень побудовано відповідні графіки деформації та релаксації деформації відповідно вздовж петельних рядів та стовпчиків, які наведено на рис. 1-8. В цілому, слід зазначити, що пров'язування разом з ниткою ґрунту поліамідної текстурованої нитки з еластичним сердечником та введення еластомерної нитки в структуру ґрунту трикотажного матеріалу сприяє покращенню його пружних властивостей як у напрямку петельних рядів, так і стовпчиків. Це підтверджується мінімальним рівнем залишкової деформації, який складає не більше 4%.

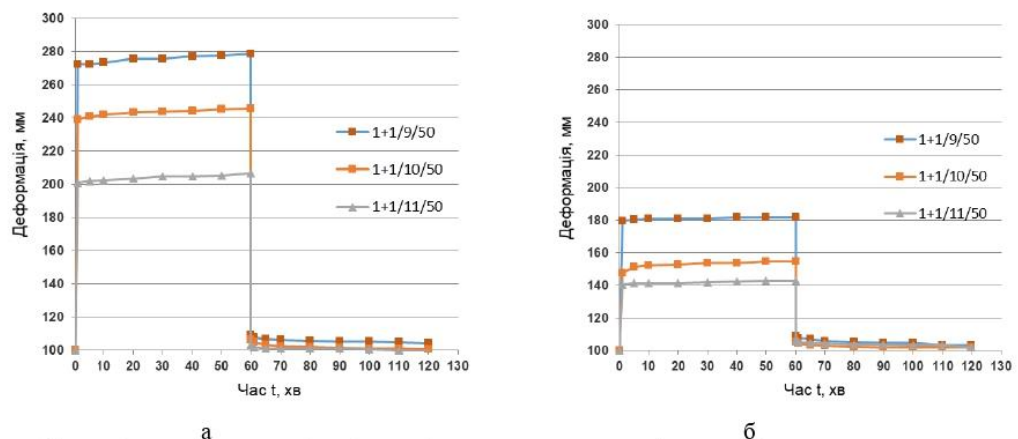


Рис. 1. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

