

КИЗИМЧУК О.П.^{1,2}, МЕЛЬНИК Л.М.¹, ГАЛАВСЬКА Л.Є.¹,
КЙОСЕВ Й.², АРАБУЛІ А.Т.¹, САДРЕТДІНОВА Н.В.²

¹Київський національний університет технологій та дизайну

²Технічний університет Дрездена

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ В'ЯЗАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРУКТУРИ ЕЛАСТИЧНИХ ПОЛОТЕН ДЛЯ КОМПРЕСІЙНИХ ЧОХЛІВ

Мета. Дослідження лінійних розмірів та параметрів структури (щільності в'язання, товщини, поверхневої густини, петельного кроку та висоти петельного ряду) еластичних трикотажних полотен, які використовують при виготовленні компресійних виробів, та встановлення впливу рапорту переплетення та технологічних параметрів в'язання (натягу футерної нитки та глибини кулірування ґрунтової нитки) на досліджувані показники.

Методи. При підготовці зразків до досліджень та визначенні параметрів структури, лінійних розмірів трикотажу використовували експериментальні стандартні методи.

Результати. Встановлено, що зміна рапорту прокладання футерної (еластомерної) нитки має визначальний вплив на лінійні розміри трикотажу та характеристики структури (щільність, товщину, поверхневу густину). При прокладанні футерної нитки у вигляді накидів через дві голки, полотно є щільнішим на 8-10 %, вужчим на 5-9 % та коротшим на 3-9 %, товщим на 10-20 % та важчим на 6-16 % за трикотаж, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через голку. Збільшення швидкості подачі футерної нитки призводить до зменшення кількості петельних стовпчиків у 100 мм, а отже є визначальним параметром ширини отриманого трикотажу. Регулювання на машині щільності переплетення ґрунту впливає на показник кількості петельних рядів у 100 мм та товщину: збільшення значення вхідного фактора в межах експерименту призводить до зростання на 20-25% кількості петельних рядів у 100 мм та зменшення на 22-30% товщини трикотажу.

Новизна роботи. Визначено фактори, що впливають на структуру та лінійні розміри еластичних матеріалів, та встановлено рівні вхідних параметрів в'язання, що дозволяють варіювати властивостями еластичного трикотажу для проектування удосконалених компресійних виробів.

Практична значимість. Отримані результати є підґрунтям для удосконалення процесу виготовлення компресійних виробів для пацієнтів після ампутації кінцівки, що забезпечить необхідний фізіотерапевтичний ефект, враховуючи фактори пов'язані з рівнем ампутації та формою культі.

Ключові слова: кулірний трикотаж, еластичне полотно, футероване переплетення, рапорт прокладання футерної нитки, щільність полотна, натяг еластомерної нитки, параметри структури.

AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TECHNOLOGICAL CONDITIONS OF KNITTING ON THE STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF ELASTIC FABRIC FOR COMPRESSION COVER

KYZYMCHUK O.^{1,2}, MELNYK L.¹, HALAVSKA L.¹, KYOSEV Y.², ARABULI A.¹, SADRETDINOVA N.¹

¹Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine

²TUD Dresden University of Technology, Germany

Purpose. The paper aims to study both the linear dimensions and structural parameters (fabric density, thickness, surface density, wales and courses spaces) of elastic weft-knitted fabrics used in the manufacture of compression products. The purpose of the work is to establish the influence of the interlooping repeat and technological parameters of knitting (sinker depth of the ground structure and tension of bent weft thread) on the studied indicators.

Methods. Standard methods were used for specimens' preparation and for test structural parameters and physical properties of elastic weft knitted fabric.

Results. It has been established that changing the repeat for the bent-weft elastomeric thread decisively affects the linear dimensions of the knitted tubes (especially width) and the fabric's structural characteristics. With the bent weft thread at every third needle, the fabric became denser by 8-10%, narrower by 5-9%, shorter by 3-9%, thicker by 10-20%, and heavier by 6-16% compared to the fabric with the bent weft thread at every third needle. Simultaneously, increasing the feed speed of the bent weft thread decreases the number of wales per 100 mm and, therefore, determines the width of the future knitted product. Adjusting the density of the ground structure affects the number of courses per 100 mm and the fabric's thickness. An increase in the value within the experiment leads to a 20-25% increase in the number of courses per 100 mm and a 22-30% decrease in the fabric's thickness.

The scientific novelty of the work. The main factors influencing the structure and linear dimensions of elastic knitted fabric have been identified, and the recommended levels of input knitting parameters have been established in this study. It allows varying the material's properties to design improved compression products.

Practical significance. The results obtained serve as a basis for improving the manufacturing process of compression products for patients after limb amputation. Taking into account factors related to limb shape and the level of amputation, it is possible to adjust the material's structural and mechanical properties during product manufacturing, thereby providing the necessary physiotherapeutic effect.

Keywords: weft knit, elastic fabric, plain knit with bent weft, bent weft repeat, fabric density, elastomer thread tension, structural parameters.

Всмысл. Розробка та застосування текстилю для компресійної терапії – сфера, що охоплює численні дисципліни та галузі промисловості. Компресійні вироби на сьогодні є однією з основ профілактики та лікування венозних або лімфатичних захворювань нижніх кінцівок, післяопераційних набряків. Також в літературних джерелах повідомляється про ефективність компресії для зниження втоми і сприяння фізичному відновленню спортсменів [1-3]. На сьогодні в Україні, внаслідок зростаючої кількості ампутацій пов'язаних з бойовими ушкодженнями, актуальним напрямком є застосування компресійної терапії в період реабілітації пацієнтів. Відповідно до статистичних даних в Україні [4] переважає ампутація нижньої кінцівки (62,22%), а ампутація верхньої – складає 37,78%. При цьому ампутація нижньої кінцівки виконується на 8 рівнях, верхньої – на 7-ми. Компресійна терапія є засобом зменшення післяопераційного набряку, правильного формування культі, загоєння рубців, зменшення фантомного болю [5].

Функція компресійних виробів полягає в забезпеченні певного рівня тиску на шкіру, підшкірні тканини та судинну систему, що

сприяє відтоку рідини з кінцівки [6]. Однак порушення рекомендацій по використанню, нерівномірно розподілений або надмірний тиск, викликає побічний ефект, як некроз та пошкодження шкірних покривів, особливо у пацієнтів старшого віку [7]. Тому основною функцією компресійного впливу є забезпечення контрольованої компресійної дії на ділянку тіла.

