

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛАСТИЧНИХ БАНДАЖНИХ СТРИЧОК

*В статті проведено дослідження споживчих властивостей еластичної бандажної стрічки та аналіз сфер її використання. Досліджено параметри даної структури, релаксаційні характеристики еластичної бандажної стрічки та повітропроникність. На підставі проведених досліджень виявлено, що еластична трикотажна стрічка є формостійкою, відповідає всім нормативам і може використовуватися для виготовлення бандажів та інших медичних виробів. Еластична трикотажна стрічка вироблена на базі утокового переплетення. Еластичність матеріалу задається поліуретановою ниткою, яка вводиться в структуру як повздовжній уток. Структура переплетення еластичної стрічки утворюється за допомогою трьох гребінок.*

*Ключові слова: уток, основова'язаний трикотаж, еластичний, параметри структури, деформаційні характеристики, повітропроникність.*

N.M. LYTVYNNENKO

Kyiv National University of Culture and Arts

### RESEARCH OF PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE ELASTIC BANDING TAPE

*The article conducted a study of consumer properties of an elastic banding tape and an analysis of its use. The parameters of this structure, the relaxation characteristics of the elastic banding and air permeability are investigated. On the basis of the conducted research, it was revealed that the elastic knitted tape is form-stable, meets all standards and can be used for the manufacture of bandages and other medical products. The elastic knitted tape is made on the basis of weavers on the warp knitting machine. Tapes from these machines have a soft cover, are not released, and also withstand reusable washing without deterioration in functional properties. The quality and density of the tape with the use of electrometric yarns is influenced by the type and density of the cord weave. Therefore, the properties of tapes, depending on the nature and nature of the raw materials, as well as the weaves, can vary considerably. The weave structure of an elastic ribbon is formed with the help of three dies. The elasticity of the material is given by a polyurethane thread, which is introduced into the structure as a longitudinal weft. As a weave interlacing, a weaving chain was selected, which is combined with a transient and longitudinal weft. In order to ensure the closure of the grapping tape, a special thread with a polyester yarn on one and the other side of the tape is placed. Elastic banding tape has a very complex looped structure, which is worked with no less complex on the structure of the threads, which have a strong elastic properties, stiffness, rubbing. When making an elastic band on a basic knitting machine, the elastic thread is fed in the tensioned state and is earned in the stitches of the weave of the chain. When removing the tape from the machine, after knitting is finished, the elastic tape is susceptible to shrinkage, ie the loop loops are placed under the slope. Therefore, in calculating the parameters of the looped structure, the coefficient of shrinkage or coefficient of relative elongation of the electrometric thread is assumed.*

*Keywords: ducks, knitwear, elastic, structural parameters, deformation characteristics, air permeability.*

### Постановка проблеми

Медичний та технічний текстиль сьогодні – це підгалузі текстильної індустрії, що найбільш динамічно розвиваються. Перспективи розвитку вітчизняної текстильної промисловості слід пов'язувати з тенденціями розвитку світового ринку текстилю. Домінантою серед них є, по-перше, високі темпи розвитку ринку медичного текстилю, по-друге, спеціалізація розвинутих країн з виробництва переважно медичного текстилю, по-третє, широке застосування нанотехнологій у його виробництві [1].

З поширенням різних хвороб у світі набрав оберти у своєму розвитку медичний текстиль. Адже все частіше люди хворіють хворобами попереково-крижового відділу, захворюванням вен, травматизмом кінцівок чи хребта та ін. Саме для профілактики та лікування цих хвороб застосовують еластичні стрічки. Також еластичні стрічки використовуються для виробництва білизни, спортивних товарів, спецодягу, корсетних виробів, ортопедичних товарів, поясів спідниць та брюк, взуття та ін. Це відкриває широкі можливості застосування еластичної стрічки в різноманітних сферах.

На сьогоднішній день в Україні є досить багато підприємств, що виготовляють еластичні стрічки як технічного, так і медичного призначення. Адже з кожним днем все більше людей хворіє на варикозне розширення вен, травматичні та ортопедичні проблеми і т.д.

