

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ
КОМПРЕССИОННЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ТЕЛО ЧЕЛОВЕКА**

**DEVELOPMENT OF A METHOD AND DEVICE
FOR DETERMINING THE PRESSURE OF COMPRESSION KNITWEAR
ON THE HUMAN BODY**

*М.А. МАРИНКИНА, М.В. ЗИМИНА, Л.Л. ЧАГИНА,
М.С. БОГАТЫРЬОВА, Н.А. СМІРНОВА, С.Е. ПРОТАЛИНСКИЙ*

*M.A. MARINKINA, M.V. ZIMINA, L.L. CHAGINA,
M.S. BOGATYRYOVA, N.A. SMIRNOVA, S.E. PROTALINSKY*

(Костромской государственный университет)

(Kostroma State University)

E-mail: lyu-chagina@yandex.ru

Одним из наиболее значимых показателей качества компрессионных изделий является сохранение первоначального состояния и обеспечение заданного уровня компрессии при эксплуатации. В статье предложен метод и инструментальное обеспечение, позволяющие оценить давление, оказываемое компрессионными изделиями на тело человека в процессе носки. Представлено описание и суть определения изменения давления изделия на объект с использованием разработанного устройства. Отличительной особенностью предлагаемого решения является возможность определения потенциального периода сохранения первоначальных компрессионных свойств, что обеспечивает возможность прогнозирования качества и срока эксплуатации изделий. Для оценки релаксационных процессов, возникающих при эксплуатации компрессионных изделий, в разработанной методике применена теория вязкоупругости. Кривые релаксации являются источником получения информации о поведении полотен при их эксплуатации и позволяют спрогнозировать изменение первоначального уровня давления. Для определения компрессионных свойств трикотажных изделий предложены новые показатели: скорость изменения нагрузки; время потенциального сохранения напряжений в полотне; предел релаксационной способности материала.

Предлагаемый метод апробирован для оценки изменения давления спортивных льняных компрессионных бандажей на ногу до и после мокрых обработок. Для испытаний выработаны льняные трикотажные полотна переплетением ластик с вложением и без вложения полиуретановых нитей. Результаты исследований доказывают возможность прогнозирования компрессионных свойств изделий и срока службы, определяемых способностью оказывать заданный уровень давления.

One of the most significant indicators of the quality of compression products is maintaining the initial condition and ensuring a given level of compression during operation. The article proposes a method and tools that allow assessing the pressure exerted by compression products on the human body during the sock process. Description and essence of determination of product pressure change on the object using the developed device are presented. A distinctive feature of the proposed solution is the possibility of determining the potential period of preservation of initial compression properties, which provides the possibility of predicting the quality and life of products. To evaluate the relaxation processes arising during the operation of compression products, the theory of viscoelasticity was applied in the developed method. Relaxation curves are a source of information about the behavior of webs during their operation and allow you to predict the change in the initial pressure level. To determine the compression properties of knitted products, new indicators are proposed: the rate of load change; time of potential preservation of stresses in the canvas; the relaxation capacity limit of the material. The proposed method is tested for assessment of change of pressure of sports linen compression bands on leg before and after wet treatments. For testing, linen knitted webs were produced by weaving erasers with and without embedding polyurethane threads. The results of studies prove the possibility of predicting the compression properties of products and the service life determined by the ability to exert a given pressure level.

Ключевые слова: трикотажные компрессионные изделия, метод, устройство, давление, релаксационный процесс.

Keywords: knitted compression products, method, device, pressure, relaxation process.