Ступінь наданого компресійним виробом тиску визначається складною взаємодією між виробом і тілом [8]. Факторами, які пов'язані з тілом людини, є: розмір і форма частини тіла, а також характер виконуваної діяльності. Встановлено [9], що поперечні вигини вздовж кінцівки (зміна розмірів кінцівки) впливають на величину та розподіл тиску, що створює компресійний трикотаж. Згідно [10] розмірним характеристикам типових фігур, розмір нижньої кінцівки жінок по обхвату стегна коливається від 49,8 см до 67,7 см (зміна в межах 25%), по обхвату щиколотки від 20,7 см до 25,5 см (зміна в межах 20%). При чому зміна в обхваті вздовж нижньої кінцівки відбувається в 2,5. Аналогічна залежність і для типових розмірів чоловіків: по обхвату стегна коливається від 50,0 см до 67,6 см, по

обхвату щиколотки від 21,4 см до 26,2 см. Отже, існує велике різноманіття розмірних даних населення та відмінності у формі та розмірах кінцівки після ампутації.

З точки зору виробу, основними факторами є: дизайн і силует, а також структура і фізичні властивості матеріалів. Визначальним елементом еластичності трикотажу є еластомерна нитка; а розміру виробу – довжина нитки в петлі та кількість петель по горизонталі та вертикалі. Тому зміна технологічних параметрів в'язання призводить до зміни розмірів та властивостей виробу.

Отже при проектуванні матеріалів для компресійних виробів першочерговим завданням є встановлення факторів, які визначають розмірні ознаки, зокрема ширину майбутнього виробу, та ступінь їх впливу на характеристики структури матеріалу.

Аналіз попередніх досліджень. Для виробництва компресійного трикотажу широко використовують технологію його вироблення на одно- та двоциліндрових панчішних автоматах. Використання цієї технології обмежено для кінцівок з дуже малим обхватом та/або екстремальними змінами в обхваті, а також при глибоких складках тканини шкіри [11]. В той же час є певні обмеження, пов'язані саме з технологією в'язання на круглих машинах. Ці вироби виготовляють на визначеній кількості голок у циліндрі, тому додаткові голки не можна ні додати, ні видалити. Панчоку можна пристосувати до форми ноги лише шляхом зміни розміру петель (щільне або розріджене в'язання) і натягу еластомерних ниток [12]. Найбільший обхват стегна не може перевищувати найменший обхват щиколотки більше ніж у два з половиною рази. Крім того, техніка кругового в'язання дозволяє лише змінювати окружність не більше ніж на один сантиметр на кожен сантиметр довжини [13]. Таким чином, панчоку необхідно розділити на кілька частин з різними розмірами петель і щільністю в'язання, що призведе до утворення ділянок з різними параметрами структури виробу та фізико-механічними властивостями. Зміна структурних характеристик полотна, і як наслідок властивостей, забезпечить ідеальну відповідність індивідуальній морфології кожного пацієнта та впливатимуть на рівень створюваного тиску на тіло людини [14].

Обов'язковою умовою виготовлення компресійного трикотажу є використання як мінімум двох різних систем ниток: ґрунтової, що забезпечує товщину та жорсткість полотна, та еластомерної – забезпечує компресію

[15]. Як правило використовують обкручену різними матеріалами еластомерну нитку, яка може бути пров'язана у петлі чи прокладена як утокова протяжка в структурі трикотажу. Варіант введення еластомерної нитки в структуру впливає на компресійні властивості та визначає сферу застосування еластичного трикотажу [2].

Окрім варіанту закріплення еластомерної нитки, важливими чинниками впливу на структуру, властивості еластичного полотна та компресійних виробів з нього є технологічні параметри в'язання. Так відомо [16], що збільшення попереднього натягу еластомерної нитки призводить до зменшення діаметру трубки і при цьому збільшується тиск на циліндр. Тиск також залежить від кривизни циліндра: чим більша кривизна, тим вище тиск. Значний вплив на рівень компресії має кількість еластомерних ниток в структурі (тобто щільність) та ступінь згину в структурі (еластомер розташовано прямолінійно чи утворює накиди, петлі) [2]. Дослідження [17] впливу натягу еластомерних ниток різних брендів, що мають аналогічні значення видовження, показало, що його підвищення збільшує значення ваги, товщини та щільності трикотажу. Збільшення швидкості подачі еластомерної нитки знижує щільність структури переплетення, тиск виробу на конкретному об'єкті, збільшує довжину утокової нитки [18].

Широкий діапазон комбінацій елементів трикотажу дозволяють створити матеріали різноманітної структури. Введення в структуру трикотажу еластомерної нитки та зміна технологічних параметрів в'язання дозволяють варіювати властивостями еластичного трикотажу для забезпечення необхідного фізіотерапевтичного ефекту виробу. Водночас існує потреба визначення рівня цих факторів при проектуванні компресійних виробів, а також необхідно враховувати ряд факторів при проектуванні виробів для пацієнтів після ампутації, що пов'язано з рівнем ампутації та формою культі. Тому визначення необхідних рівнів вхідних параметрів в'язання, що впливають на структуру та фізико-механічні властивості еластичних матеріалів, є важливим етапом проектування удосконалених компресійних виробів.

Матеріали та методи. Найбільш розповсюдженим варіантом переплетення, яке застосовують для виготовлення компресійних виробів на панчішно-шкарпеткових автоматах є футероване на базі платированої гладі, в якому футерну нитку прокладають у вигляді пресових накидів за

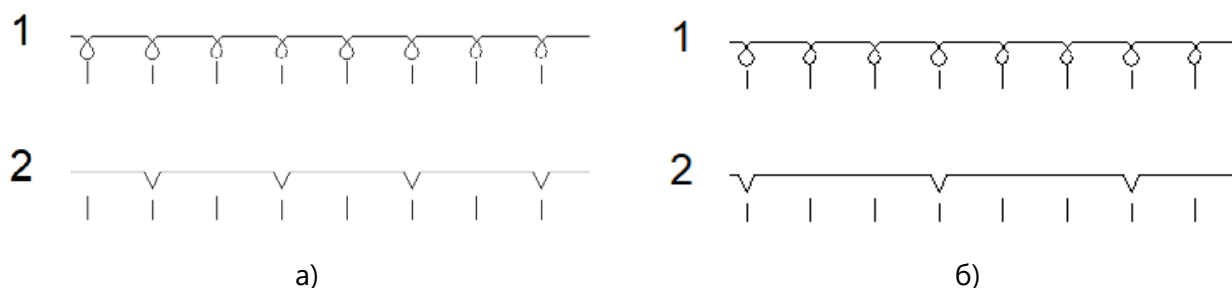


Рис. 1. Графічний запис футерованого переплетення на базі гладі (1) з прокладанням еластомерної нитки як футерної (2) за рапортом: а) – $1X_1$ (варіант А); б) – $1X_2$ (варіант С)