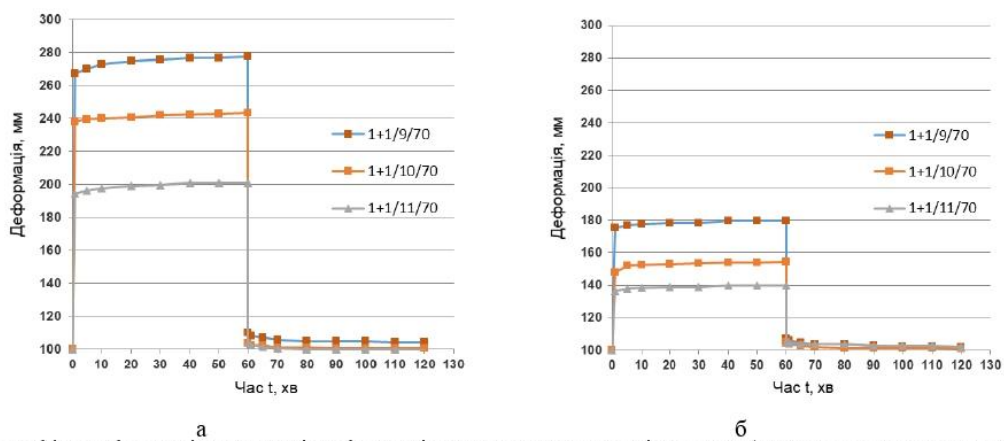


Рис.2. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

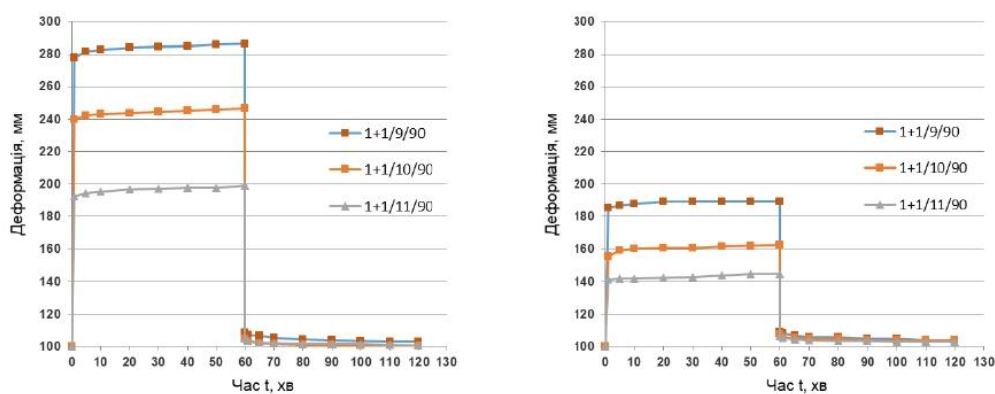


Рис.3. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

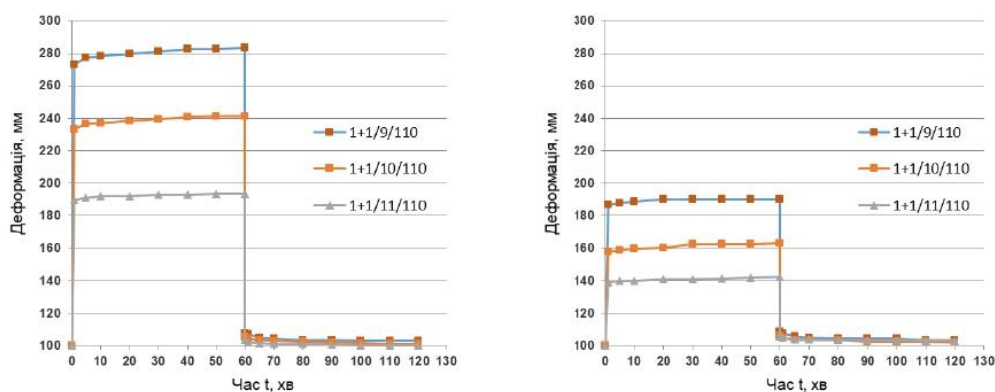


Рис.4. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

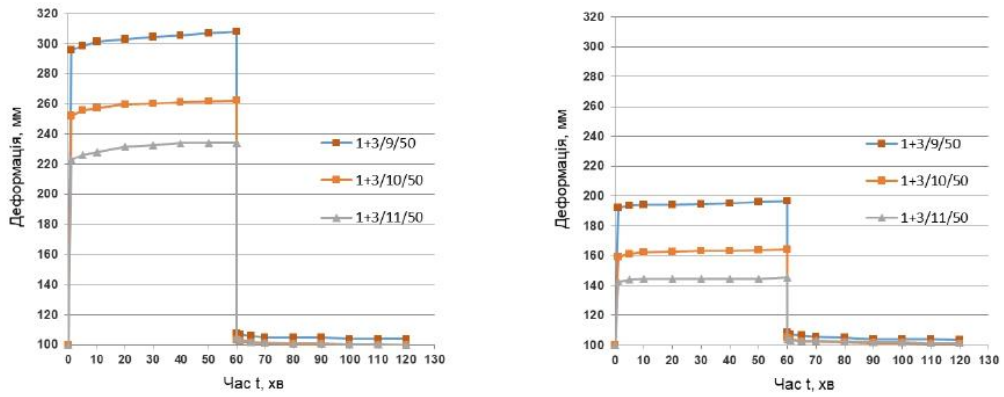


Рис.5. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

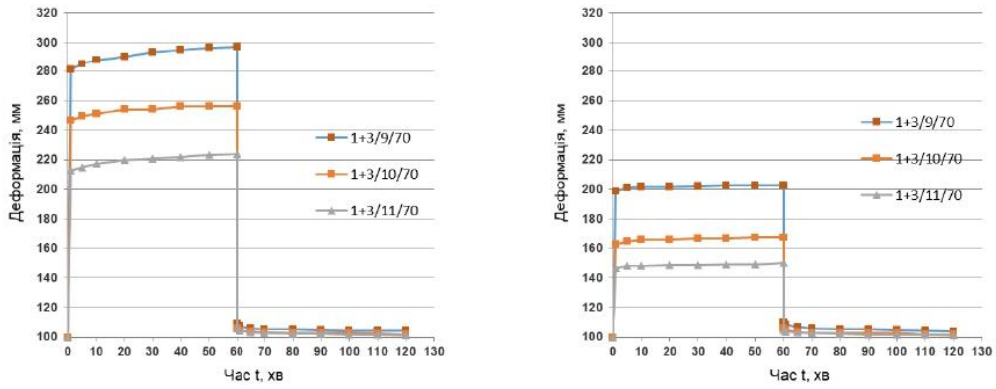


Рис.6. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

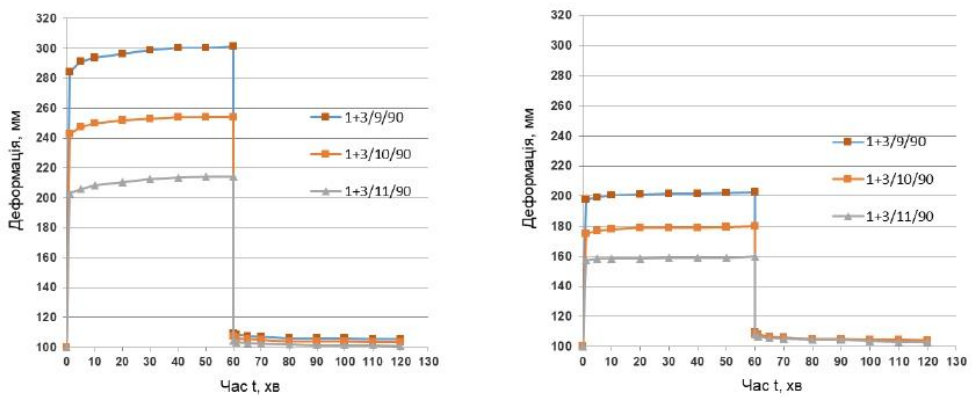


Рис.7. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