Медичний текстиль із застосуванням еластомерних ниток використовується в усьому світі, і Україна не є винятком. Як відомо, досить давно існують певні проблеми в розвитку легкої промисловості України, але вона все ж намагається забезпечити даним асортиментом населення, що його потребує. З кожним роком трикотажна галузь України пропонує розробку та виготовлення виробів медичного та технічного призначення. Трикотажні еластичні вироби користуються дуже великим попитом сьогодні, а особливо еластичні бинти, бандажні вироби – тобто ті вироби, для виготовлення яких необхідна стрічка з вмістом еластомерної нитки [1].

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні десятиліття в текстильній промисловості сформувалась нова галузь – виготовлення виробів та матеріалів медичного призначення. Для їх отримання використовують класичні технологічні процеси: плетіння, ткацтва та в'язання [2].

Різноманітність способів виготовлення, постійне розширення асортименту дали необхідність

розробки питань класифікації текстильних виробів, що застосовуються в медицині. Систематизація цих виробів та сировини, що використовується для їх виготовлення, дозволяє розкрити можливості кожного способу виробництва, правильно обрати сировину та розробити оптимальну технологію виготовлення конкретних виробів, матеріалів, а також передбачити можливість створення нових видів виробів чи проектування їх властивостей.

В основу класифікації виробів покладений спосіб їх виготовлення. Згідно з цією класифікацією всі вироби можуть бути розділені на чотири класи:

- ткани;
- трикотажні;
- неткані;
- плетені.

Залежно від призначення медичні вироби та матеріали кожного підкласу поділяються на три групи:

- санітарно-гігієнічні;
- лікувально-профілактичні;
- хірургічні.

Санітарно-гігієнічні вироби – це вироби та матеріали, що виготовляються з натуральної чи штучної сировини та забезпечують виконання санітарних вимог для різних професій.

Лікувально-профілактичні вироби – це вироби та матеріали різної структури, що здатні попередити захворювання [2].

Хірургічні – це вироби та матеріали, що виготовляються в основному з синтетичної сировини та використовуються для операційного лікування з метою фіксування та відновлення форм, функцій окремих органів та тканин.

До виготовлення еластичних виробів медичного призначення висуваються наступні вимоги відповідно до ГОСТ Р 51219-98[3]:

- зміна лінійних розмірів виробу після першого прання (усадка) повинно бути не більше 20% його лінійних розмірів до прання;
- значення розривного навантаження, розтяжності, робочої розтяжності виробів після прання повинні бути не менше стандартних значень приведених в [4];
- значення розривного видовження виробів повинно бути не менше значення розтяжності;
- зміна значення розривного навантаження виробів після прання повинно бути не більше 20% їх розривного видовження до прання.

Бандаж повинен бути зроблений з матеріалу, що пропускає повітря («дихає») і вбирає вологу (піт).

У кожній вищезгаданій класифікації є така підгрупа як перев'язувальні матеріали. Асортимент волокнистих перев'язувальних матеріалів дуже різноманітний. Це еластичні стрічки, еластичні бинти, бандажі та ін. Сьогодні еластичні стрічки мають дуже широкі сфери застосування. В основному їх використовують для виготовлення бандажів та білизни:

#### **Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми**

Розглянувши різні джерела літератури, статті, патенти, стало зрозумілим, що з кожним днем все більшого розвитку набуває трикотажна промисловість, а особливо розвиток медичного трикотажу. Вчені та лікарі все більше займаються розробкою нових видів трикотажних полотен медичного призначення. Велику популярність в цьому напрямку отримали еластичні стрічки, які дуже широко використовуються в медицині, в виготовленні взуття, білизни та в спорті [5].

При виробництві еластичних стрічок залишається актуальним питанням забезпечення якості та функціональних вимог. Для їх забезпечення виготовляють стрічки з вмістом еластомерних ниток. Особливістю еластомерних ниток є підвищена пружність у порівнянні із звичайними нитками. Еластомерні нитки мають пружні деформації, непропорційні діючим зусиллям.

