

О. П. КИЗИМЧУК, Л. М. МЕЛЬНИК, О. А. БОГУНОВА

Київський національний університет технологій та дизайну

ДОСЛІДЖЕННЯ ТИСКУ ЕЛАСТИЧНОГО ОСНОВОВ'ЯЗАНОГО ТРИКОТАЖУ

Мета роботи полягає у дослідженні тиску, який створює еластичний основов'язаний трикотаж на тіло людини та встановлення його залежності від параметрів в'язання та умов експлуатації виробу. В результаті реалізації двофакторного експерименту виявлено, що найбільший вплив на параметри структури має лінійна густина поперечної утокової нитки, а показник тиску полотна на тіло людини залежить від попереднього видовження еластомерної нитки, а також від видовження полотна та діаметру кривизни поверхні охоплення. Отримані в результаті дослідження рівняння регресії, які адекватно описують залежність параметрів структури полотна від кількості ниток у поперечному утоку та попереднього видовження еластомерної нитки, дозволяють на етапі проектування полотна прогнозувати їхні властивості з урахуванням рівня тиску, який буде створювати трикотаж на тіло при різних умовах експлуатації виробу.

Ключові слова: еластичне полотно, основов'язання, утокове переплетення, параметри структури, тиск на тіло, подовження.

O. P. KYZYMCHUK, L. M. MELNYK, O. A. BOGUNOVA

Kyiv National University of Technologies and Design

INVESTIGATION OF PRESSURE OF ELASTIC WARP KNITTED FABRIC

The purpose of the work is to study the pressure of an elastic warp knitted fabric on the human body and to establish its dependence on the knitting parameters and the conditions of the product operation. An elastic warp knitted fabric is the subject of the study. The 15 gauge crochet knitting machine was used for its production. The 16.7 tex polyester yarn are used for ground interlooping "chain". The polyurethane thread of 0,8 mm diameter is laid longwise in each wale. The 33.4 tex polyester thread by 2, 3 or 4 ends are used as weft filling-in yarn to ensure the covering of polyurethane. The study of structural parameters of the elastic warp knitted fabric was conducted by standard methods according to the current scientific and technical documentation. MST pressure measuring device by SWISSLASTIC AG is used for the investigation of product pressure on the human body respectively to RAL-GZ 387/1. The experimental data was processing by mathematical statistics methods. The two-factor experiment has been planned and carried-out during this study. The linear density of the weft filling-in thread and the pre-elongation of warp filling-in elastomeric threads were chosen as input factors. As a result of the experiment, it was found that the linear density of the weft filling-in thread has the greatest influence on the structural parameters and pre-elongation of warp filling-in elastomeric threads has an influence on the value of the fabric pressure on the human body. Additional two-factor experiment has been planned and carried-out to study dependences the fabric pressure on both: the fabric extension and the curvature diameter of the coverage surface. The regression equations that adequately describe the dependences of the structural parameters on the number of threads in the weft filling-in yarn and on the pre-elongation of the elastomeric thread have been established during the study. They allow to predict fabric properties at the design stage, taking into account the pressure level on the body and different conditions of the product operating.

Keywords: elastic fabric, warp knitting, filling-in structure, structural parameters, pressure garment, elongation.

Сучасний підхід до проектування систем «фігура – компресійний одяг» з використанням тривимірних технологій включає моделювання обох елементів і розрахунок розгортки одягу. Зміна морфології і пластики тіла під впливом компресійного одягу залежатиме, перш за все, від тиску, який він спричиняє. В усіх випадках під впливом тиску буде відбуватися здавлювання і переміщення м'яких тканин (так званий ефект «пуш-ап»), зменшення охоплюваних розмірних ознак, а досягнення бажаного ефекту від компресійного одягу залежатиме від характеристик матеріалу, який використовують. Під час його вибору потрібно враховувати здатність створювати компресійний тиск, відповідність діапазонів допустимого здавлювання і зміщення підшкірної жирової і, можливо, м'язової тканин. Таким чином, необхідний результат компресійного впливу є наслідком правильного вибору матеріалу залежно від призначення одягу, величини тиску, який вона чинить на тіло, та ефекту корекції.