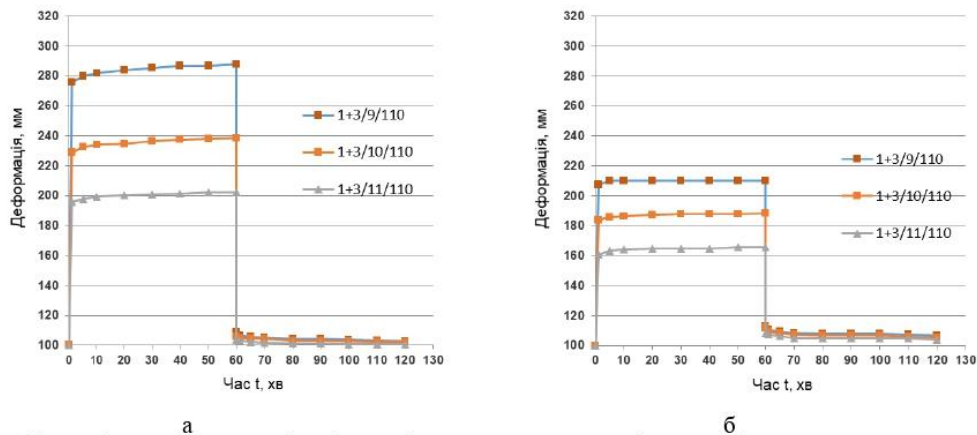


Рис.8. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

Як видно з графіків, наведених на рис.1-8, на величину повної деформації під дією експлуатаційного навантаження впливає рапорт прокладання еластомерної нитки. Так, у випадку рапорту прокладання 1+3 спостерігаємо більше значення повної деформації як по ширині, так і по довжині. Це пов'язано з утворенням рельєфної поверхні трикотажу (поздовжні валики в місцях розташування еластомерної нитки у вигляді протяжки вздовж 3-х петельних стовпчиків) у випадку рапорту прокладання еластомерної нитки 1+3.