Для створення мікроклімату тіла людини важливим показником є повітропроникність, яка залежить від властивостей волокон і складових їх ниток, в великій мірі залежить від пористості, кількості та величини відкритих пор, а також від товщини полотна.

#### **Мета статті**

Головною метою цієї роботи є дослідження споживчих властивостей еластичної стрічки.

Необхідність вивчення параметрів петельної структури викликана збільшенням асортименту трикотажних виробів медичного призначення, до яких висуваються підвищені вимоги при фарбуванні, при експлуатації виробів та при інших видах обробки. Параметри петельної структури є одними з найважливіших для трикотажних виробів і матеріалів, мають велике значення для виробів санітарно-гігієнічного та лікувально-профілактичного значення.

Відповідно до поставленої мети в статті вирішувалося наступне завдання: експериментально досліджувались деформаційні властивості та повітропроникність еластичної стрічки, а саме подвійного еластичного основов'язаного трикотажу для бандажних виробів.

#### **Виклад основного матеріалу**

З кожним днем попит на трикотаж з вмістом еластомерних ниток збільшується. І саме цей трикотаж привертає до себе увагу науковців, як зарубіжних, так і вітчизняних. Один із шляхів створення конкурентоспроможного трикотажу – використання еластичних ниток; волокон з різними

вологопоглинаючими властивостями, що забезпечують швидке відведення вологи від тіла; а також використання багатoshарових матеріалів, які складаються з різнорідних ниток та забезпечують спрямований ефект теплопровідності, вологопередачі і т.п.

Сфера застосування трикотажних матеріалів постійно розширюється в області побутової продукції, технічних потреб промисловості та інших галузях народного господарства. Нові потреби стимулюють створення нових полотен зі специфічними фізико-механічними властивостями. Адже застосування в трикотажному виробництві еластичних ниток дозволяє отримувати вироби з компресійним ефектом для спорту і медицини, що володіють високою пружною деформацією, формостійкістю, зносостійкістю, стабільністю в різних умовах експлуатації [6].

В роботі досліджено еластичну трикотажну стрічку, яка вироблена на базі утокового переплетення за допомогою 3 гребінок. Еластичність стрічки надається введенням в структуру в якості повздовжнього утку поліуретанової нитки (гребінка Г1) лінійною густиною 125 текс і має повну проборку. Гребінка Г1 виконує зсув в кожному петельному ряді. Тобто в такому випадку еластомерна нитка розташовується між остовами петель ланцюжка та між його протяжками в кожному петельному стовпчику. Грунт переплетення утворений гребінкою Г3, яка утворює закриті петлі ланцюжка поліефірною ниткою лінійної густини 16,7 Текс, саме тому з однієї сторони видно остов петлі, а з іншої протяжки під якими розташовані уточні нитки. Проборка гребінки Г3 повна. Для більшої застилистості трикотажу, з обох сторін поліуретанової нитки прокладається поперечний уток (гребінка Г2) із текстурованої високооб'ємної поліефірної нитки лінійною густиною 33,4 текс, який розташований під остовом та протяжкою ланцюжка. Проборка гребінки Г2 неповна.

Як бачимо, трикотажне полотно має дуже складну петельну структуру, яка виробляється з неменш складних за структурою ниток, що володіють пружно еластичними властивостями, жорсткістю, тертям. Це викликає складну поведінку трикотажу в процесі його виготовлення та експлуатації. Крім того, трикотаж у реальних умовах знаходиться не врівноваженому, а у відносно стійкому стані, що, в свою чергу, погіршує вивчення його поведінки без знання параметрів петельної структури полотна.

Дослідження товщини зразку еластичного трикотажу проводимо за допомогою товщиноміра TP-25 [7].