рапортом. Для дослідження у даній роботі вибрано два варіанти рапорту (рис.1): через одну (варіант А) та через дві голки (варіант С). Футерну нитку прокладали в кожному ряді

без зміщення пресових петель. Отже один ряд переплетення отримують у двох петельних системах: 1 – для ґрунтової та платировочної нитки, 2 – для футерної. В якості ґрунтової використано комплексну еластомерну нитку у два кінці. Нитка складається з еластомеру 2,2 текс, який обкручений поліамідною ниткою 4,4 текс. Як платировочну використано поліамідну нитку лінійною густиною 20,2 текс 75 крутінь на метр. Для забезпечення необхідного рівня тиску майбутніх виробів на кінцівку, в якості футерної обрано еластомерну нитку 7 текс, яка обкручена двома поліефірними нитками 8 текс.

Зразки трикотажу були вироблені у вигляді трубки на шкарпетковому автоматі MD-C300C компанії Mingde Company (Zhejiang Mingde Automation & Equipment Co., Ltd.). Двосистемна машина 13 класу з діаметром 3,75 дюйма має 168 голок в циліндрі та оснащена пристроєм примусової подачі еластомерної нитки. З метою варіювання щільності трикотажу для кожного варіанту прокладання футерної нитки виготовлено серію трикотажних полотен при різних технологічних умовах (таблиця 1): щільність переплетення ґрунту (X_1), яка визначається глибиною кулірування нитки ґрунту, варіювали на трьох рівнях 7, 9 та 11, а швидкість подачі футерної нитки (X_2), яка визначає її натяг, на чотирьох 50, 70, 90 та 110. Наведені чисельні значення є характеристиками, які вносяться у програму в'язання на обладнанні, і є безрозмірними показниками. Для кожного варіанту переплетення отримано по 12 варіантів зразків. Усі зразки виготовлено у вигляді трубок на усіх голках машини при однаковій кількості (540) петельних рядів.

Після в'язання усі зразки трикотажу приведено в умовно-рівноважний стан

шляхом прання у побутовій автоматичній пральній машині та сушіння на плоскій поверхні відповідно до ISO 6330:2021 [19]. Перед усіма дослідженнями зразки трикотажу піддавали відлежуванню упродовж 24 годин у нормальних кліматичних умовах (температурі 24°C та відносній вологості повітря 65%) у відповідності з ISO 139:2005 [20].

Дослідження параметрів структури трикотажу та його фізичних властивостей проводили за стандартними методами. Визначення кількості петельних рядів та стовпчиків у 100 мм трикотажу проводили за допомогою текстильної лупи відповідно до EN 14971:2006 [21]. Товщину трикотажу визначали на товщиномірі Rainbow digital textile thickness tester (Sylvac S229, SYLVAC, Yverdon, Switzerland) з площиною вимірювання 20 см² при тиску 1 kPa у відповідності з ISO 5084:1996 [22]. Поверхневу густину трикотажного полотна визначали методом зважування малих зразків (50×50 мм) відповідно до EN 12127:1997 [23]. Зважування зразків проводили на лабораторних цифрових вагах KERN PCB 400-2 з відтворюваністю 0,01 г та похибкою $\pm 0,03$ г, що гарантує точні та надійні вимірювання. Додатково було визначено ширину та довжину трикотажних зразків (розмір отриманих трубок) за допомогою сантиметрової стрічки. Для усіх параметрів для кожного варіанту трикотажу проведено по 10 паралельних вимірів, на підставі чого визначено середні значення показника, середньоквадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації CV у відсотках.

Результати дослідження та обговорення. Результати досліджень параметрів структури трикотажу, а саме кількості петельних стовпчиків та петельних рядів у 100 мм, наведено у таблиці 1. Очевидно, що рапорт прокладання футерної еластомерної нитки має вплив на обидва показники. Збільшення довжини футерної протяжки з одного до двох голкових кроки призводить до збільшення щільності полотна

як у поперечному так і повздовжньому напрямках. Кількість петельних стовпчиків збільшується до 10 %, а кількість петельних рядів – до 8 % у трикотажних полотен варіанту С по відношенню до відповідних полотен варіанту А.

Слід зазначити, що швидкість подачі футерної нитки (X_2) є визначальним параметром для кількості петельних стовпчиків у 100 мм. Зміна параметру з 50 до 110 призводить до зменшення щільності

упоперек полотна: кількість петельних стовпчиків зменшується майже на 30%, при цьому тенденція зберігається на усіх рівнях щільності ґрунту та обох варіантах рапорту прокладання футерної нитки. В той же час, суттєвого впливу щільності ґрунту (X_1) на кількість петельних стовпчиків у 100 мм не встановлено: існує стійка тенденція зниження значення показника при зростанні щільності від 7 до 11, але зменшення не перевищує 5 % для обох варіантів (А та С) футерованого переплетення.

Таблиця 1.

Параметри структури еластичних трикотажних полотен

Варіант переплетення	Код зразка	Технологічні параметри		Кількість петельних стовпчиків у 100 мм, $N_{ст}$	Кількість петельних рядків у 100 мм, N_p
		щільність переплетення ґрунту, x_1	швидкість подачі футерної нитки, x_2		
А рапорт прокладання футерної нитки $1X_1$	A 1-1	7	50	$125 \pm 0,1$	$94 \pm 1,4$
	A 1-2	7	70	$114 \pm 1,4$	$97 \pm 2,7$
	A 1-3	7	90	$102 \pm 1,8$	$98 \pm 2,7$
	A 1-4	7	110	$95 \pm 0,0$	$100 \pm 0,0$
	A 2-1	9	50	$120 \pm 2,1$	$106 \pm 2,2$
	A 2-2	9	70	$106 \pm 1,4$	$107 \pm 2,7$
	A 2-3	9	90	$100 \pm 0,0$	$109 \pm 2,2$
	A 2-4	9	110	$92 \pm 1,4$	$114 \pm 1,1$
	A 3-1	11	50	$116 \pm 1,1$	$115 \pm 0,0$
	A 3-2	11	70	$105 \pm 0,0$	$116 \pm 2,2$
	A 3-3	11	90	$98 \pm 2,1$	$119 \pm 2,2$
	A 3-4	11	110	$90 \pm 0,0$	$121 \pm 2,2$
С рапорт прокладання футерної нитки $1X_2$	C 1-1	7	50	$130 \pm 2,7$	$99 \pm 2,2$
	C 1-2	7	70	$118 \pm 1,8$	$102 \pm 2,7$
	C 1-3	7	90	$105 \pm 0,0$	$104 \pm 2,2$
	C 1-4	7	110	$97 \pm 2,1$	$105 \pm 0,0$
	C 2-1	9	50	$128 \pm 2,5$	$110 \pm 0,0$
	C 2-2	9	70	$117 \pm 2,1$	$115 \pm 3,5$
	C 2-3	9	90	$103 \pm 1,1$	$116 \pm 2,2$
	C 2-4	9	110	$97 \pm 2,1$	$118 \pm 2,7$
	C 3-1	11	50	$126 \pm 1,1$	$122 \pm 2,7$
	C 3-2	11	70	$115 \pm 2,5$	$124 \pm 2,2$
	C 3-3	11	90	$103 \pm 1,1$	$127 \pm 2,2$
	C 3-4	11	110	$98 \pm 1,8$	$129 \pm 2,2$