Компресійний одяг з розтяжних матеріалів знаходить застосування в медицині для корекції пластики фігур, регуляції венозного кровотоку і поліпшення якості життя після операцій (тиск одягу – 1,3–8,0 кПа [1, 2]), в спорті – для створення умов, що дозволяють поліпшити спортивні результати (тиск одягу – 0,65–2,4 кПа [3]). Корекційну білизну застосовують для утягування підшкірної жирової тканини і перерозподілу обсягу грудних залоз, талії і стегон (тиск одягу – 0,65–4,0 кПа [4]). Спортивний компресійний одяг призначений для впливу на м'язові тканини і може бути комбінованим (повноростовий з рукавами або без них, до рівня щиколоток, до рівня колін, до верхньої частини стегна або у вигляді закритого купальника); роздільним (легінси, шорти, плавки, джемпер, T-shirt, укорочений облягаючий ліф). У повсякденному одязі для забезпечення вимог комфорту та гігієни застосовують тиск 0,4–1,3 кПа [5]. Таким чином, діапазон значень тиску для компресійних виробів становить 0,4–8,0 кПа. Вплив менше 0,4 кПа вважається малим і не вважається компресійним.

За існуючою класифікацією матеріали поділяють на групи розтяжності, вимірюваної при навантаженні 60 Н / м: до першої групи відносять матеріали, відносно подовження яких менше 40 %, другої – 40–100 %, третьої – понад 100 %. Така класифікація заснована тільки на одному показнику і не може бути використана для прогнозування компресійних властивостей, оскільки більшість матеріалів, вплив яких можна розглядати як компресійний, потрапляють в першу групу розтяжності [6]. В той же час розтяжність

еластичного основов'язаного полотна, що використовують для виготовлення лікувально-профілактичних виробів, регламентована нормативною документацією [7] і повинна бути не менше 80 %. Дослідження показників розтяжності еластичного основов'язаного трикотажу утокового переплетення на базі переплетення ланцюжок показали [8], що показник змінюється в широких межах від 100 до 135 %, тобто такі полотна можна віднести до третьої групи розтяжності.

Метою роботи є дослідження тиску, який створює еластичний основов'язаний трикотаж на тіло людини та встановлення його залежності від параметрів в'язання (лінійної густини поперечного утоку та попереднього видовження еластомерної нитки) та умов експлуатації виробу (видовження полотна та кривизна поверхні, яку він охоплює).

Предметом дослідження є еластичний основов'язаний трикотаж утокового переплетення, виготовлений на машині 15 класу. Переплетенням ґрунту є ланцюжок, для якого використано поліефірну нитку лінійною густиною 16,7 текс. Поліуретанова нитка діаметром 0,8 мм прокладається у вигляді повздовжнього утоку в кожному петельному стовпчику. Для забезпечення поєднання ланцюжків в полотно та перекривання поліуретанової нитки застосовують поперечні утокові нитки, які прокладають з обох боків на всю ширину полотна. Як утокову використано поліефірну нитку 33,4 текс в декілька кінців.

Для визначення впливу параметрів в'язання на параметри структури та властивості трикотажу було сплановано двофакторний експеримент за планом Коно-2, де в якості керованих незалежних факторів обрано попереднє видовження (ϵ) еластомерної нитки перед зоною в'язання (210, 240 та 270 %) та кількість (k) кінців (2, 3 та 4) поліефірної нитки 33,4 текс поперечного утоку.

Методика. Дослідження параметрів структури еластичного основов'язаного полотна проводили стандартними методами відповідно діючій науково-технічній документації [9, 10, 11]. Дослідження тиску виробу на тіло людини проводили на апараті вимірювання тиску MST швейцарської фірми «SWISSLASTIC AG» відповідно RAL-GZ 387/1 [12]. Обробка експериментальних даних проводилась за допомогою методів математичної статистики.