Зміна швидкості подачі еластомерної нитки у зону в'язання у визначеному експериментом діапазоні (швидкість обертання колеса від 50 до 110 об/хв) не має суттєвого впливу на частку залишкової деформації. При цьому зменшення натягу еластомерної нитки призводить до зменшення щільності по горизонталі, а це у свою чергу обумовлює зменшення частки повної деформації трикотажного матеріалу у разі прикладання розтягуючого зусилля у напрямку петельних рядів. У випадку дослідження розтяжності зразків у напрямку петельних стовпчиків спостерігаємо протилежну картину – частка повної деформації зростає, що можна пояснити збільшенням податливості структури трикотажного матеріалу до перерозподілу нитки з протяжок в остови петель внаслідок зменшення її щільності.

Висновки

Тривала війна в Україні привела до зростання частки людей працездатного віку з травматичною ампутацією як серед військовослужбовців, так і серед цивільного населення. Протезування дозволяє повернутися постраждалим до нормального активного способу життя. У період реабілітації перед протезуванням використання функціональних чохлів для кульги забезпечує компресійну терапію, яка слугує засобом запобігання набряку, та сприяє корекції формування кульги.

В усіх розроблених зразках трикотажних матеріалів частка залишкової деформації не перевищує 4% і зростає зі зменшенням щільності в'язання та збільшенням швидкості подачі еластомерної нитки в зону в'язання. Водночас, на величину повної деформації під дією експлуатаційного навантаження впливає рапорт прокладання еластомерної нитки. Так, у випадку рапорту прокладання 1+3 спостерігаємо більше значення повної деформації як по ширині, так і по довжині. Це пов'язано з утворенням рельєфної поверхні трикотажу (поздовжні валики в місцях розташування еластомерної нитки у вигляді протяжки вздовж 3-х петельних стовпчиків) у випадку рапорту прокладання еластомерної нитки 1+3.

Оскільки у структурі петельних рядів містяться еластомерні нитки у вигляді накидів та протяжок, розроблені зразки трикотажних матеріалів демонструють гарну пружність, а відповідно забезпечуватимуть стабільність лінійних розмірів й збереження форми та функціональних властивостей під час експлуатації виробу трубчастої форми.

Подяка: Дослідження виконано у рамках спільного українсько-литовського науково-дослідного проекту «Функціональні текстильні матеріали та вироби для потреб військових, лікарів, госпітальєрів та цивільного населення (акронім - ORTOKNIT)» (договір № М/57-2024 від 30.04.2024р., номер державної реєстрації № 0124U002685), підтриманого Міністерством освіти і науки України, та за підтримки Міністерства освіти, науки та спорту Литовської Республіки і Науково-дослідної ради Литви.

Список використаної літератури

1. Tsema, E.V.; Khomenko, I.P.; Bepalenko, A.A.; Buryanov, O.A.; Mishalov, V.G.; Kikh, A.Y. Clinico-Statistical Investigation of the Extremity Amputation Level in Wounded Persons. *Klin. Khirurgiia* **2017**, *10*, 324–331. ISSN 1392-1207.
2. Melnyk, L.; Halavska, L.; Mikucioniene, D.; Dudnyk, I.; Milasius, R. Assortment and Manufacturing Methods of Stump Socks. In Proceedings of 11th International Young Researchers Conference Industrial Engineering 2024—From Zero to Hero, Kaunas, Lithuania, 9 May 2024; pp. 129–131.