Качество компрессионных изделий определяется способностью поддерживать требуемый уровень давления. Существуют различные методы для измерения и контроля контактного давления, вызываемого компрессионной одеждой. Для сенсорной оценки давления используются датчики различных типов, устройства, основанные на механическом принципе работы. Применяются системы датчиков, позволяющие выводить результаты на компьютер и измерять распределение давления в различных условиях испытания, например, при совершении человеком повторяющихся движений [1]. Прямые методы позволяют получить более точные результаты, но могут яв-

ляться причиной беспокойства испытуемого. Существуют методы оценки давления компрессионных изделий, использующие устройства (динамометры, тензометры, тензорезисторы) для измерения зависимости "нагрузка – удлинение". Российскими учеными предложены методы прогнозирования компрессионного давления, учитывающие зависимости между усилиями растяжения, действующими в текстильных оболочках, и возникающими под оболочками [2...4]. Для повышения эффективности определения давления компрессионных изделий на тело учитывают кривизну поверхности фигуры человека в продольных и поперечных сечениях [5]. В ис-

следовании [6] для оценки давления одежды посредством деления натяжения ткани в соответствии с радиусом кривизны поверхности тела применен закон Лапласа. Энергетический метод, представленный в [7], основан на законе сохранения энергии. Минусом математических методов является значительное количество косвенных измерений. Для них целесообразна автоматизация процесса. В моделирующих методах реализуется имитация структуры материала с применением контактной механики [8], приравнивание структуры ткани к системе масс и пружин. В биомеханических моделях, исследующих динамическое давление на тело человека, изделия смоделированы как тонкие эластичные оболочки со свойствами линейных материалов [9]. На значения давления, оказываемого изделием на тело человека, значительное влияние оказывают свойства материалов [10], конструкция одежды [11], форма тела человека и другие факторы.

Существующие методы измерения давления позволяют получить результаты при статическом положении упругой оболочки. В то же время известно, что компрессионные изделия под действием постоянных эксплуатационных нагрузок теряют первоначальную форму, изменяется структура полотен, используемых для их изготовления. Данные факторы негативно сказываются на способности изделий оказывать на тело человека необходимый в соответствии с их назначением уровень давления [12]. В ряде научных работ затрагивается вопрос важности учета релаксационных свойств, как показателей, формирующих качество изделий компрессионного назначения [13...16]. При ослаблении давления на тело человека компрессионное изделие перестает оказывать лечебное или профилактическое воздействие, что может привести к усугублению заболевания.

Методы

Проведенный анализ существующих методов измерения давления компрессионных изделий на тело человека показал, что актуальным направлением в исследуемой сфере является разработка методов, позво-

ляющих оценить изменение давления с течением времени под воздействием эксплуатационных нагрузок и, следовательно, определить потенциальный период сохранения первоначальных компрессионных свойств изделия.

Отличительной особенностью предлагаемого метода является воспроизведение реального процесса компрессионного воздействия изделий на тело человека и повышение объективности результатов за счет учета фактора времени эксплуатации изделия. Указанный результат достигается путем создания на изделие постоянной растягивающей нагрузки, моделирующей соответствующую эксплуатационную нагрузку.

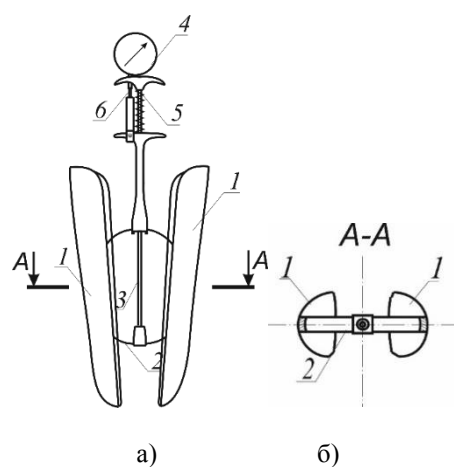


Рис. 1

Для исследования изменения давления компрессионных изделий на тело человека разработано устройство (рис. 1 — схема устройства для определения изменения давления изделий на объект; а — вид спереди; б — вид сверху; 1 — пластины; 2 — пружина; 3 — рычаг; 4 — датчик; 5 — дополнительная пружина; 6 — чувствительный элемент датчика), удовлетворяющее следующим требованиям:

- максимальное приближение формы устройства к форме тела человека;
- возможность измерения давления с учетом изменения деформационных свойств материала в любой момент времени эксплуатации изделия;
- получение информации для прогнозирования поведения полотна во время эксплуатации изделия и срока его службы,

определяемого способностью оказывать заданный уровень давления.