Результати досліджень. В результаті реалізації спланованого експерименту в умовах ТОВ ТД Алком було вироблено 9 варіантів еластичного трикотажу та стандартними методами досліджено їхні основні характеристики. Для кожного з варіантів еластичного основов'язаного полотна проведено по 10 паралельних дослідів параметрів структури (щільності полотна по горизонталі та вертикалі, товщини та поверхневої густини), середні значення яких наведено у таблиці 1. Очевидно, що в результаті отримані полотна широкого діапазону поверхневих густин від 810 г/м² до 980 г/м², при цьому усі вони задовольняють вимоги нормативної документації стосовно поверхневої густини [12].

Таблиця 1

Параметри структури еластичного трикотажу

№	ϵ , %	k	Щільність в'язання		Товщина, T , мм	Поверхнева густина, m_s , г/м ²
			N_{cm}	N_p		
1	270	2	64	105	1.45	817.9
2	270	3	62	96	1.54	894.6
3	270	4	62	91	1.66	957.5
4	240	2	64	101	1.43	809.1
5	240	3	64	96	1.54	883.2
6	240	4	63	90	1.64	979.7
7	210	2	64	102	1.46	810.9
8	210	3	63	96	1.56	906.2
9	210	4	64	90	1.68	973.5

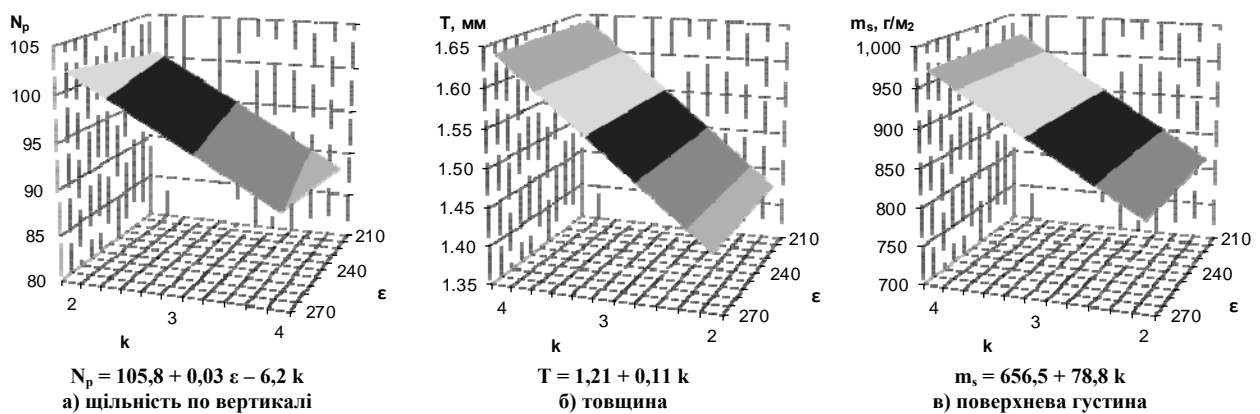


Рис. 1. Залежності параметрів структури трикотажу від параметрів в'язання

В результаті математичної обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії першого порядку, які з вірогідністю 0,95 адекватно описують залежності певних параметрів структури від обраних

вхідних факторів, графічні відображення яких представлено на рис. 1.

Результати дослідження параметрів структури основ'язаного еластичного трикотажу утокового переплетення показали наступне:

- найбільший вплив на параметри структури має лінійна густина поперечної утокової нитки;
- попереднє видовження еластомерної нитки перед входом до зони в'язання незначно впливає лише на кількість петельних рядів у 100 мм, тобто на щільність полотна по вертикалі;
- жоден з факторів не впливає на кількість петельних стовпчиків у 100 мм, тобто на щільність полотна по горизонталі;
- товщина та поверхнева густина полотна залежить лише від лінійної густини поперечної утокової нитки.

Наведені висновки повністю підтверджують результати попередньо проведених досліджень [13].

Для проведення дослідження тиску, який створює досліджуваний трикотаж на тіло людини, використано апарат вимірювання тиску MST (рис. 2) швейцарської фірми «SWISSLASTIC AG» [14]. Процес вимірювання тиску полягає в наступному: вимірювальний зонд прикріплюється до дерев'яної ніжки, на яку одягається панчоха або зразок еластичного трикотажу і апарат вимірює тиск у кожній точці зонду. Плоский вимірювальний зонд не випирає, тому матеріал не перенапружений перед виміром, що попереджає виникнення недостовірних результатів. Результати вимірювання можна зчитувати безпосередньо з екрану, тобто їх не потрібно перетворювати за допомогою таблиць та формул. Одночасно можна контролювати спадання тиску.