Таблиця 1

**Розрахункові та експериментальні значення параметрів структури еластичного трикотажу**

	Параметри петельної структури							
	A, мм	B, мм	$N_{c, \text{пет.ст.}}$	$Np_{\text{пет.р}}$	$l_{л, \text{мм}}$	$l_{ел, \text{мм}}$	$m_s, \text{г/м}^2$	M, мм
Теоретичний розрахунок	0,6	0,42	166,00	238,0	1,76	0,41	319	2,1
Експериментальні дослідження	0,62	0,43	160	230	1,92	0,40	334	2,1

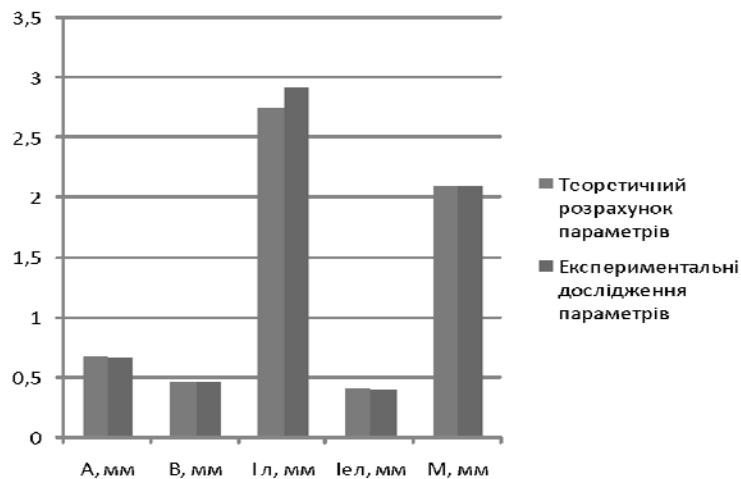


Рис. 1. Порівняння теоретичних та експериментальних значень параметрів еластичного трикотажу

З даних діаграми бачимо, що значення експериментальних досліджень та теоретичного розрахунку параметрів структури трикотажу майже не відрізняються – відхилення становить від 1% до 4%. Тобто проектування параметрів еластичної стрічки проведено вірно, так як похибка значень теоретичних розрахунків кількості петельних рядів, довжини ниток в петлях, поверхневої щільності від значень експериментальних досліджень становить від 0,6% до 4%.

Для дослідження релаксаційних характеристик використано стійку-релаксометр, що призначена для визначення одно циклових характеристик трикотажу. Результати розрахунків повної деформації та її складових часток представимо в таблиці 2.

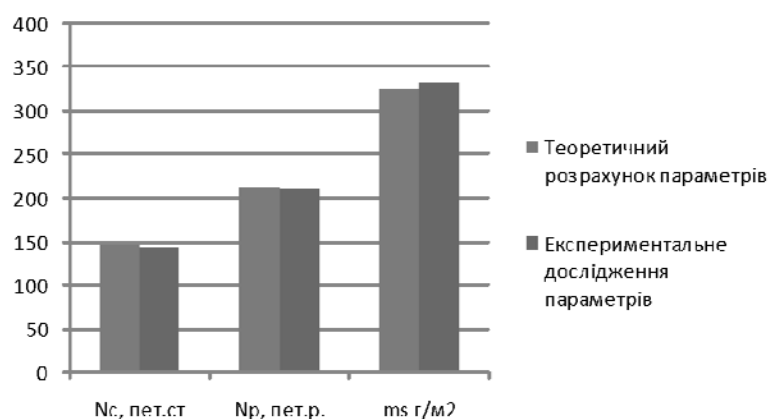


Рис. 2. Порівняння теоретичних та експериментальних значень кількості пет. рядів та пет. стовпчиків, поверхневої щільності зразка

Таблиця 2

### Релаксаційні характеристики залежно від часу дії навантаження трикотажної стрічки

Номер зразка	Повна деформація $\varepsilon(t)$ , %	Складові частини деформації, %			Частка складової частини деформації		
		$\varepsilon_{шв.зв.}$	$\varepsilon_{пов.зв.}$	$\varepsilon_{зали}$	Швидко зворотна $\Delta\varepsilon_{шв.зв.}$	Повільно зворотна $\Delta\varepsilon_{пов.зв.}$	Залишкова $\Delta\varepsilon_{зали}$
1	185	175	9	1	0,94	0,048	0,005
2	184	172	11	1	0,93	0,059	0,005
3	185	173	12	0	0,93	0,064	0,0
4	184	173	10	1	0,94	0,054	0,005
5	185	173	10	1	0,93	0,054	0,005

На основі даної таблиці будемо діаграму (рис. 3), на якій зображені частки складових частин деформації еластичної бандажної стрічки.