Конструктивно устройство состоит из рабочей части, повторяющей форму голени человека. В состав рабочей части входят две пластины 1, соединенные друг с другом пружинным элементом 2, растягивающим пластины в противоположных направлениях.

Пружинный элемент связан с рычагом 3, передающим усилие датчику 4. При сжатии пластин рычаг поднимается, надавливая на чувствительный элемент 6 датчика 4. При снятии нагрузки пружинный элемент возвращает пластины в исходное состояние. Для случаев, когда пружинный элемент не способен оказывать достаточное растягивающее усилие для возвращения

пластин в исходное состояние, между рукоятью и датчиком устанавливается дополнительная пружина 5.

Суть определения изменения давления изделия на объект с использованием разработанного устройства заключается в следующем. Трикотажное изделие располагается на устройстве, и на датчике фиксируется первоначальный уровень нагрузки изделия на рабочую часть (в дальнейшем нагрузки). Далее через установленные промежутки времени снимаются показания нагрузки с датчика. Измерения производятся до тех пор, пока значения нагрузки не перестанут изменяться. Далее изделие снимается с формы.

Расчет давления осуществляется по формуле Филатова [17]:

$$P = \frac{E_1}{R_1 \ell_2} \frac{100(X_1 + \Pi X_2)}{100 + X_2} \frac{100}{100 - \Pi X_2} + \frac{E_2}{R_2 \ell_1} \frac{100(X_2 + \Pi X_1)}{100 + X_1} \frac{100}{100 - \Pi X_1}, \quad (1)$$

где P – давление изделия на объект, Н/мм²; E_1, E_2 – жесткость при растяжении вдоль петельных столбиков и вдоль петельных рядов соответственно, Н/мм; R_1, R_2 – радиусы кривизны тела, мм; ℓ_1 – длина пробы, мм; ℓ_2 – расстояние между линиями c_1 и c_2 , мм; Π – условный коэффициент Пуассона; X_1, X_2 – относительная деформация вдоль петельных столбиков и вдоль петельных рядов соответственно, %.

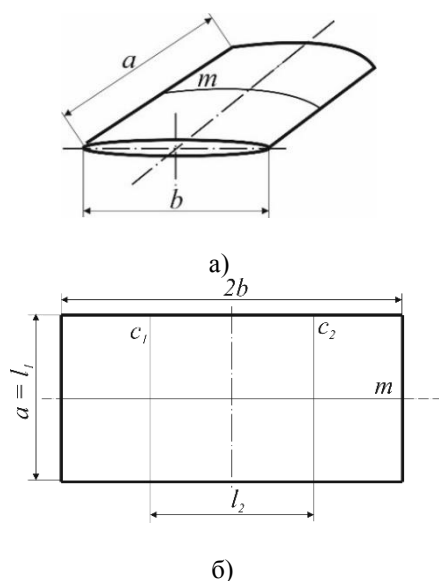


Рис. 2

На рис. 2 изображена схема пробы, где a – трехмерное изображение пробы; b – развертка пробы.

Для проведения исследований используются пробы цилиндрической формы (рис. 2-а). Параметр a равен 100 мм, параметр b выбирается в соответствии с необходимым уровнем первоначального давления, оказываемого пробой на устройство. На пробу наносятся линии середины m , а также линии c_1 и c_2 вдоль петельных столбиков на расстоянии ℓ_2 друг от друга, равном 100 мм (рис. 2-б), необходимые для расчета давления по формуле В.Н. Филатова. При ширине b , равной 50 мм, линии не наносятся, а за значение ℓ_2 в формуле (1) принимается величина $2b$.

Результаты.

Предлагаемый метод апробирован для оценки изменения давления спортивных льняных компрессионных биндажей на ногу. Для испытаний выработаны льняные трикотажные полотна переплетением ластик 2+2 с вложением и без вложения полиуретановых (ПУ) нитей.

При расчете жесткости при растяжении вдоль петельных рядов (табл. 1 – характеристики свойств для расчета жесткости при

растяжении полотен вдоль петельных столбиков) использовались данные нагрузки и удлинения, полученные в ходе эксперимен-

тальных исследований на разработанном устройстве.