Рис. 2. Вимірювання тиску на MST MK III

Дослідження, які проводяться останніми роками з визначення, прогнозування та моделювання тиску, яке створює одяг, зокрема компресійний, на тіло людини показує, що основними важелями, які впливають на результати дослідження поряд з методом проведення досліджень [15, 16] є ступінь подовження трикотажу на тій чи іншій ділянці, що звичайно пов'язане з величиною сили, прикладеної до зразка [17], та радіус кривизни поверхні, з якою контактує трикотаж [18].

Отже, для проведення досліджень було сплановано додатковий асортимент, в якому на додаток до основних факторів обрано два додаткових керованих незалежних фактори:

X_3 – периметр дерев'яної заготовки (p), де відбувається вимірювання, обрано на 2 рівнях: 370 мм та 595 мм;

X_4 – ступінь видовження зразка (Δ) під час одягання на заготовку, який обрано на 4 рівнях: 10, 20, 30 та 40 %.

Другий фактор варіювали зміною периметра зразка, який одягали на заготовку. Розміри зразків для відповідних рівнів видовження наведено в таблиці 2. Для кожного варіанту зразка проведено по 3 паралельні дослідження, середні результати яких представлено в таблиці 3.

Таблиця 2

Розміри експериментальних зразків полотна, мм

Плановане подовження, %	Периметр дерев'яної заготовки, мм	
	370	595
10	336	541
20	308	496
30	285	458
40	264	425

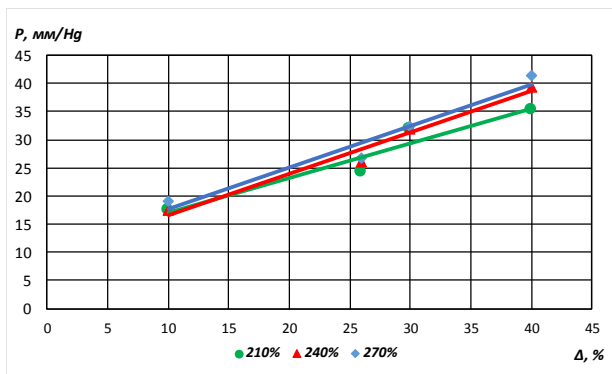
Отримані результати досліджень показують, що лінійна густина нитки, яку використовують в якості поперечного утоку, не впливає на рівень тиску, який створює трикотаж на тіло. Для визначення впливу на

досліджуваний показник іншого фактору – попереднього видовження еластомерної нитки – побудовано графіки, які представлено на рис. 3.