Що стосується щільності трикотажу по уздовж полотна, то маємо протилежну залежність. Визначальним параметром для кількості петельних рядів у 100 мм є щільність переплетення ґрунту (X_1): збільшення значення з 7 до 11 призводить до зростання щільності полотна на 20-25%. Ця тенденція також зберігається при усіх рівнях швидкості подачі футерної нитки та обох варіантах рапорту її прокладання. Слід звернути увагу, що швидкість подачі футерної нитки (X_2) також впливає на досліджуваний показник, але цей вплив менш значний. Зміна параметру з 50 до 110 призводить до збільшення кількості петельних рядів у 100 мм на 5-10% залежно

від рапорту прокладання футерної нитки та рівня щільності переплетення ґрунту.

Кількість петельних рядів та стовпчиків у 100 мм полотна є опосередкованими показниками, які визначають розмірні характеристики майбутнього виробу. Так як в межах даного дослідження усі зразки трикотажу були виготовлені у вигляді трубок з однаковою кількістю петельних рядів на одному в'язальному автоматі, тобто на однаковій кількості голок, доцільним є порівняння ширини та довжини зразків. Результати дослідження представлені на діаграмах на рис. 2 та 3.

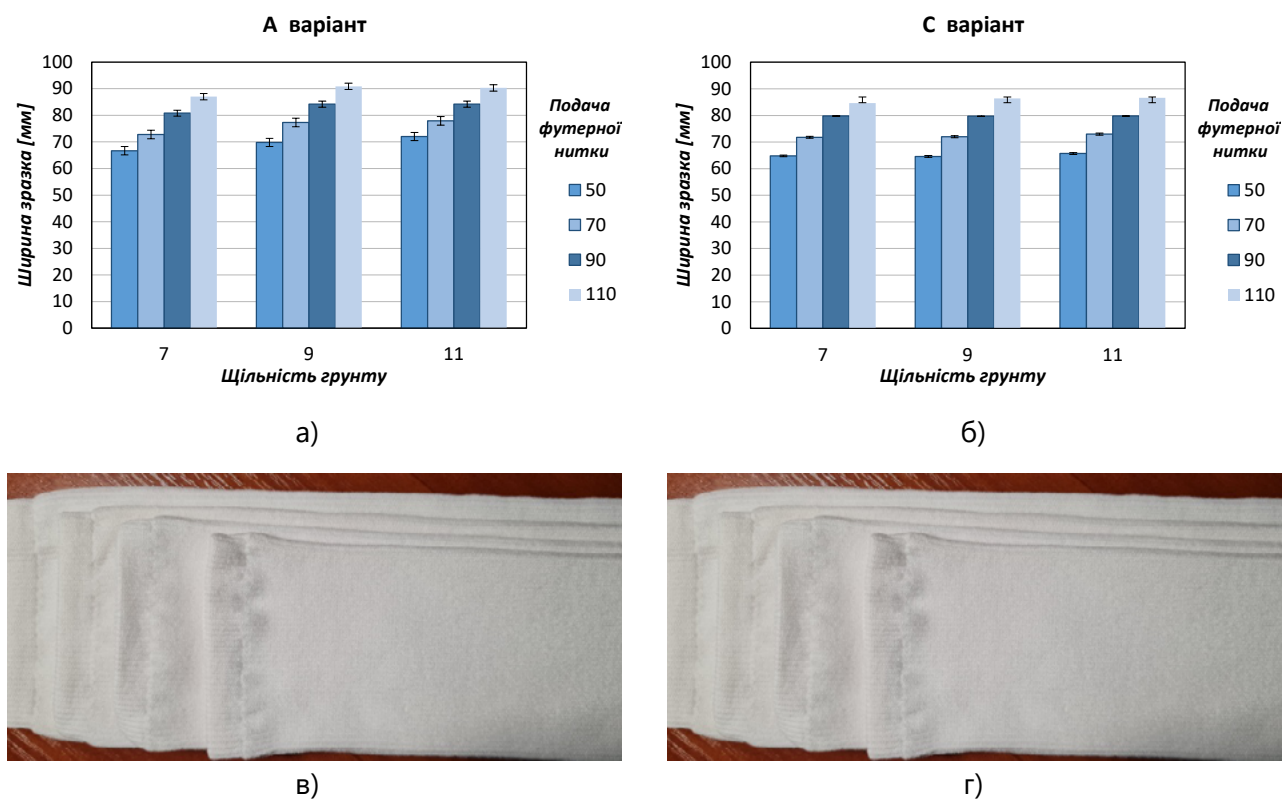


Рис. 2. Залежність ширини зразків від технологічних параметрів в'язання та фото зразків різної ширини:
а, в) – варіант А; б, г) – варіант С