3. Mikucioniene, D.; Halavska, L.; Melnyk, L.; Milašius, R.; Laureckiene, G.; Arabuli, S. Classification, Structure and Construction of Functional Orthopaedic Compression Knits for Medical Application: A Review. *Appl. Sci.* **2024**, *14* (10), 4486. <https://doi.org/10.3390/app14114486>
4. Mikucioniene, D.; Halavska, L.; Laureckiene, G.; Melnyk, L.; Arabuli, S.; Milašius, R. Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs: A Review. *Fibers* **2024**, *12*(10), 80. <https://doi.org/10.3390/fib12100080>
5. Shi, Y.; Liu, R.; Lv, J.; Ye, C. Biomedical therapeutic compression textiles: Physical-mechanical property analysis to precise pressure management. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* **2024**, *151*, 106392. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106392>
6. Kankariya, N. Material, structure, and design of textile-based compression devices for managing chronic edema. *J. Ind. Text.* **2022**, *52*. <https://doi.org/10.1177/15280837221118844>
7. Liu, R.; Guo, X.; Lao, T.T.; Little, T. A critical review on compression textiles for compression therapy: Textile-based compression interventions for chronic venous insufficiency. *Text. Res. J.* **2017**, *87*, 1121–1141. <https://doi.org/10.1177/00405175166460>
8. Murray, J.C. Keloids and hypertrophic scars. *Clin. Dermatol.* **1994**, *12*, 27–37. [https://doi.org/10.1016/0738-081X\(94\)90254-2](https://doi.org/10.1016/0738-081X(94)90254-2)
9. Aboalasaad, A.R.; Sirkova, B.K.; Mansoor, T.; Skenderi, Z.; Khalil, A.S. Theoretical and Experimental Evaluation of Thermal Resistance for Compression Bandages. *Autex Res. J.* **2022**, *22*, 18–25. <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0052>
10. Alisauskienė, D.; Mikucionienė, D. Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. *Mater. Sci. -Medzg.* **2014**, *20*, 311–314
11. Yu, A.; Sukigara, S.; Takeuchi, S. Effect of inlaid elastic yarns and inlay pattern on physical properties and compression behaviour of weft-knitted spacer fabric. *J. Ind. Text.* **2022**, *51*, 2688S–2708S. <https://doi.org/10.1177/1528083720947740>
12. *RAL-GZ 387/1:2008*; Medical Compression Hosiery, Quality Assurance. RAL Deutsches Institut für Gütesicherung and Kennzeichnung e.V.: Bonn, Germany, 2008
13. Zhang, L.; Sun, G.; Li, J.; Chen, Y.; Chen, X.; Gao, W.; Hu, W. The structure and pressure characteristics of graduated compression stockings: Experimental and numerical study. *Text. Res. J.* **2019**, *89*, 5218–5225. <https://doi.org/10.1177/0040517519855319>
14. Кизимчук, О. П., Мельник, Л. М., Гусар, М. Ю., & Латишова, А. А. (2019). Властивості трикотажних матеріалів для компресійних виробів. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* (5), 103-108. <https://er.knuid.edu.ua/handle/123456789/14569>
15. Єліна, Т. В., & Галавська, Л. Є. (2020). Проектування виробів трубчастої форми з урахуванням деформаційних властивостей трикотажу. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* (6), 168-174. <https://er.knuid.edu.ua/handle/123456789/19017>
16. Кизимчук, О. П., & Мельник, Л. М. (2013). Розтяжність трикотажу переплетення Ластик 1+ 1, виробленого з армованих еластомерних ниток фірми Gshex. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* (3), 110-114. http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2013_3/23kyz.pdf
17. Кизимчук, О. П., Мельник, Л. М., Токовенко, А. В., Обухевич, С. А. (2019). Порівняння методів визначення розтяжності еластичного трикотажу. *Fashion Industry*, (1), 48-54. <https://er.knuid.edu.ua/handle/123456789/14829>