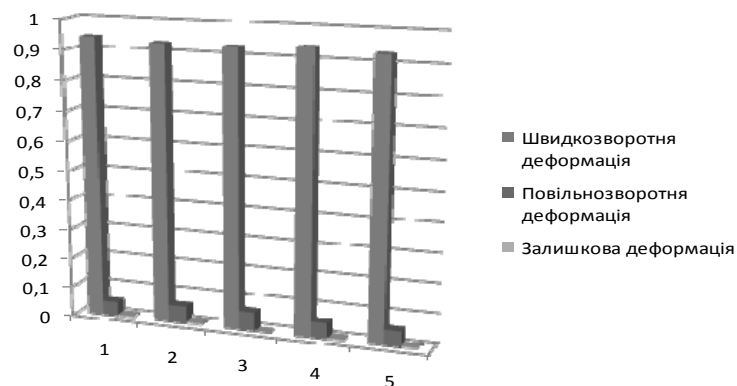


Рис. 3. Показники частки складових частин деформації зразків з підприємства «Алком»

Отже, з даної діаграми можна зробити висновки, що еластична трикотажна стрічка відповідає всім стандартам та вимогам до трикотажних еластичних виробів медичного призначення. Відхилення по показникам релаксаційних характеристик знаходиться в межах 1%. Еластична бандажна стрічка є досить пружною і формостійкою, оскільки залишкова деформація дорівнює 0,8%, а повільнозворотня деформація складає 10,4%.

Метод визначення повітропроникності, полягає в вимірі об'єму повітря, що проходить крізь задану площину випробувального матеріалу за одиницю часу при визначеному розрядженні під точковою пробєю. При проведенні випробування використано прилад марки ATL – 2(FF – 12), що забезпечує вимірювання повітропроникності в діапазоні від 2,5 до 10750 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>с; розрядження під точковою пробєю 49 Па (5 мм вод. ст.); силу стискання точкової проби 147 Н (кгс). Результати досліджень експериментальних зразків на повітропроникність представлені в таблиці 3.

На основі даних таблиці 3 будемо гістограму результатів повітропроникності еластичного основов'язаного трикотажу, яка представлена на рис. 4.

## Повітропроникність експериментальних зразків еластичної трикотажної стрічки

Номер зразка	Кількість повітря V, л/год					V <sub>сер</sub>	Q <sub>max ml</sub>
	2						
1	161	165	161	160	165	162	4,5
2	157	160	155	162	155	158	4,4
3	156	152	150	152	145	151	4,2
4	151	155	149	145	150	150	4,1
5	156	150	146	150	155	151	4,2
6	162	155	164	160	153	158	4,4
7	160	164	155	150	158	157	4,3
8	158	161	163	160	160	160	4,4
9	157	164	155	158	160	159	4,4
10	156	157	160	159	159	158	4,4

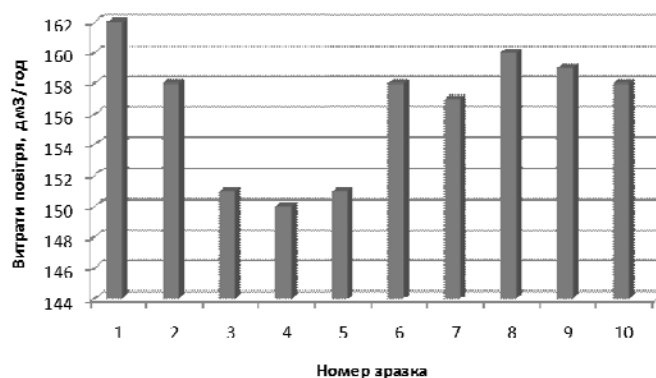


Рис. 4. Діаграма повітропроникності трикотажу

Визначено, що повітропроникність еластичної трикотажної стрічки, виготовленої з поліефірних текстурованих та поліуретанових ниток низька, це обумовлено великою щільністю зразків трикотажу. Сировинний склад трикотажних зразків, відіграє значний вплив на властивості повітропроникності, це зумовлено фізико-механічними властивостями сировини, так як еластомерні нитки, взагалі не пропускають повітря.