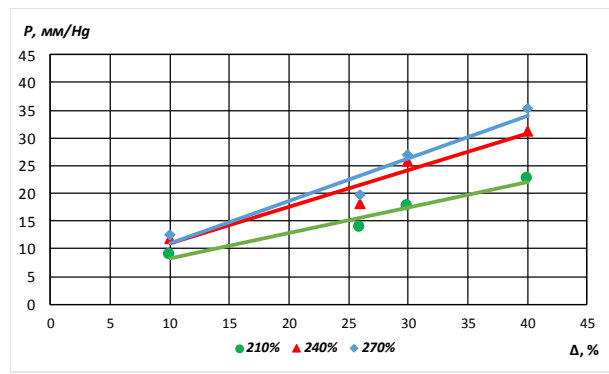
Таблиця 3

Тиск еластичного основ’язаного трикотажу

Попереднє видовження еластомерної нитки	Кількість ниток у поперечному утоці	Значення тиску при різному подовженні зразка, мм/Нг							
		периметр заготовки 370 мм				периметр заготовки 595 мм			
		10 %	20 %	30 %	40 %	10 %	20 %	30 %	40 %
$\epsilon=210\%$	$k=2$	16,0	23,5	31,0	31,5	9,0	13,5	17,5	23,0
	$k=3$	16,0	24,0	32,5	37,5	9,0	12,5	17,0	23,0
	$k=4$	20,0	25,0	32,5	35,0	9,0	15,5	19,0	22,5
$\epsilon=240\%$	$k=2$	14,5	24,0	29,5	39,5	11,5	20,0	26,5	33,0
	$k=3$	18,5	24,5	31,5	38,0	12,5	17,5	25,0	29,5
	$k=4$	19,5	29,5	35,0	40,5	12,0	17,0	26,0	31,5
$\epsilon=240\%$	$k=2$	20,0	25,0	33,0	40,5	11,5	22,0	27,0	36,5
	$k=3$	19,0	26,5	31,0	42,5	12,5	18,5	28,0	37,5
	$k=4$	18,0	28,5	33,0	41,5	13,5	19,0	26,0	32,0



а) периметр заготовки 370 мм



б) периметр заготовки 595 мм

Рис. 3. Залежність тиску від подовження зразка при різних периметрах заготовки

Очевидно, що попереднє видовження еластомерної нитки має вплив на показник тиску трикотажу: зростання вхідного фактору з 210 % до 270 % призводить до збільшення тиску трикотажу на тіло людини. Однак ступінь зміни показника залежить від умов експерименту: ступеня видовження полотна та периметру заготовки.

Так, при видовженні 10 % тиск змінюється незначно, а при видовженні 40 % спостерігаємо зростання показника, при чому різниця зростає при зменшенні периметру заготовки. Очевидно, що при периметрі заготовки 370 мм, зростання подовження трикотажу з 10 % до 40 % призводить до зростання тиску трикотажу більше ніж удвічі. При цьому вплив показника попереднє видовження еластомерної нитки незначний і має сенс лише при видовженні 40 %.

При збільшенні периметру заготовки до 595 мм тиск трикотажу на тіло людини зменшується на 30–50 %. При цьому зростання подовження трикотажу з 10 % до 40 % призводить до зростання тиску трикотажу на тіло людини удвічі при попередньому видовженні еластомерної нитки 210 % та майже втричі при попередньому видовженні еластомерної нитки 270 %. Отже вплив показника попереднє видовження еластомерної нитки в даному випадку істотніше.

Висновки та рекомендації. Проведені експериментальні дослідження параметрів структури (щільності полотна по горизонталі та вертикалі, товщини та поверхневої густини) основ’язаного еластичного трикотажу для лікувально-профілактичних виробів показали, що найбільший вплив на параметри структури має лінійна густина поперечної утокової нитки, а попереднє видовження еластомерної нитки перед входом до зони в’язання незначно впливає лише на кількість петельних рядів у 100 мм.

В результаті проведених досліджень показника тиску трикотажу на тіло людини встановлено наступне:

- лінійна густина нитки, яку використовують в якості поперечного утоку основ’язаного еластичного трикотажу не впливає на рівень тиску, який створює трикотаж на тіло;
- попереднє видовження еластомерної нитки впливає на ступінь тиску лише у випадку більшого периметру заготовки;
- периметр заготовки впливає на тиск, який створює трикотаж у зворотній залежності: його зростання призводить до зменшення тиску;
- ступінь видовження зразка при одяганні на заготовку прямопропорційно впливає на ступінь тиску трикотажу.