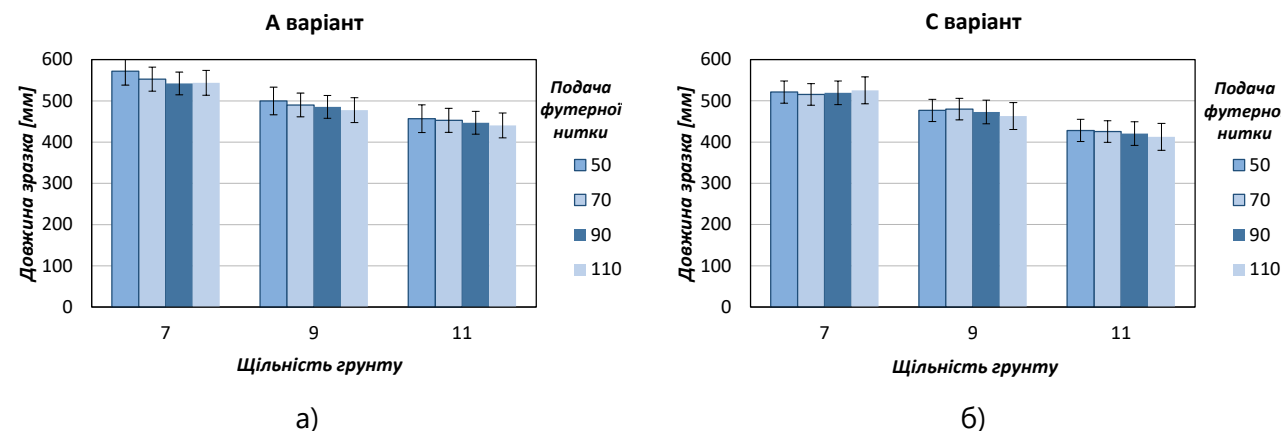


Рис. 3. Залежність довжини зразків від технологічних параметрів в'язання:
а) – варіант А; б) – варіант С

Результати дослідження демонструють наступні залежності:

- трикотаж варіанту А, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через одну голку, є ширшим та довшим за трикотаж варіанту С, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через дві голки, при однакових інших технологічних умовах;
- зміна щільності переплетення ґрунту (X_1) з 7 до 11 практично не впливає на ширину зразків полотна однак призводить до 20% зменшення їх довжини;
- зміна швидкості подачі футерної нитки (X_2) з 50 до 110 призводить до значного збільшення ширини трикотажу при незначному зменшенні довжини зразків.

Таким чином, отримані полотна кожного варіанту прокладання футерної нитки можуть бути згруповані на декілька груп за показником щільність переплетення ґрунту (X_1). В межах кожної такої групи щільність полотен по вертикалі (кількість петельних рядків у 100 мм) залишатиметься незмінною, а зразки відрізнятимуться за щільністю по горизонталі (кількість петельних стовпчиків у 100 мм), що відбивається на ширині виробу (рис.2.в). Чергування таких ділянок певної довжини призведе до формування майбутнього виробу визначеної форми.

Дослідження товщини розроблених трикотажних матеріалів показують, що трикотаж варіанту С, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через дві голки (рис. 4.6), є на 10-20% товщим за трикотаж

варіанту А, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через одну голку (рис. 4.а), при однакових інших технологічних умовах. Це є результатом більш сприятливих умов релаксації протяжок футерної нитки і формування незначного рельєфу ґрунтового переплетення з лицьової сторони полотна.

В результаті аналізу отриманих даних встановлено вплив на товщину полотна обох технологічних параметрів в'язання: збільшення щільності переплетення ґрунту (X_1) та швидкості подачі футерної нитки (X_2) призводить до зменшення товщини полотна обох варіантів прокладання футерної нитки. Товщина полотна варіанту А зменшується на 26-30%, а варіанту С – на 22-26%з при зростанні X_1 з 7 до 11, в той же час при зростанні X_2 з 50 до 110 зменшення товщини становить лише 6-7% для трикотажу варіанту А та 9-13% для трикотажу варіанту С. Таким чином у межах сформованих вище груп полотен значного коливання товщини не передбачається.

Важливим показником, який визначає матеріалоємність виробів є поверхнева густина полотна, результати дослідження якої зведено до таблиці 2 та наглядно проілюстровано на діаграмах. Очевидно, що поверхнева густина трикотажу варіанту С, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через дві голки (рис. 5.б), на 6-16% вища за поверхневу густину трикотажу варіанту А, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через одну голку (рис. 4.а), при однакових інших технологічних умовах. Це є результатом як більшої товщини полотен варіанту С так і їх вищої щільності (кількості петельних рядків та стовпчиків у 100 мм).

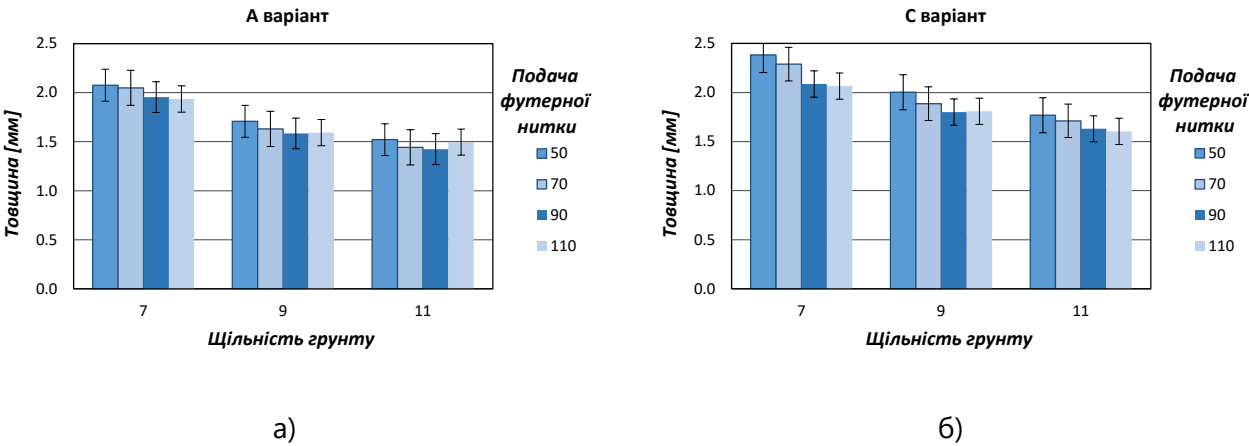


Рис. 4. Залежність товщини зразків від технологічних параметрів в'язання:
а) – варіант А; б) – варіант С

Таблиця 2.

