

ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ ТА ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 677.075:620.17:[687.254: 615.477.2

DOI <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2024.3.21>

Л. Є. ГАЛАВСЬКА

доктор технічних наук, професор
Київський національний університет технологій та дизайну
ORCID: 0000-0002-6994-6641

І. О. ДУДНИК

магістрантка кафедри технології моди
Київський національний університет технологій та дизайну
ORCID: 0009-0008-0927-395X

А. Т. АРАБУЛІ

кандидат технічних наук, доцент
Київський національний університет технологій та дизайну
ORCID: 0000-0002-2583-4998

Д. І. КОЛЬЧИК

аспірант кафедри технології моди
Київський національний університет технологій та дизайну
ORCID: 0009-0008-0927-395X

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

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 культі. Медичний текстиль для догляду за ампутованою кінцівкою у післяопераційний період, на етапі реабілітації та підготовки до протезування відіграє важливу роль у ефективній корекції формування культі. 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.

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 круглопанчіному 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

Doctor of Technical Sciences, Professor
Kyiv National University of Technologies and Design
ORCID: 0000-0002-6994-6641

I. O. DUDNYK

Master's Student at the Department of Fashion Technology
Kyiv National University of Technologies and Design
ORCID: 0009-0008-0927-395X

A. T. ARABULI

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Kyiv National University of Technologies and Design
ORCID: 0000-0002-2583-4998

D. I. KOLCHYK

Postgraduate Student at the Department of Fashion Technology
Kyiv National University of Technologies and Design
ORCID: 0009-0008-0927-395X

STUDY OF THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL FACTORS 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, a structure of a tubular knitted material with an elastomeric yarn arrangement in the soil structure was developed in the form of a tuck stitch and float stitch with a 1+1 and 1+3 laying report. 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 the introduction of 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.

Key words: *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 [10-12]. Компресійні трикотажні вироби замкнутого контуру зазвичай

виготовляють на круглов'язальному обладнанні малого діаметру з використанням принаймні двох систем ниток: ниток ґрунту 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 чохла для культі.

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 культі. Аналіз різноманітних компресійних чохла для ампутованих кінцівок наведено у роботі [3].

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 [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, 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 [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 основов'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.

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. Грунт 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 еластаним 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 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 (чохла 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 50×200 мм відповідно з розташуванням у напрямку петельних рядів та петельних стовпчиків. Затискна довжина складала 100 мм. Час навантаження складав 60 хв., час релаксації деформації – 60 хв. У таблиці 1 наведені параметри структури розроблених зразків трикотажних матеріалів, які вже нами охарактеризовані у попередньому дослідженні [3].

Таблиця 1

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, т, 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+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 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 не більше 4%.

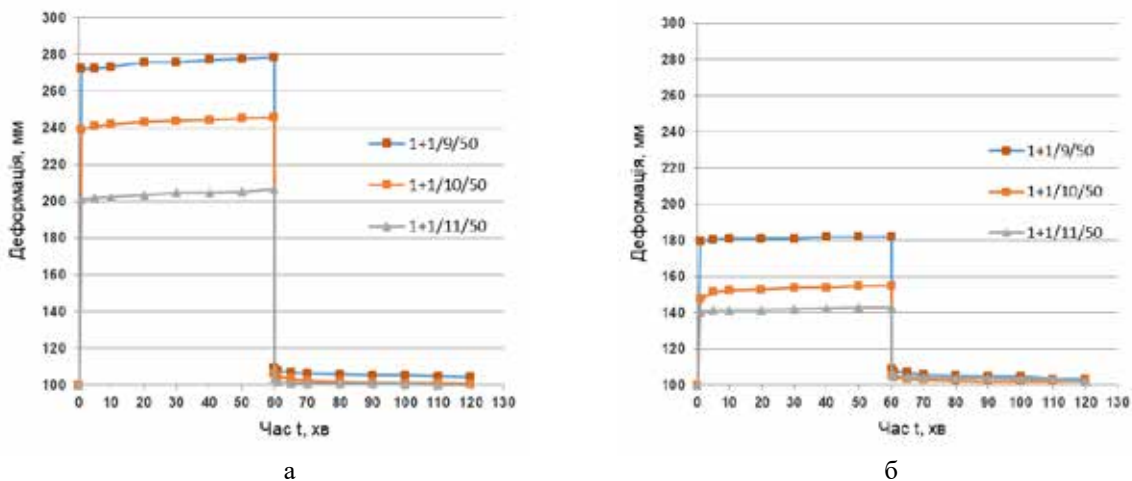


Рис. 1. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв: а – вздовж петельного ряду; б – вздовж петельного стовпчика