References

1. Tsema, E.V.; Khomenko, I.P.; Bepalenko, A.A.; Buryanov, O.A.; Mishalov, V.G.; Kikh, A.Y. Clinico-Statistical Investigation of the Extremity Amputation Level in Wounded Persons. *Klin. Khirurgiia* **2017**, *10*, 324–331. ISSN 1392-1207.
2. Melnyk, L.; Halavska, L.; Mikucioniene, D.; Dudnyk, I.; Milasius, R. Assortment and Manufacturing Methods of Stump Socks. In Proceedings of 11th International Young Researchers Conference Industrial Engineering 2024—From Zero to Hero, Kaunas, Lithuania, 9 May 2024; pp. 129–131.
3. Mikucioniene, D.; Halavska, L.; Melnyk, L.; Milašius, R.; Laureckiene, G.; Arabuli, S. Classification, Structure and Construction of Functional Orthopaedic Compression Knits for Medical Application: A Review. *Appl. Sci.* **2024**, *14* (10), 4486. <https://doi.org/10.3390/app14114486>
4. Mikucioniene, D.; Halavska, L.; Laureckiene, G.; Melnyk, L.; Arabuli, S.; Milašius, R. Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs: A Review. *Fibers* **2024**, *12*(10), 80. <https://doi.org/10.3390/fib12100080>
5. Shi, Y.; Liu, R.; Lv, J.; Ye, C. Biomedical therapeutic compression textiles: Physical-mechanical property analysis to precise pressure management. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* **2024**, *151*, 106392. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106392>
6. Kankariya, N. Material, structure, and design of textile-based compression devices for managing chronic edema. *J. Ind. Text.* **2022**, *52*. <https://doi.org/10.1177/15280837221118844>
7. Liu, R.; Guo, X.; Lao, T.T.; Little, T. A critical review on compression textiles for compression therapy: Textile-based compression interventions for chronic venous insufficiency. *Text. Res. J.* **2017**, *87*, 1121–1141. <https://doi.org/10.1177/00405175166460>
8. Murray, J.C. Keloids and hypertrophic scars. *Clin. Dermatol.* **1994**, *12*, 27–37. [https://doi.org/10.1016/0738-081X\(94\)90254-2](https://doi.org/10.1016/0738-081X(94)90254-2)
9. Aboalasaad, A.R.; Sirkova, B.K.; Mansoor, T.; Skenderi, Z.; Khalil, A.S. Theoretical and Experimental Evaluation of Thermal Resistance for Compression Bandages. *Autex Res. J.* **2022**, *22*, 18–25. <https://doi.org/10.2478/aut-2020-0052>
10. Alisauskienė, D.; Mikucionienė, D. Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. *Mater. Sci. -Medzg.* **2014**, *20*, 311–314

11. Yu, A.; Sukigara, S.; Takeuchi, S. Effect of inlaid elastic yarns and inlay pattern on physical properties and compression behaviour of weft-knitted spacer fabric. *J. Ind. Text.* **2022**, *51*, 2688S–2708S. <https://doi.org/10.1177/1528083720947740>
12. *RAL-GZ 387/1:2008*; Medical Compression Hosiery, Quality Assurance. RAL Deutsches Institut für Gütesicherung and Kennzeichnung e.V.: Bonn, Germany, 2008
13. Zhang, L.; Sun, G.; Li, J.; Chen, Y.; Chen, X.; Gao, W.; Hu, W. The structure and pressure characteristics of graduated compression stockings: Experimental and numerical study. *Text. Res. J.* **2019**, *89*, 5218–5225. <https://doi.org/10.1177/0040517519855319>
14. Kyzymchuk, O. P., Melnyk, L. M., Husar, M. Yu., & Latyshova, A. A. (2019). Vlastyvoli trykotazhnykh materialiv dlia kompresiiinykh vyrobiv. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky.* (5), 103-108. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14569>
15. Ielina, T. V., & Halavska, L. Ye. (2020). Proiektuvannia vyrobiv trubchastoi formy z urakhuvanniam deformatsiinykh vlastyvolei trykotazhu. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky.* (6), 168-174. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/19017>
16. Kyzymchuk, O. P., & Melnyk, L. M. (2013). Roztiazhnist trykotazhu perepletennia Lastyk 1+ 1, vyroblenoho z armovanykh elastomernykh nytok firmy Gumex. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky.* (3), 110-114. http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2013_3/23kyz.pdf
17. Kyzymchuk, O. P., Melnyk, L. M., Tokovenko, A. V., Obukhevykh, S. A. (2019). Porivniannia metodiv vyznachennia roztiazhnosti elastychnoho trykotazhu. *Fashion Industry*, (1), 48-54. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14829>