Поверхнева густина еластичних трикотажних полотен

Код зразка	Поверхнева густина, г/м ²		Коефіцієнт варіації, CV%	Код зразка	Поверхнева густина, г/м ²		Коефіцієнт варіації, CV%
	середнє значення m _s	середньо-квадратичне відхилення, σ			середнє значення m _s	середньо-квадратичне відхилення, σ	
A 1-1	450.0	8.7	1.9	C 1-1	502.7	8.1	1.6
A 1-2	450.7	13.3	3.0	C 1-2	486.0	12.2	2.5
A 1-3	419.3	14.7	3.5	C 1-3	449.3	3.1	0.7
A 1-4	402.7	4.6	1.1	C 1-4	440.0	2.0	0.5
A 2-1	444.7	15.0	3.4	C 2-1	491.3	4.6	0.9
A 2-2	432.7	6.1	1.4	C 2-2	460.0	11.1	2.4
A 2-3	420.0	3.5	0.8	C 2-3	446.7	7.0	1.6
A 2-4	412.7	7.0	1.7	C 2-4	436.7	6.1	1.4
A 3-1	432.0	2.0	0.5	C 3-1	479.3	5.0	1.1
A 3-2	408.7	7.6	1.9	C 3-2	474.7	1.2	0.2
A 3-3	403.3	1.2	0.3	C 3-3	464.0	8.7	1.9
A 3-4	408.0	11.1	2.7	C 3-4	449.3	4.2	0.9

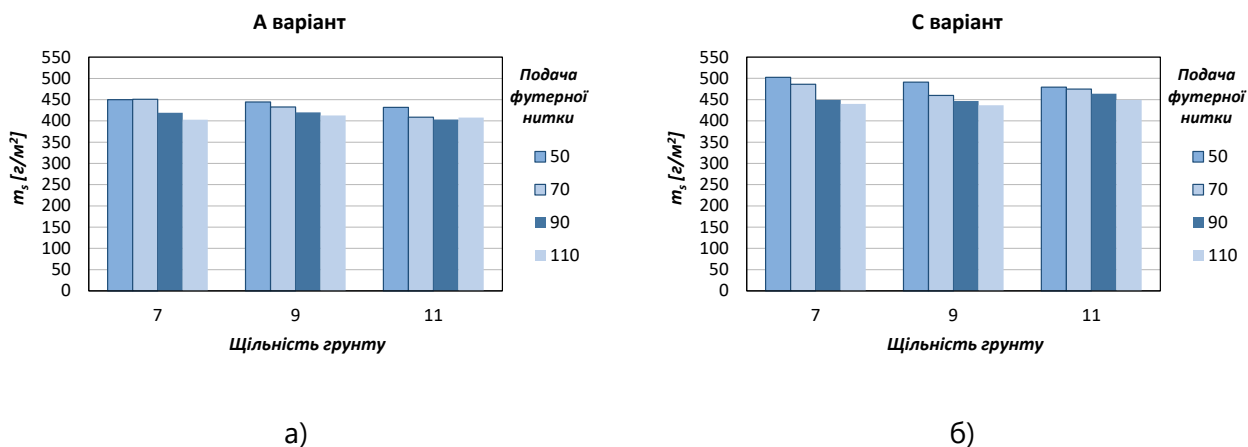


Рис. 5. Залежність поверхневої густини зразків від технологічних параметрів в'язання:

а) – варіант А; б) – варіант С

Слід звернути увагу, що серед технологічних умов визначальною для поверхневої густини є швидкість подачі футерної нитки, зростання якої призводить до зменшення кількості петельних стовпчиків у 100 мм, а відповідно до незначного розрідження полотна, що відбивається у зниженні поверхневої густини на 5-10% у полотна варіанту А та на 6-12% у полотна варіанту С.

Висновки. Розробка удосконалених

компресійних виробів реабілітаційного призначення потребує створення трикотажних матеріалів, які забезпечуватимуть необхідний рівень градуйованого тиску на різних ділянках. Для цього в межах даної роботи було виготовлено трикотажні матеріали футерованого переплетення на базі платированої гладі, в якому футерну нитку прокладали у вигляді пресових накидів за рапортом. Для забезпечення компресійних властивостей майбутніх виробів еластомерну

нитку 2,2 текс, яка обкручена поліамідною ниткою 4,4 текс, використали як ґрунтову і як футерну.

За результатами досліджень характеристик структури та фізичних властивостей еластичних полотен встановлено наступне:

- рапорт прокладання футерної нитки має визначальний вплив на усі досліджувані показники: трикотаж варіанту С, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через дві голки, є щільнішим на 8-10 %, вужчим на 5-9 % та коротшим на 3-9 %, товщим на 10-20 % та важчим на 6-16 % за трикотаж варіанту А, в якому футерну нитку прокладали у вигляді накидів через голку, при однакових інших технологічних умовах;

- встановлена на машині щільність переплетення ґрунту (X1) має суттєвий вплив на кількість петельних рядів у 100 мм, а отже і на довжину зразка, а також на його товщину: зміна встановленого значення параметру з 7 до 11 призводить до зростання на 20-25% кількості петельних рядів у 100 мм та зменшення на 22-30% товщини трикотажу;

- швидкість подачі футерної нитки (X2) має суттєвий вплив на кількість петельних стовпчиків у 100 мм, а отже є визначальним параметром ширини отриманого трикотажу: зміна параметру з 50 до 110 призводить до зменшення майже на 30% кількості петельних стовпчиків у 100 мм.

Список використаної літератури

1. Rimaud D. Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics / Rimaud D., Messonnier L., Castells J., Devillard X., Calmels P. // Eur J Appl Physiol. – 2010. – 110(2). P. 425-33. DOI: 10.1007/s00421-010-1503-x. Epub 2010 May 30. PMID: 20512586.
2. Mikucioniene, D. Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs / Mikucioniene, D.; Halavska, L.; Laureckiene, G.; Melnyk, L.; Arabuli, S.; Milašius, R. // Fibers. – 2024. – 12. – P. 80. <https://doi.org/10.3390/fib12100080>
3. Macovei L., Comandar C., Crey V. Compressive Knitted Fabrics for Special Destination / Proceedings book. 15th Romanian Textiles and Leather Conference - Cortep 2014 (4 - 6 September 2014). - Poiana Braşov, Romania. - P. 280-286. https://www.cortep.tuiasi.ro/cortep2018/doc/previous_proceedings/CORTEP_2016.pdf
4. Гурев С.О. Ампутації кінцівок в наслідок сучасних бойових дій, клініко-

Таким чином, в межах одного варіанту переплетення (рапорту прокладання футерної нитки) розроблені полотна можна розділити на три групи по чотири варіанти полотна в кожній. В межах кожної групи полотна мають майже однакову щільність по вертикалі (кількість петельних рядів у 100 мм), але відрізняються за щільністю по горизонталі (кількістю стовпчиків у 100 мм). Для виготовлення компресійного виробу рекомендовано використовувати полотна однієї групи: змінюючи лише швидкість подачі футерної нитки можна варіювати ширину виробу.

Для подальшої розробки компресійного виробу, який забезпечить терапевтичний ефект та матиме високий рівень комфорту необхідно провести дослідження розтяжності полотен різних груп та їх термофізичних властивостей.