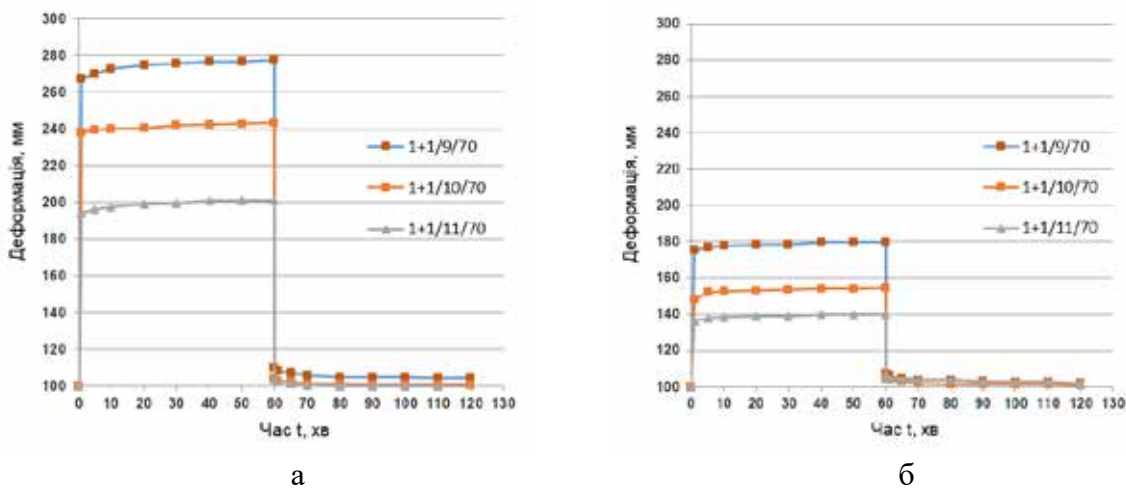


Рис. 2. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв

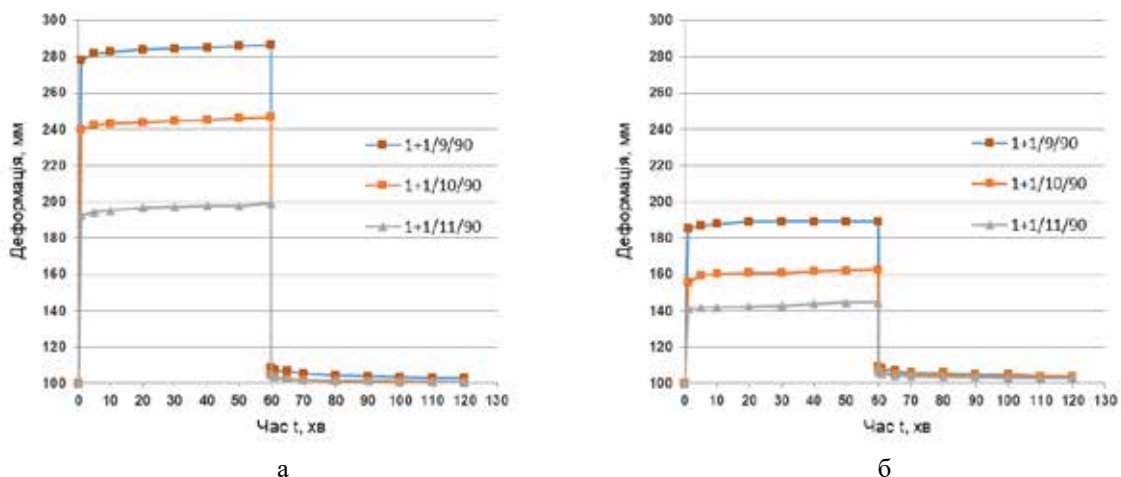


Рис. 3. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв

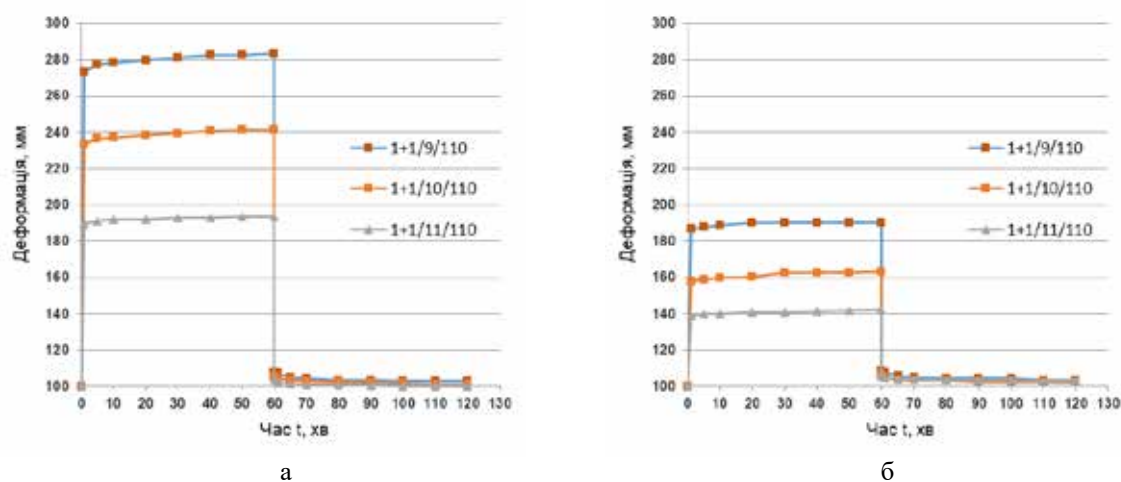


Рис. 4. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+1 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв

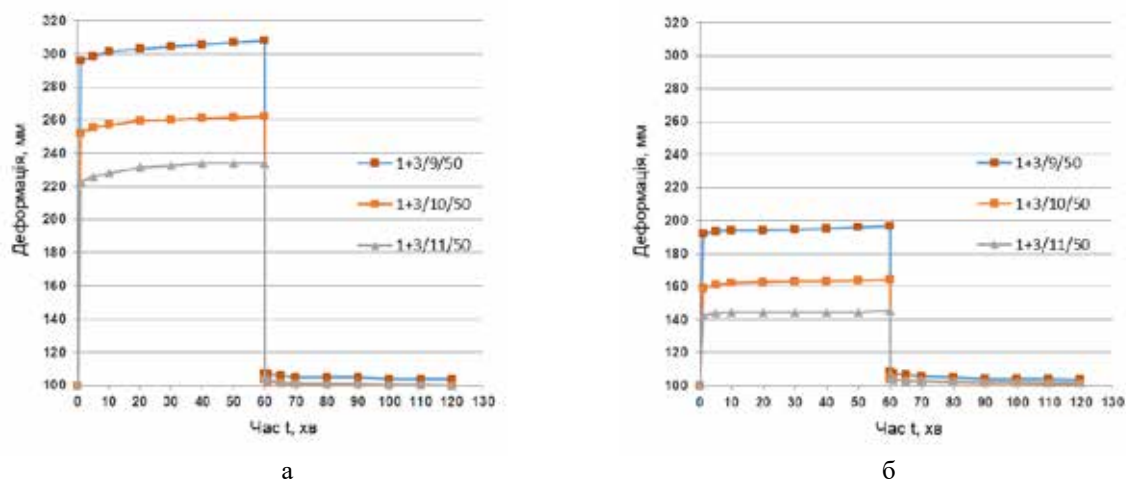


Рис. 5. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 50 об/хв

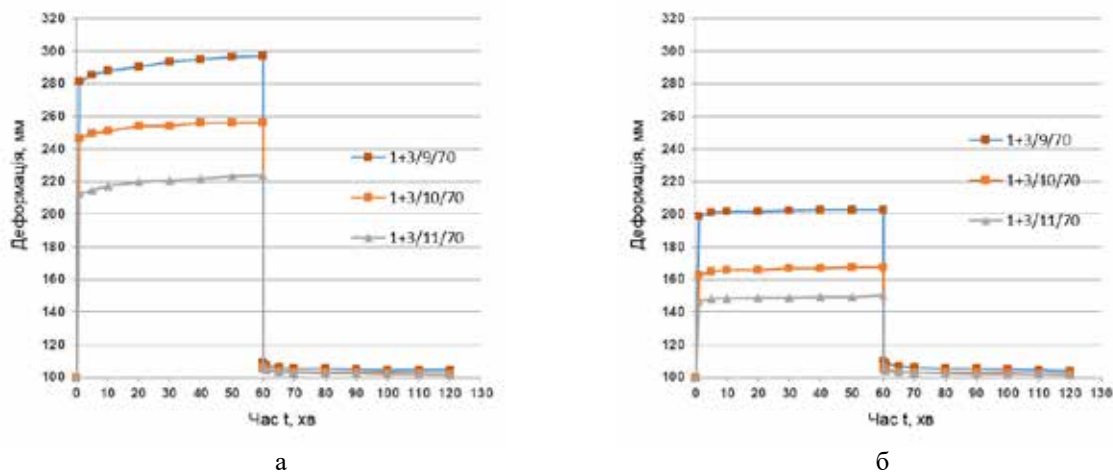


Рис. 6. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 70 об/хв

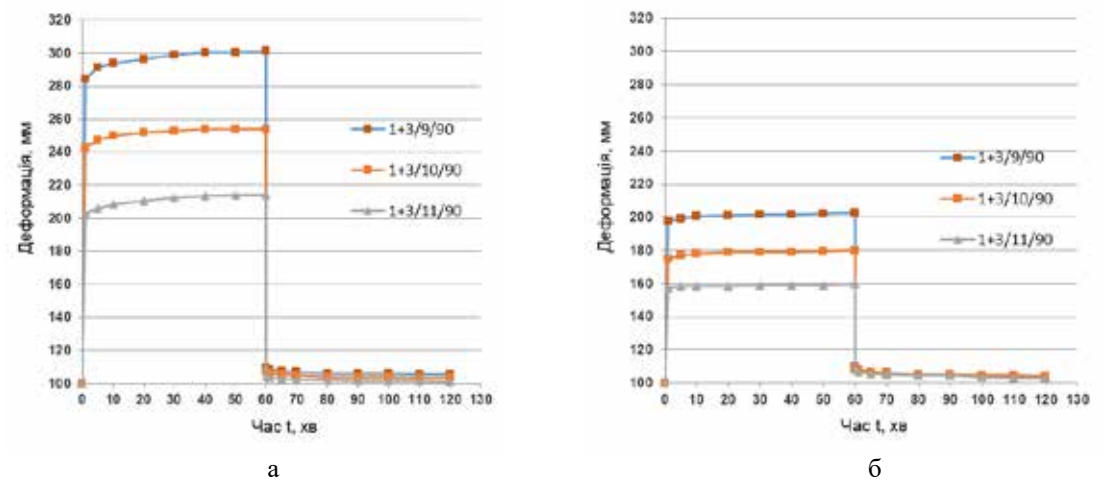


Рис. 7. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 90 об/хв

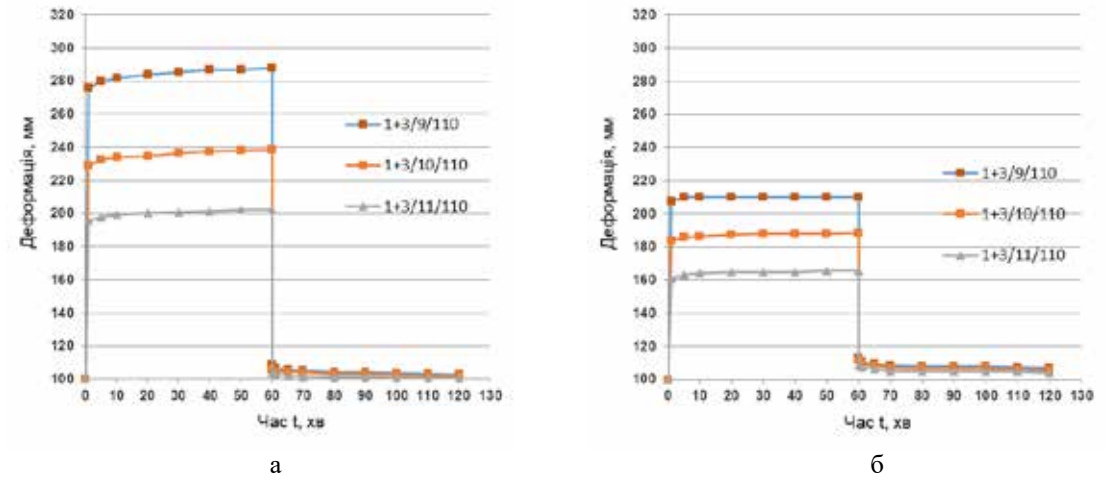


Рис. 8. Графіки деформації-релаксації деформації трикотажного матеріалу, виробленого з рапортом прокладання еластомерної нитки 1+3 за швидкості обертання колеса, що подає еластомерну нитку 110 об/хв

Як видно з графіків, наведених на рис. 1–8, 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 розтягності 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.

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 кульгів 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 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.

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.

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.; Milasius, 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.; Milasius, R. Development of Knitted Compression Covers for Amputated Limbs: A Review. *Fibers* 2024, 12(10), 80. <https://doi.org/10.3390/fib1210080>
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/10.1177/004051751666460>
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), 108–114. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14569>
15. Єліна, Т. В., & Галавська, Л. Є. (2020). Проєктування виробів трубочастої форми з урахуванням деформаційних властивостей трикотажу. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки.* (6), 168–174. <https://er.knutd.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 Gumtex. *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.knutd.edu.ua/handle/123456789/14829>

References

1. Tsema, E.V.; Khomenko, I.P.; Bspalenko, 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.; Mikucionienė, 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. Mikucionienė, D.; Halavska, L.; Melnyk, L.; Milašius, R.; Laureckienė, 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. Mikucionienė, D.; Halavska, L.; Laureckienė, 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). Vlastyvosti trykotazhnykh materialiv dlia kompresiinykh 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 vlastyvostei 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., Obukhevych, S. A. (2019). Porivniannia metodiv vyznachennia roztiazhnosti elastychnoho trykotazhu. *Fashion Industry,* (1), 48-54. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/14829>