Різниця показників повітропроникності, яка представлена на діаграмі 3 обумовлена тим, що при виготовленні всіх зразків еластичної стрічки довжина нитки в петлі змінювалась, що призвело до різної щільності петельної структури, за рахунок чого обумовлена різниця показників.

Для більш наглядного уявлення від чого ж залежить повітропроникність основов'язаного еластичного трикотажу, представимо діаграму залежностей повітропроникності від кількості петельних рядків (рис. 5).

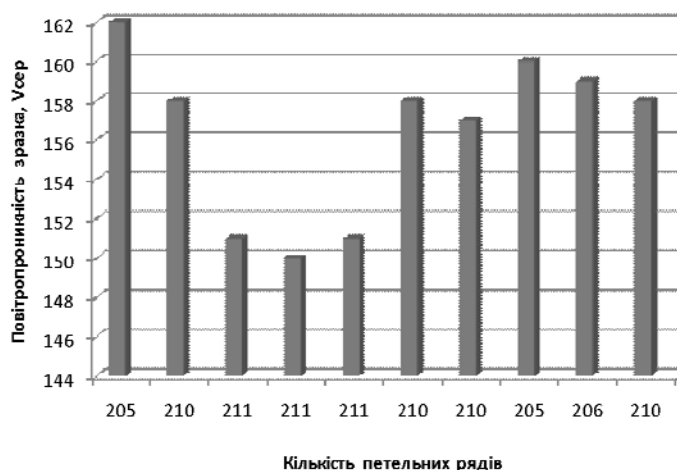


Рис. 5. Діаграма залежностей повітропроникності від кількості петельних рядків

Показники повітропроникності при зміні кількості петельних рядків від максимального до мінімального значення в зразках трикотажу змінюються. Це пояснюється тим, що при мінімальній кількості рядків, трикотаж має менш щільну структуру, тобто його пористість зростає, що забезпечує зменшення перешкод для проходження повітря. А при максимальній кількості рядків, навпаки, щільність полотна збільшується, при цьому його пористість набагато зменшується, що забезпечує перешкоду для проходження повітря.

### Висновки

З кожним днем в усьому світі та й в Україні набирає обертів розвиток медичного текстилю. На сьогоднішній день виробництво медичного трикотажу становить приблизно 10% від технічного текстилю. Трикотажні вироби медичного призначення користуються великою популярністю у зв'язку з профілактикою таких захворювань, як: варикозне розширення вен, рецидиви після оперативного лікування, остеохондроз, реабілітація після травм, ударів та ін. Тому виробництво цих виробів є досить продуктивним на сьогодні.

Дана робота присвячена дослідженню основов'язаної бандажної стрічки з вмістом еластомерної нитки. В якості ґрунтового переплетення обрано ланцюжок, який поєднується з поперечним та повздовжнім утком. Пружність та еластичність матеріалу задається поліуретановою ниткою, яка введена в структуру як повздовжній уток. Для забезпечення застилистості трикотажу прокладено поперечний уток з поліефірної нитки з одного та іншого боку стрічки.

Параметри даної структури було визначено за допомогою розрахунків та експериментально. Довжина нитки в петлі ґрунту була визначена експериментально і склала 1,92%, що на 4% більше від розрахункового значення, але це є в межах норми. Щільність по вертикалі менша на 3,5% від розрахункового значення і дорівнює 230 рядів. Щільність по горизонталі склала 160 петельних стовпчиків. Поверхнева густина дорівнює 334 г/м<sup>2</sup>. Загалом відхилення між розрахунковими на експериментальними значеннями параметрів структури склало від 0,6% до 4%.