Таблица 1

Льняное трикотажное полотно с полиуретановыми нитями						Льняное трикотажное полотно без полиуретановых нитей					
удлинение полотна ϵ_i , мм		нагрузка σ_i , мН		жесткость полотна при растяжении E_i , мН/мм		удлинение полотна ϵ_i , мм		нагрузка σ_i , мН		жесткость полотна при растяжении E_i , мН/мм	
обозначение	величина	обозначение	величина	обозначение	величина	обозначение	величина	обозначение	величина	обозначение	величина
ϵ_0	0	σ_0	0	E_0	0	ϵ_0	0	σ_0	0	E_0	0
ϵ_1	10	σ_1	1600	E_1	160	ϵ_1	10	σ_1	1940	E_1	194
ϵ_2	20	σ_2	2600	E_2	130	ϵ_2	20	σ_2	2640	E_2	132
ϵ_3	30	σ_3	3600	E_3	120	ϵ_3	30	σ_3	4350	E_3	145
ϵ_4	40	σ_4	6000	E_4	150	ϵ_4	40	σ_4	6600	E_4	165

Жесткость при растяжении вдоль петельных столбиков определялась путем растяжения прямоугольных проб, изготовленных из того же полотна, что и цилиндрические пробы, по методике В.Н. Филатова [5] (табл. 1). Радиус кривизны рабочей части устройства определялся методом геометрических построений. Полученная кривая разбивалась на несколько участков для определения радиуса кривизны (рис. 3 – поперечное сечение рабочей части прибора). Далее рассчитывался средний радиус кривизны для кривой.

Для прогнозирования изменения компрессионных свойств изделия в процессе эксплуатации в методике предусмотрена мокрая обработка проб и повторное проведение испытаний после стирок. Результаты

исследований (табл. 2) показали, что после мокрых обработок пробы оказывают на устройство давление, соответствующее той же группе, что и до мокрых обработок: образцы № 1,6,7 – профилактической группе по Филатову В.Н. [5], остальные – комфортной.

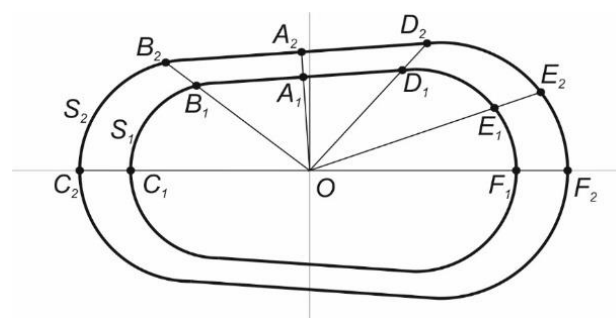


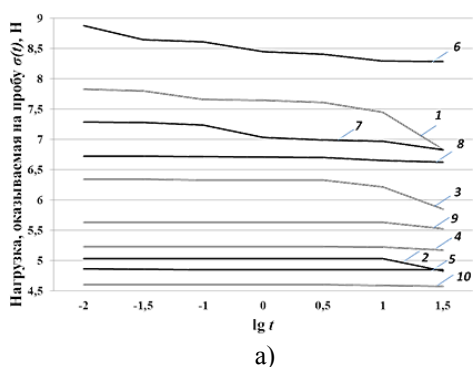
Рис. 3

Таблица 2

№ п/п	Вид полотна	Ширина, мм	Давление изделия на объект, кПа		Группа изделий по давлению [5]
			до мокрой обработки	после мокрой обработки	
1	Лен	50	1,922	2,034	Профилактические
2	Лен	55	1,237	1,129	Комфортные
3	Лен	60	0,956	1,276	Комфортные
4	Лен	65	0,784	1,070	Комфортные
5	Лен	70	0,702	0,916	Комфортные
6	Лен с п/у нитями	50	2,061	2,232	Профилактические
7	Лен с п/у нитями	55	1,332	1,448	Профилактические
8	Лен с п/у нитями	60	1,069	1,292	Комфортные
9	Лен с п/у нитями	65	1,922	1,284	Комфортные
10	Лен с п/у нитями	70	1,237	0,758	Комфортные

До мокрых обработок проб наблюдается обратная зависимость величины давления от длины поперечного сечения проб. После мокрых обработок давление, оказываемое пробами с полиуретановыми нитями, сохраняет свою зависимость от длины поперечного сечения. В то же время значения давления проб с полиуретановыми нитями менее предсказуемы, что говорит о потере качества полотна.