Подяки. Роботу виконано у межах реалізації спільного українсько-німецького науково-дослідного проєкту «Цифровізація розроблення новітніх реабілітаційних виробів для людей з особливими потребами (після ампутації кінцівки) DIGARE», що фінансується Міністерством освіти і науки України (номер державної реєстрації проєкту 0124U002680) та Федеральним міністерством освіти та досліджень Німеччини (номер державної реєстрації проєкту 01DK24017)

References

1. Rimaud, D., Messonnier, L., Castells, J., Devillard, X., Calmels, P. (2010). Effects of compression stockings during exercise and recovery on blood lactate kinetics. Eur J Appl Physiol, Sep;110(2), 425-33. DOI: 10.1007/s00421-010-1503-x. Epub 2010 May 30. PMID: 20512586.
2. Mikucioniene, D., Halavska, L., Laureckiene, G., Melnyk, L., Arabuli, S., Milašius, R. (2024). Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs. Fibers , 12, 80. <https://doi.org/10.3390/fib12100080>
3. Macovei L., Comandar C., Crey V. Compressive Knitted Fabrics for Special Destination. Proceedings book. 15th Romanian Textiles and Leather Conference - Cortep 2014 (4 - 6 September 2014). (p.p. 280-286). Poiana Braşov, Romania. https://www.cortep.tuiasi.ro/cortep2018/doc/previous_proceedings/CORTEP_2016.pdf
4. Huriev, S.O., Lysun, D.M., Kushnir, V.A., Kurachenko, I.P. (2018). Amputatsii kintsivok v naslidok suchasnykh boiovykh dii, kliniko-

анатомічний аспект / Гурев С.О., Лисун Д.М., Кушнір В.А., Кураченко І.П. // Український науково-медичний молодіжний журнал. - 2018. - №3-3(108). - С. 34-37. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Unmmj_2018_3-4_8

5. Салєєва А.Д., Аврунін О.Г., Литвиненко О.М. та ін. Конструювання та технології виготовлення протезів верхніх кінцівок: навч. посіб. / Салєєва А.Д., Аврунін О.Г., Литвиненко О.М., Скрипка О.Г., Белєвцова Л.О., Трофименко Т.О., Істоміна О.С., Селіванова К.Г. - Харків: ХНУРЕ, 2023. - 226 с.

6. Lattimer C.R. Quantifying the degree graduated elastic compression stockings enhance venous emptying / Lattimer CR, Kalodiki E, Kafeza M, Azzam M, Geroulakos G. // Eur J Vasc Endovasc Surg. – 2014. - Jan; 47(1). – P. 75-80. DOI: 10.1016/j.ejvs.2013.10.020. Epub 2013 Oct 30. PMID: 24268516.

7. Robertson B.F., Thomson C.H., Siddiqui H. Side effects of compression stockings: a case report / Robertson B.F., Thomson C.H., Siddiqui H // Br J Gen Pract. – 2014. - Jun; 64(623). 316-7. DOI: 10.3399/bjgp14X680341. PMID: 24868067; PMCID: PMC4032012.

8. Troynikov O. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports / Troynikov O., Ashayeri E., Burton M., Subic A., Alam F., Marteau S. // Procedia Engineering. 2010. - 2(2). - P. 2823-2829. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.073>

9. Liu R. Determination of leg cross-sectional curvatures and application in pressure prediction for lower body compression garments / Liu R., Liu J., Lao T., Ying M., Wu X. // Textile Research Journal. – 2018. - 89(10). – P. 1835-1852. DOI:10.1177/0040517518779246

10. Колосніченко М.В. Ергономіка і дизайн. Проектування сучасних видів одягу: Навчальний посібник. / М.В. Колосніченко, Л.І. Зубкова, К.Л. Пашкевич, Т.О., Полька, Н.В. Остапенко, І.В. Васильєва, О.В. Колосніченко. – К.: ПП «НБЦ «Профі», 2014. 386с.

11. Rabe E. Medical compression therapy of the extremities with medical compression stockings (MCS), phlebological compression bandages (PCB), and medical adaptive compression systems (MAC) : S2k guideline of the German Phlebology Society (DGP) in cooperation with the following professional associations: DDG, DGA, DGG, GDL, DGL, BVP / Rabe E., Földi E., Gerlach H., Jünger M., Lulay G., Miller A., Protz K., Reich-Schupke S., Schwarz T., Stücker M., Valesky E., Pannier F. // Hautarzt. – 2021. - Dec;72(Suppl 2). – P. 37-50. DOI: 10.1007/s00105-020-04734-9. Epub 2021 Jan 1. PMID: 33386416; PMCID: PMC8692288.

12. Lozo M. The Structure and Compression of Medical Compression Stockings / Lozo, M., Penava, Ž., Lovričević, I. and Vrljičak, Z. // Materials (Basel, Switzerland). – 2022. -

anatomichnyi aspekt [Amputation of Extremities Due to Modern Combat Operations, Clinical Anatomical Aspect]. Ukrainian Scientific Medical Youth Journal - Ukrainian Scientific Medical Youth Journal, Vol. 3(108), 34-37 [in Ukraine]. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Unmmj_2018_3-4_8

5. Salieieva, A.D., Avrunin, O.H., Lytvynenko, O.M., Skrypka, O.H., Bielievtsova, L.O., Trofymenko, T.O., Istomina, O.S., & Selivanova, K.H. (2023). Konstruiuvannia ta tekhnolohii vyhotovlennia proteziv verkhnikh kintsivok: navch. posib. [Design and manufacturing technologies of upper limb prostheses: a training manual]. Kharkiv: HNURE [in Ukraine].

6. Lattimer, C.R., Kalodiki, E., Kafeza, M., Azzam, M., Geroulakos, G. (2014). Quantifying the degree graduated elastic compression stockings enhance venous emptying. Eur J Vasc Endovasc Surg, Jan 47(1), 75-80. DOI: 10.1016/j.ejvs.2013.10.020. Epub 2013 Oct 30. PMID: 24268516.

7. Robertson, B.F., Thomson, C.H., Siddiqui, H. (2014). Side effects of compression stockings: a case report. Br J Gen Pract, Jun 64(623), 316-7. DOI: 10.3399/bjgp14X680341. PMID: 24868067; PMCID: PMC4032012.