ГЕЛЬВЕТИКА
ВИДАВНИЧИЙ ДІМ

вул. Інглєзі, 6/1,
м. Одєса, Україна, 65101
www.helvetica.ua
mailbox@helvetica.ua

Стационар: 048 709 38 69
Vodafone: 095 934 48 28
Kyivstar: 097 723 06 08

ДОВІДКА

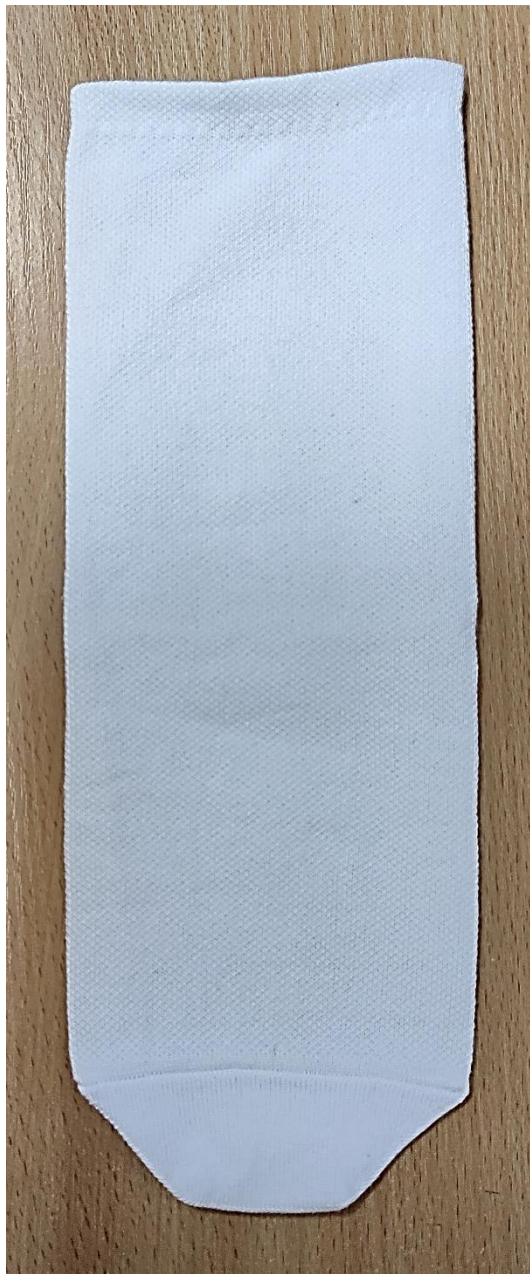
Видавничий дім «Гельветика» за домовленістю з Херсонським національним технічним університетом є офіційним видавцем наукового журналу «Вісник Херсонського національного технічного університету» та займається усіма видавничо-поліграфічними процесами, до яких належить: набір статей до чергового випуску; рецензування; перевірка на плагіат; коректорська вчитка; верстка; присвоєння кожному матеріалу DOI; розміщення електронної версії видання на офіційному сайті журналу; надсилання електронної версії видання до Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського на репозитарне зберігання та представлення на порталі в інформаційному ресурсі «Наукова періодика України»; розсилка обов'язкового безоплатного примірника до наукових установ України.

Цією довідкою повідомляємо, що наукова стаття авторів **Галавська Л. Є., Дудник І. О., Арабулі А. Т. та Кольчик Д. І. «ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА РЕЛАКСАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРИКОТАЖНОГО МАТЕРІАЛУ ЧОХЛА ДЛЯ КУЛЬТІ»** прийнята редакцією наукового журналу «Вісник Херсонського національного технічного університету» для розміщення у № 3 за 2024 рік.