На рис. 4 представлены зависимости нагрузки, оказываемой на пробы, от времени испытания до (а) и после (б) мокрых обработок (льняные пробы без п/у нитей: 1



– шириной 50 мм; 2 – шириной 55 мм; 3 – шириной 60 мм; 4 – шириной 65 мм; 5 – шириной 65 мм; 6 – шириной 50 мм; 7 – шириной 55 мм; 8 – шириной 60 мм; 9 – шириной 65 мм; 10 – шириной 65 мм). В ходе экспериментальных исследований на разработанном устройстве длина поперечного сечения изделий изменялась менее чем на 1%. Данная величина является незначительной, длина поперечного сечения проб принята в качестве константы. Это свидетельствует о том, что процесс деформирования проб подчиняется законам релаксационных процессов.

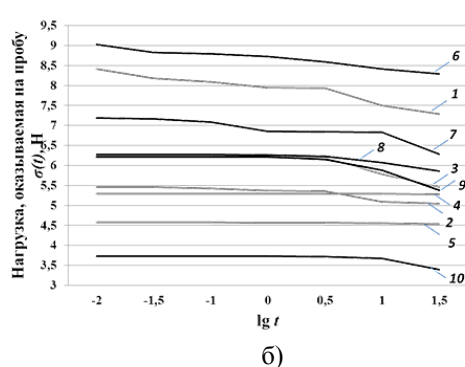


Рис. 4

Для оценки релаксационных процессов, возникающих при эксплуатации компрессионных изделий в разработанной методике использована теория вязкоупругости, широко распространенная при анализе процессов релаксации пряжи и нитей. Возможность применения базовых положений теории наследственной вязкоупругости для трикотажных компрессионных изделий ранее была подтверждена [18]. В качестве источника получения информации о поведении полотен при их эксплуатации и определения изменения первоначального уровня давления в методике используются кривые релаксации. Для оценки компрессионных свойств трикотажных изделий предложены новые показатели: скорость изменения нагрузки; время потенциального сохранения напряжений в полотне; предел релаксационной способности материала [18]. Применение данных показателей позволяет оценить характер поведения изделия при релаксации полотна, используемого при его изготовлении, прогнозировать длитель-

ность сохранения давления изделия на тело человека в соответствии с его назначением, сравнить поведение различных изделий под действием растягивающих эксплуатационных нагрузок.

ВЫВОДЫ

1. Разработан метод определения давления компрессионных изделий на тело человека с учетом реологических свойств полотен и устройство для его реализации.
2. Для оценки компрессионных свойств трикотажных изделий предложены новые показатели: скорость изменения нагрузки; время потенциального сохранения напряжений в полотне; предел релаксационной способности материала.
2. Преимуществом метода является возможность прогнозирования компрессионных свойств изделий и срока службы, определяемых способностью оказывать заданный уровень давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mann R., Yeong E.K., Moore M.L., Engraph L.H. A new tool to measure pressure under burn garments // *The Journal of Burn Care & Rehabilitation*. – 18(2), 1997. P.160...163.

2. Корнилова Н.Л. Теоретические основы и методическое обеспечение процессов проектирования и изготовления функционально-эргономичных корсетных изделий: Дис.... докт. техн. наук.– Иваново, 2011.

3. Назаревич М.С., Сурженко Е.Я., Васильева В.В., Цобкалло Е.С. Исследование растяжимости и удельных нагрузок трикотажных полотен для расчета параметров моделирующих изделий с заданного уровня давления на поверхность женской фигуры. // *Изв. вузов. Технология легкой промышленности*. – 2018. Т. 40, № 2. С. 43...49.