8. Troynikov, O., Ashayeri, E., Burton, M., Subic, A., Alam, F., & Marteau, S. (2010). Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports. Procedia Engineering, 2(2), 2823-2829. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.04.073>

9. Liu, R., Liu, J., Lao, T.T., Ying, M., Wu, X. (2018). Determination of leg cross-sectional curvatures and application in pressure prediction for lower body compression garments. Textile Research Journal, 89(10), 1835-1852. DOI:10.1177/0040517518779246

10. KolosnIchenko, M.V., Zubkova, L.I., Pashkevich, K.L., Polka, T.O., Ostapenko, N.V., Vasileva, I.V., & KolosnIchenko, O.V. (2014). Ergonomika i dizayn. Proektuvannya suchasniy vydiv odyagu: Navchalnyi posibnyk [Ergonomics and Design. Designing Modern Clothing: A Textbook]. – Kyiv: PP «NVTs «Profi» [in Ukraine].

11. Rabe, E., Rabe, E., Földi, E., Gerlach, H., Jünger, M., Lulay, G., Miller, A., Protz, K., Reich-Schupke, S., Schwarz, T., Stücker, M., Valesky, E., Pannier, F. (2021). Medical compression therapy of the extremities with medical compression stockings (MCS), phlebological compression bandages (PCB), and medical adaptive compression systems (MAC) : S2k guideline of the German Phlebology Society (DGP) in cooperation with the following professional associations: DDG, DGA, DGG, GDL, DGL, BVP. Hautarzt, Dec 72(Suppl 2), 37-50. DOI: 10.1007/s00105-020-04734-9. Epub 2021 Jan 1. PMID: 33386416; PMCID: PMC8692288.

12. Lozo, M., Penava, Ž., Lovričević, I. and Vrljičak, Z. (2022). The Structure and

vol. 15 (1). – P. 353. <https://doi.org/10.3390/ma15010353>

13. Reich-Schupke S. Round-knit or flat-knit compression garments for maintenance therapy of lymphedema of the leg? - Review of the literature and technical data. / Reich-Schupke S., Stücker M. // J Dtsch Dermatol Ges. – 2019. - Aug;17(8). – P. 775-784. DOI: 10.1111/ddg.13895. Epub 2019 Jul 15. PMID: 31305013.

14. Liu R. A critical review on compression textiles for compression therapy: Textile-based compression interventions for chronic venous insufficiency. / Liu R., Guo X., Lao T.T., Little T. A. // Text. Res. J. – 2017. – 87. P. 1121–1141. DOI: 10.1177/0040517516646041

15. Alisauskiene D. Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. / Alisauskiene D., Mikucioniene D. // Materials Science-Medziagotyra. – 2014. - 20(3). – P. 311-314. DOI: 10.5755/j01.ms.20.3.4048

16. Chattopadhyay R. Effect of input tension of inlay yarn on the characteristics of knitted circular stretch fabrics and pressure generation / Chattopadhyay R., Gupta D., Bera M. // The Journal of The Textile Institute. – 2012. – 103 (6). – P. 636-642. <https://doi.org/10.1080/00405000.2012.665237>

17. Tezel S. Experimental Investigation of Effects of Spandex Brand and Tightness Factor on Dimensional and Physical Properties of Cotton/Spandex Single Jersey Fabrics / Tezel S., Kavusturan Y. // Textile Research Journal. – 2008. -78 (11). – P. 966 – 976. <http://dx.doi.org/10.1177/0040517507087685>

18. Yu S. Biomedical therapeutic compression textiles: Physical-mechanical property analysis to precise pressure management. / Yu S., Rong L., Jingyun L., Chongyang Y. // Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials. – 2024. – Volume 151. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106392>.

19. Салєєва А.Д. Конструювання та технології виготовлення протезів верхніх кінцівок: навч. посіб. / А.Д. Салєєва, О.Г. Аврунїн, О.М. Литвиненко, О.Г. Скрипка, Л.О. Бєлєвцова, Т.О. Трофименко, О.С. Істоміна, К.Г. Сєліванова. - Харків: ХНУРЕ, 2023. - 226 с.

20. ISO 139:2005 Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing.

21. EN 14971:2006 Textiles – Knitted fabrics – Determination of the number of stitches per unit length and unit area.

22. ISO 5084:1996 Textiles — Determination of thickness of textiles and textile products.

23. EN 12127:1997 Textiles – Fabrics – Determination of mass per unit area using small samples.

Compression of Medical Compression Stockings. Materials (Basel, Switzerland), vol. 15 (1), 353. <https://doi.org/10.3390/ma15010353>

13. Reich-Schupke, S. and Stücker, M. (2019). Round-knit or flat-knit compression garments for maintenance therapy of lymphedema of the leg? - Review of the literature and technical data. J Dtsch Dermatol Ges, vol. 17 (8), 775-784. DOI: 10.1111/ddg.13895.. Epub 2019 Jul 15. PMID: 31305013

14. Liu, R., Guo, X., Lao, T.T., Little, T. (2017). A Critical review on compression textiles for compression therapy: Textile-based compression interventions for chronic venous insufficiency. Text. Res. J. , 87, 1121–1141. DOI: 10.1177/0040517516646041

15. Alisauskiene, D., Mikucioniene, D. (2014). Prediction of Compression of Knitted Orthopaedic Supports by Inlay-Yarn Properties. Materials Science-Medziagotyra, 20(3), 311-314. DOI: 10.5755/j01.ms.20.3.4048

16. Chattopadhyay, R., Gupta, D. & Bera M. (2011). Effect of input tension of inlay yarn on the characteristics of knitted circular stretch fabrics and pressure generation. The Journal of The Textile Institute, 103 (6), 636-642. <https://doi.org/10.1080/00405000.2012.665237>.

17. 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), 966–976. <http://dx.doi.org/10.1177/0040517507087685>

18. Yu, S., Rong, L., Jingyun, L., Chongyang, Y. (2024). Biomedical therapeutic compression textiles: Physical-mechanical property analysis to precise pressure management. Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials, Volume 151. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106392>.

19. Saleeva, A.D., Avrunin, O.G., Litvinenko, O.M., Skripka, O.G., Belevtsova, L.O., Trofimenko, T.O., Istomina, O.S., Selivanova, K.G. (2023). Konstruyuvannya ta tehnologiyi vygotovlennya proteziv verhnih kintsivok: navch. posib. [Design and manufacturing technologies of upper limb prostheses: a training manual]. Harkiv: HNURE [in Ukraine].

20. ISO 139:2005 Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing

21. EN 14971:2006 Textiles – Knitted fabrics – Determination of the number of stitches per unit length and unit area

22. ISO 5084:1996 Textiles — Determination of thickness of textiles and textile products

23. EN 12127:1997 Textiles – Fabrics – Determination of mass per unit area using small samples