Також було досліджено релаксаційні характеристики трикотажу та повітропроникність. Виявлено, що повітропроникність еластичної трикотажної стрічки, виготовленої з поліефірних текстурованих та поліуретанових ниток низька і дорівнює 4,3 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>, це обумовлено великою щільністю зразків трикотажу. Було досліджено також, що дана стрічка є формостійкою, має залишкову деформацію 0,8%, і відповідає всім нормативам. Для виготовлення даної еластичної стрічки пропонується основов'язальне обладнання з електронним управлінням гребінок таких фірм, як Jacob Muller A.G. (Швейцарія), COMEZ, Karl Mayer та ін.

### Література

1. Распространенные товары медицинского назначения [Электронный ресурс] : Знайтовар. – 2017. – № 4. – С. 21. – Режим доступа : <http://www.znaytovar.ru>
2. Кукин Г.Н. Текстильное материаловедение (волокна и нити) : учеб. для вузов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.Н. Кобляков. – 2-е изд. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 352 с.
3. Изделия медицинские эластичные фиксирующие и компрессионные. Общие технические требования. Методы испытаний : ГОСТ 16218.9-89. – [Чинний від 1991 – 07 - 01]. – М. : Издательство стандартов, 1999.
4. Хартманн П. Медицинские технологии [Электронный ресурс] / Пауль Хартманн // Медицинские технологии. – 2018. – № 1 – С. 19. – Режим доступа : [http://www.combisensation.ru/library/library/nauchnye\\_stati/Kompressionnaya-terapiya-zabolevanij-ven-nizhnih-konechnostej/](http://www.combisensation.ru/library/library/nauchnye_stati/Kompressionnaya-terapiya-zabolevanij-ven-nizhnih-konechnostej/)
5. Новые материалы при изготовлении медицинских изделий [Электронный ресурс] // Новые материалы. – 2015. – № 6 – С. 45. – Режим доступа : <http://tiddlypom.ru>
6. Шапалина А.С. Разработка ассортимента и технологии изготовления компрессионного медицинского трикотажа : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к.т.н : 01.03.93 / Шапалина Анна Сергеевна. – М., 1993. – 275 с.
7. Материалы текстильные. Полотна. Метод определения толщины : ГОСТ 12023-93. – [Чинний від 01.12.2005]. – М. : Издательство стандартов, 2005.

### References

1. Common Medical Supplies [Electronic Resource]: Znaytovar magazine. – 2017. – № 4 – P. 21. – Mode of access: <http://www.znaytovar.ru>
2. Kukin G.N. Textile material (volokna and thread): studies / G.N. Kukin, A.N. Soloviev, A.N. Koblyakov. Textbook for universities, 2nd edition. – M.: Legprumbyzdat, 1989 – 352 s.
3. GOST 16218.9-89. Medical elastic fixation and compression products. General technical requirements. Test methods. – [Chinniy vid 1991 - 07 - 01]. – M.: Publishing Standards, 1999.
4. Medical Technologies Paul Hartmann [Electronic Resource]: Journal of Medical Technologies. – 2018. – № 1 – P. 19. – Mode access to the journal: [http://www.combisensation.ru/library/library/nauchnye\\_stati/Kompressionnaya-terapiya-zabolevanij-ven-nizhnih-konechnostej/](http://www.combisensation.ru/library/library/nauchnye_stati/Kompressionnaya-terapiya-zabolevanij-ven-nizhnih-konechnostej/)
5. New materials in the manufacture of medical products [Electronic Resource]: the magazine New Materials. – 2015. – № 6 – P. 45. – Mode Access: <http://tiddlypom.ru>
6. Shapalina A.S. "Development of assortment and technology of manufacture of compressional medical recording". Ph. D.: 01.03.93 / Shapalina Anna Sergeevna. – M., 1993. – 275 s.
7. GOST 12023-93. Textile materials. Flying. Method of determining the thickness. [Chinniy vid 01.12.2005]. M.: Publishing house of standards, 2005.

Рецензія/Peer review : 31.08.2018 р.

Надрукована/Printed :22.11.2018 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. Галавська Л.Є.