4. Кузьмичев В.Е., Чен Ч., Го М., Тисленко И.В. Экспериментальное обоснование прогнозирования компрессионного давления под трикотажной плотнооблегающей одеждой // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2016, №4. С.91...96.

5. Надежная Н.Л., Чарковский А.В. Метод расчета давления компрессионного трикотажного изделия // *Вестник Витебского гос. технолог. ун-та*. – 2012, № 1 (22). С.72...82.

6. Maklewska E., Nawrocki A., Ledwon J., Kowalewski K. Modelling and Designing of Knitted Products Used in Compressive Therapy // *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. – 14(5), 2006. P. 111...113.

7. Dias T., Yahathugoda D., Fernando A., Mukhopadhyay S.K. Modelling the interface pressure applied by knitted structures designed for medical-textile applications // *Journal of the Textile Institute Part 1: Fibre Science and Textile Technology*. – 94(3), 2003. P.77...86.

8. Provatidis C.G., Vassiliadis S.G., Anastasiadou E.A. Contact mechanics in two-dimensional finite element modelling of fabrics // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 17(1), 2005. P.29...40.

9. Liu R., Kwok Y.-L., Li Y., Lao T.-T., Zhang X., Dai X.Q. A three-dimensional biomechanical model for numerical simulation of dynamic pressure functional performances of graduated compression stocking (GCS) // *Fibers and Polymers*. – 7(4), 2006. P. 389...397.

10. Troynikov O., Ashayeria E., Burton M., Subic A., Alamb F., Marteauc S. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports // *Procedia Engineering*. – Vol.2, Is.2, 2010. P.282...2829.

11. Tyurin I.N., Getmantseva V.V. Analiz osobennostey konstruktivnogo resheniya sportivnoy odezhdy // *Sb. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i leg-koy promyshlennosti (Innovatsii-2016)*. – М., MGUDT, 2016. Chast' 1. S.242...245.

12. Маринкина М.А., Чагина Л.Л., Проталинский С.Е., Богатырева М.С. К вопросу учета стабильности нагрузки, оказываемой компрессион-

ными изделиями в процессе эксплуатации // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2015, № 5. С. 118...123.

13. Иванова З.Р. Разработка метода проектирования компрессорных изделий: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1997.

14. Дроботун Н.В. Разработка методов оценки упруго-релаксационных свойств высокоэластичного трикотажа и проектирования медицинских изделий компрессионного назначения: Дис....канд. техн. наук. – Санкт-Петербург, 2009.

15. Seo H., Kim S., Cordier F., Hong K. Validating a cloth simulator for measuring tight-fit clothing pressure // *Proceedings of the 2007 ACM symposium on Solid and physical modeling*. – 2007. June 04 – 06. P.431...437.

16. Wang J.M., Luo X.N., Li Y., Dai X.Q., You F. The application of the volumetric subdivision scheme in the simulation of elastic human body deformation and garment pressure // *Textile Research Journal*. – 75(8), 2005. P. 591...597.

17. Филатов В.Н. Упругие текстильные оболочки. – М.: Легпромбытиздат, 1987.

18. Маринкина М.А., Богатырева М.С., Чагина Л.Л., Проталинский С.Е. Применение теории наследственной вязкоупругости для оценки изменения давления трикотажных компрессионных изделий // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2018, № 3. С. 126...131.

REFERENCES

1. Mann R., Yeong E.K., Moore M.L., Engraph L.H. A new tool to measure pressure under burn garments // *The Journal of Burn Care & Rehabilitation*. – 18(2), 1997. P.160...163.

2. Kornilova N.L. Teoreticheskie osnovy i metodicheskoe obespechenie protsessov proektirovaniya i izgotovleniya funktsional'no-ergonomichnykh korsetnykh izdeliy: Dis.... dokt. tekhn. nauk.– Ivanovo, 2011.

3. Nazarevich M.S., Surzhenko E.Ya., Vasil'eva V.V., Tsobkallo E.S. Issledovanie rastyazhimosti i udel'nykh nagruzok trikotazhnykh poloten dlya rascheta parametrov modeliruyushchikh izdeliy s zadannym urovnem davleniya na poverkhnost' zhenskoy figury. // *Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*. – 2018. T. 40, № 2. S. 43...49.