Директор
Видавничого дому «Гельветика»



Олег ГОЛОВКО



Чолол для культі: рапорт прокладання ел.н. 1+1, швидкість прокладання -110 об/хв.; щільність в'язання 7 пет.р. на 1 см



Чолол для культі: рапорт прокладання ел.н. 1+3, швидкість прокладання -110 об/хв.; щільність в'язання 7 пет.р. на 1 см

ДОДАТОК Л

**АКТ**

апробації у виробничих умовах результатів магістерської роботи
**«РОЗРОБКА СТРУКТУРИ ПЕРЕПЛЕТЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ
 ТРИКОТАЖНИХ ЧОХЛІВ ДЛЯ КУЛЬТІ»**
 ДУДНИК Інни Олександрівни

Науково-технічна комісія у складі представників виробництва Приватного підприємства «ПРЕМ'ЄР СОКС» в особі: директора Солоніченко Олени Олексіївни, завідувача виробництвом Васильєвої Олени Володимирівни, головного технолога Журавльової Наталії Вікторівни та Київського національного університету технологій та дизайну в особі: магістрантки кафедри технології моди факультету мистецтв і моди Дудник Інни Олександрівни склали цей акт у тому, що в умовах панчішно-шкарпеткового виробництва Приватного підприємства «ПРЕМ'ЄР СОКС» проведено апробацію результатів магістерської роботи Дудник Інни Олександрівни. Робота виконана у рамках спільного українсько-литовського науково-дослідного білатерального проекту «Функціональні текстильні матеріали та вироби для потреб військових, медиків, госпітальєрів та цивільного населення (акронім – ORTOKNIT)» за договором № М/57-2024 від 30.04.2024р., науковий керівник д.т.н., проф. Галавська Л.Є.

Види використаних результатів:

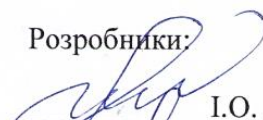

- розроблено структуру трикотажного матеріалу трубчастої форми для виготовлення функціональних компресійних чохлів для культі;
- запропоновано рекомендації щодо технологічних параметрів в'язання (заправні дані, щільність в'язання, швидкість подачі еластомерної нитки та рапорт її прокладання) трикотажного матеріалу, які забезпечують необхідні рівень компресії та релаксаційні характеристики.

Внаслідок апробації результатів магістерської роботи Дудник І.О. розроблено новий асортимент трикотажних матеріалів трубчастої форми для виготовлення функціональних компресійних чохлів для культі. Завдяки реалізованим магістранткою експериментальним дослідженням підібрано оптимальні параметри петельної структури, що забезпечують виготовлення трикотажного матеріалу із заданими релаксаційними характеристика та рівнем компресії.

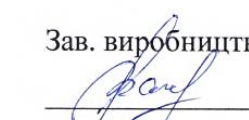
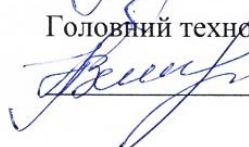
Економічний ефект досягається за рахунок зменшення кількості експериментальних досліджень та оптимізації параметрів режиму в'язання при розробці нового асортименту трикотажних матеріалів трубчастої форми, призначених для виготовлення функціональних чохлів для культі.

Даний акт не дає підстав для будь-яких грошових виплат та розрахунків.

Розробники:


 І.О. Дудник

 Л.Є. Галавська

Зав. виробництвом


 О. В. Васильєва
 Головний технолог

 Н. В. Журавльова

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет технологій та дизайну

Довідка
про перевірку на наявність ознак плагіату у кваліфікаційній роботі

За результатами перевірки кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти Дудник Інни Олександрівни на тему: «Розробка структури переплетення та дослідження властивостей трикотажних чохлаів для культі» в роботі виявлено:

- максимальний збіг з одним документом – 1 %;
- помилок в документі - 15 %.

Провідний фахівець відділу моніторингу якості
підготовки фахівців та аналітичної роботи НМЦУПФ



Максим ТКАЧЕНКО