Література

1. Macintyre, L. Pressure garments for use in the treatment of hypertrophic scars – a review of the problems associated with their use / L. Macintyre, M. Baird // *Burns*, 2006. – 32. – P. 10–15.
2. Macintyre, L. New design tool for delivering graduated compression. // NED University of Engineering and Technology's International Textile Conference in Karachi, Pakistan, 2014.
3. Troynikova, O. 3D body scanning method for close-fitting garments in sport and medical applications / O. Troynikova, E. Ashayeri // HFESA 47th Annual Conference, 2011.
4. Lawrence, D. Graduated, static, external compression of the lower limb: a physiological assessment / D. Lawrence, V. V. Kakkar // *Br. J. Surg.* – Vol. 67 (1980). – P. 119–121.
5. Болдовкина О. С. Конструирование одежды : учебное пособие / О.С. Болдовкина. – Владивосток : ВГУЭС, 2005. – 27 с.
6. Го М. Влияние объемных конструктивных прибавок на комфортность женских платьев / М. Го, В. Е. Кузьмичев // *Швейная промышленность*. – 2014. – № 1. – С. 28–32.
7. ГОСТ 31509 – 2012. Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные. Общих технические требования. Методы испытаний. – М. : Издательство стандартов, 2013. – 28 с.
8. Kyzymchuk, Olena. Stretch properties of elastic knitted fabric with pillar stitch / Olena Kyzymchuk, Liudmyla Melnyk // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2018. – Vol. 13, No. 4, October-December. – P. 1–10. DOI: 10.1177/1558925018820722
9. ГОСТ 16218.4-93. Изделия текстильно-галантерейные. Метод определения плотности. – М. : Изд-во стандартов, 1995.
10. ГОСТ 12023-2003. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения толщины. – М. : Изд-во стандартов, 1989.
11. ГОСТ 8845-87. Полотна и изделия трикотажные. Методы определения влажности, массы и поверхностной плотности. – М. : Изд-во стандартов, 2002.
12. Quality Assurance RAL-GZ 387/1. Medical Compression Hosiery.
13. Kyzymchuk O. Influence of technological parameters on the basis weight of elasticized fabric / O. Kyzymchuk, L. Melnyk, V. Liakhova, I. Hubar // *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія Технічні науки*. – 2017. – № 3 (110). – С. 83–90.
14. Офіційний портал фірми SWISSLASTIC AG [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.swisslastic.ch/en/products/pressure-measuring-devices-16>.
15. Kwon, Cassandra. An indirect testing approach for characterizing pressure profiles of compression bandages and hosiery / Cassandra Kwon, Meghan Hegarty, William Oxenham, Kristin Thoney-Barletta, Edward Grant & Lawrence Reid // *The Journal of The Textile Institute*. – 2018. – Vol. 109:2. – P. 256–267. DOI: 10.1080/00405000.2017.1340079
16. Kwon, Cassandra. An introduction to a new direct testing method for characterizing pressure in compression fabrics / Cassandra Kwon, Meghan Hegarty, William Oxenham, Kristin Thoney-Barletta, Edward Grant & Lawrence Reid // *The Journal of The Textile Institute*. – 2018. – Published online : 19 Nov 2018. DOI: 10.1080/00405000.2018.1527966
17. Chattopadhyay, R. Effect of input tension of inlay yarn on the characteristics of knitted circular stretch fabrics and pressure generation, / R. Chattopadhyay, D. Gupta & M. Bera // *The Journal of The Textile Institute*. – 2012. – Vol. 103:6. – P. 636–642, DOI: 10.1080/00405000.2012.665237
18. Jariyapunya, Nareerut. Predictive modelling of compression garments for elastic fabric and the effects of pressure sensor thickness, / Nareerut Jariyapunya & Blažena Musilová // *The Journal of The Textile Institute*. – 2018. – Published online : 19 Nov 2018. DOI: 10.1080/00405000.2018.1540285