4. Kuz'michev V.E., Chen Ch., Go M., Tislenko I.V. Eksperimental'noe obosnovanie prognozirovaniya kompressionnogo davleniya pod trikotazhnoy plotnooblegayushchey odezhdoy // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2016, №4. S.91...96.

5. Nadezhnaya N.L., Charkovskiy A.V. Metod rascheta davleniya kompressionnogo trikotazhnogo izdeliya // *Vestnik Vitebskogo gos. tekhnolog. un-ta*. – 2012, № 1 (22). S.72...82.

6. Maklewska E., Nawrocki A., Ledwon J., Kowalewski K. Modelling and Designing of Knitted Products

Used in Compressive Therapy // *Fibres and Textiles in Eastern Europe*. – 14(5), 2006. P. 111...113.

7. Dias T., Yahathugoda D., Fernando A., Mukhopadhyay S.K. Modelling the interface pressure applied by knitted structures designed for medical-textile applications // *Journal of the Textile Institute Part 1: Fibre Science and Textile Technology*. – 94(3), 2003. P.77...86.

8. Provatidis C.G., Vassiliadis S.G., Anastasiadou E.A. Contact mechanics in two-dimensional finite element modelling of fabrics // *International Journal of Clothing Science and Technology*. – 17(1), 2005. P.29...40.

9. Liu R., Kwok Y.-L., Li Y., Lao T.-T., Zhang X., Dai X.Q. A three-dimensional biomechanical model for numerical simulation of dynamic pressure functional performances of graduated compression stocking (GCS) // *Fibers and Polymers*. – 7(4), 2006. P. 389...397.

10. Troynikov O., Ashayeria E., Burton M., Subic A., Alamb F., Marteauc S. Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports // *Procedia Engineering*. – Vol.2, Is.2, 2010. P.282...2829.

11. Tyurin I.N., Getmantseva V.V. Analiz osobennostey konstruktivnogo resheniya sportivnoy odezhdy // *Sb. Mezhdunar. nauchn.-tekhn. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (Innovatsii-2016)*. – M., MGUDT, 2016. Chast' 1. S.242...245.

12. Marinkina M.A., Chagina L.L., Protalinskiy S.E., Bogatyreva M.S. K voprosu ucheta stabil'nosti nagruzki, okazyvaemoy kompressionnymi izdeliyami v protsesse ekspluatatsii // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh*

Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015, № 5. S. 118...123.

13. Ivanova Z.R. Razrabotka metoda proektirovaniya kompressornykh izdeliy: Dis. ... kand. tekhn. nauk. – M., 1997.

14. Drobotun N.V. Razrabotka metodov otsenki uprugo-relaksatsionnykh svoystv vysokorastyazhimogo trikotazha i proektirovaniya meditsinskikh izdeliy kompressionnogo naznacheniya: Dis....kand. tekhn. nauk. – Sankt-Peterburg, 2009.

15. Seo H., Kim S., Cordier F., Hong K. Validating a cloth simulator for measuring tight-fit clothing pressure // *Proceedings of the 2007 ACM symposium on Solid and physical modeling*. – 2007. June 04 – 06. P.431...437.

16. Wang J.M., Luo X.N., Li Y., Dai X.Q., You F. The application of the volumetric subdivision scheme in the simulation of elastic human body deformation and garment pressure // *Textile Research Journal*. – 75(8), 2005. P. 591...597.

17. Filatov V.N. Uprugie tekstil'nye obolochki. – M.: Legprombytizdat, 1987.

18. Marinkina M.A., Bogatyreva M.S., Chagina L.L., Protalinskiy S.E. Primenenie teorii nasledstvennoy vyazkouprugosti dlya otsenki izmeneniya davleniya trikotazhnykh kompressionnykh izdeliy // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2018, № 3. S. 126...131.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологий, материаловедения и экспертизы потребительских товаров. Поступила 23.04.21.