References

1. Macintyre, L. Pressure garments for use in the treatment of hypertrophic scars – a review of the problems associated with their use / L. Macintyre, M. Baird // *Burns*, 2006. – 32. – P. 10–15.
2. Macintyre, L. New design tool for delivering graduated compression. // NED University of Engineering and Technology's International Textile Conference in Karachi, Pakistan, 2014.
3. Troynikova, O. 3D body scanning method for close-fitting garments in sport and medical applications / O. Troynikova, E. Ashayeri // HFESA 47th Annual Conference, 2011.
4. Lawrence, D. Graduated, static, external compression of the lower limb: a physiological assessment / D. Lawrence, V. V. Kakkar // *Br. J. Surg.* – Vol. 67 (1980). – P. 119–121.
5. Boldovkina O. S. Konstruirovaniye odezhdyy : uchebnoye posobie / O.S. Boldovkina. – Vladivostok : VGUJeS, 2005. – 27 s.
6. Go M. Vliyaniye ob'emnykh konstruktivnykh pribavok na komfortnost' zhenskikh plat'ev / M. Go, V. E. Kuz'michev // *Shvejnjaja promyshlennost'*. – 2014. – № 1. – С. 28–32.
7. ГОСТ 31509 – 2012. Izdelija medicinskie jelastichnye fiksirujuchie i kompressionnye. Obshhin tehicheskie trebovanija. Metody ispytaniy. – М. : Izdatel'stvo standartov, 2013. – 28 s.
8. Kyzymchuk, Olena. Stretch properties of elastic knitted fabric with pillar stitch / Olena Kyzymchuk, Liudmyla Melnyk // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2018. – Vol. 13, No. 4, October-December. – P. 1–10. DOI: 10.1177/1558925018820722
9. ГОСТ 16218.4-93. Izdelija tekstil'no-galanterejnye. Metod opredelenija plotnosti. – М. : Izd-vo standartov, 1995.
10. ГОСТ 12023-2003. Materialy tekstil'nye. Polotna. Metody opredelenija tolshhiny. – М. : Izd-vo standartov, 1989.
11. ГОСТ 8845-87. Polotna i izdelija trikotazhnye. Metody opredelenija vlazhnosti, massy i poverhnostnoj plotnosti. – М. : Izd-vo standartov, 2002. Quality Assurance RAL-GZ 387/1. Medical Compression Hosiery.

12. Kyzymchuk O. Influence of technological parameters on the basis weight of elasticized fabric / O. Kyzymchuk, L. Melnyk, V. Liakhova, I. Hubar // Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design. Technical Science. - 2017. - № 3 (110). - P. 83-90.
13. Kyzymchuk O. Influence of technological parameters on the basis weight of elasticized fabric / O. Kyzymchuk, L. Melnyk, V. Liakhova, I. Hubar // Visnyk Kyivskoho natsionalnoho universytetu tekhnolohii ta dyzainu. Seriya Tekhnichni nauky. – 2017. – № 3 (110). – С. 83–90.
14. Ofitsiyni portal firmy SWISSLASTIC AG [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu : <https://www.swisslastic.ch/en/products/pressure-measuring-devices-16>. Cassandra Kwon, Meghan Hegarty, William Oxenham, Kristin Thoney-Barletta, Edward Grant & Lawrence Reid (2018) An introduction to a new direct testing method for characterizing pressure in compression fabrics, The Journal of The Textile Institute, DOI: 10.1080/00405000.2018.1527966
15. Kwon, Cassandra. An indirect testing approach for characterizing pressure profiles of compression bandages and hosiery / Cassandra Kwon, Meghan Hegarty, William Oxenham, Kristin Thoney-Barletta, Edward Grant & Lawrence Reid // The Journal of The Textile Institute. – 2018. – Vol. 109:2. – P. 256–267. DOI: 10.1080/00405000.2017.1340079_2
16. Kwon, Cassandra. An introduction to a new direct testing method for characterizing pressure in compression fabrics / Cassandra Kwon, Meghan Hegarty, William Oxenham, Kristin Thoney-Barletta, Edward Grant & Lawrence Reid // The Journal of The Textile Institute. – 2018. – Published online : 19 Nov 2018. DOI: 10.1080/00405000.2018.1527966_2
17. Chattopadhyay, R. Effect of input tension of inlay yarn on the characteristics of knitted circular stretch fabrics and pressure generation, / R. Chattopadhyay, D. Gupta & M. Bera // The Journal of The Textile Institute. – 2012. – Vol. 103:6. – P. 636-642, DOI: 10.1080/00405000.2012.665237
18. Jariyapunya, Nareerut. Predictive modelling of compression garments for elastic fabric and the effects of pressure sensor thickness, / Nareerut Jariyapunya & Blažena Musilová // The Journal of The Textile Institute. – 2018. – Published online : 19 Nov 2018. DOI: 10.1080/00405000.2018.1540285

Рецензія/Peer review : 9.1.2019 р. Надрукована/Printed :10.4.2019 р.

Рецензент: д. т. н., проф. Галавська Л. Є.