

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_3\_140

**ИССЛЕДОВАНИЕ ГИБРИДНОГО КУЛИРНОГО ТРИКОТАЖА  
ПЛАТИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ  
С УЛУЧШЕННЫМИ ГИГИЕНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ\***

**EXAMINATION OF HYBRID PLATED JERSEY FABRICS  
WITH IMPROVED HYGIENIC PROPERTIES**

*Д.И. БЫКОВСКИЙ, А.В. ЧАРКОВСКИЙ, А.С. ДЯГИЛЕВ, Е.М. ЛОБАЦКАЯ*

*D.I. BYKOVSKI, A.V. CHARKOVSKIJ, A.S. DYAGILEV, E.M. LOBATSKAJA*

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State University of Technology, Republic of Belarus)

E-mail: denisbykouskij@yandex.ru

*Гибридный трикотаж – это трикотаж, содержащий элементы петельной структуры, образованные из нитей (пряжи) разного вида, волокнистого состава. Простейшим видом гибридного является трикотаж платированных переплетений. Рассмотрены особенности прокладывания нитей на модернизированной однофонтурной кругловязальной машине "AUTOSWIFT" для получения платированного трикотажа. Были изготовлены экспериментальные образцы гибридного трикотажа платированного переплетения. В образцах скомбинированы между собой гидрофильные и гидрофобные виды сырья. Измерены гигроскопичность и капиллярность образцов, построены их кривые увлажнения. Построены 3D-модели образцов. В результате проведенных исследований показана целесообразность использования платированных переплетений для получения гибридного трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами. Предложено для создания изнаночной влагопринимательной прилегающей к коже стороны трикотажа использовать гидрофобные мультифиламентные полиэфирные нити. Лицевую влаговпитывающую сторону трикотажа предложено формировать из гидрофильной хлопчатобумажной или льняной пряжи.*

*Hybrid knitted fabrics contain elements of a knitted loop structure, formed from various raw materials, types of yarn. Plated knitted fabric is the simplest type of hybrid knitted fabric. The threading feature of plated knitted fabric production on an*

\* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Министерства образования Республики Беларусь ГР № 20211366 на тему «Разработка библиотеки для 3D-моделирования многослойного гибридного трикотажа управляемой структуры».

*upgraded single jersey circular knitting machine "AUTOSWIFT" are considered. Experimental samples of plated knitted fabrics were made. The samples contain a combination hydrophilic and hydrophobic types of raw materials. Hygroscopicity and capillarity of the samples were measured, and their moisture content curves were plotted. 3D models of the samples of the plated knitted fabrics were created. The expediency of using plated knitted fabrics to improve hygienic properties of the products was shown. Hydrophobic multifilament polyester yarn was recommended to produce the moisture transferring layer of the fabric. Hydrophilic cotton yarn and linen yarn were recommended to produce the front moisture-absorbing layer of the fabric.*

**Ключевые слова:** гибридный трикотаж, платированное переплетение, гигроскопичность, капиллярность, 3D-модель, гидрофобные виды сырья, гидрофильные виды сырья, однофонтурная кругловязальная машина.

**Keywords:** hybrid knitted fabric, plated knitted fabric, hygroscopicity, capillarity, 3D model, hydrophilic types of raw materials, hydrophobic types of raw materials, circular single-needle bar machine.

Гибридные текстильные материалы сочетают в себе нити, волокна из разных видов сырья. Благодаря этому можно совмещать полезные свойства различных нитей, волокон для целенаправленного формирования функциональных свойств изделий. Одним из видов гибридных текстильных материалов является гибридный трикотаж.

Гибридный трикотаж – это трикотаж, содержащий элементы петельной структуры, образованные из нитей (пряжи) разного вида, волокнистого состава. В последние годы интенсивно разрабатываются технологии целенаправленного формирования трикотажа путем сочетания в его структуре различных по свойствам нитей [1...3].

Для создания трикотажа с повышенными гигиеническими свойствами (белье, спортивные изделия, маски медицинские и т. д.) в структуре трикотажа формируют две стороны из разных нитей. Изнаночная прилегающая к телу сторона состоит из гидрофобных (не впитывающих влагу) синтетических нитей. Эти нити, не впитывая влагу, передают ее на лицевую испаряющую сторону, сформированную из гидрофильных (впитывающих влагу) нитей. С лицевой испаряющей стороны влага испаряется в окружающее пространство. Таким образом, создается эффект "сухости" изделия в условиях повышенного потоотделения.

Свойства трикотажа в определенной степени зависят от вида переплетения.

На рис. 1 приведена схема структуры одинарного кулирного трикотажа платированного гладкого переплетения.

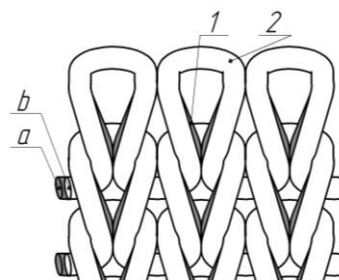


Рис. 1

Петли образованы из двух нитей: грунтовой а и платировочной b. Платировочная нить образует петли 2 на лицевой стороне, а грунтовая – петли 1 на изнаночной стороне трикотажа [4].

Трикотаж платированных гладких переплетений вырабатывается путем прокладывания на иглы вязальной машины и провязывания не менее двух систем нитей: грунтовой и платировочной.

Нити прокладываются на иглы так, чтобы на лицевую сторону трикотажа выходила платировочная нить. Расположение грунтовой и платировочной нитей в остовах петель трикотажа определяется поло-

жением нитей в крючке иглы при выполнении операций петлеобразования.

Независимо от типа игл (язычковых, составных, крючковых) нить, расположенная при выполнении операции "соединение" в головке иглы ближе к ее стрежню, выходит на лицевую сторону трикотажа, а нить, расположенная ближе к крючку иглы, – на изнаночную сторону – это общее правило получения трикотажа платированных переплетений [4].

В лаборатории кафедры технологии текстильных материалов УО "ВГТУ" установлена однофонтурная кругловязальная машина малого диаметра "AUTOSWIFT", модернизированная с целью получения трикотажа платированных переплетений. Исследованы особенности прокладывания обеих нитей на модернизированной машине. Вначале рассмотрим наиболее общий случай нитеподачи на однофонтурной кругловязальной машине при расположении игл по образующей круглой игольницы произвольного радиуса  $R$  и подаче нити из точки  $H$ , не совпадающей с координатными плоскостями (рис. 2).

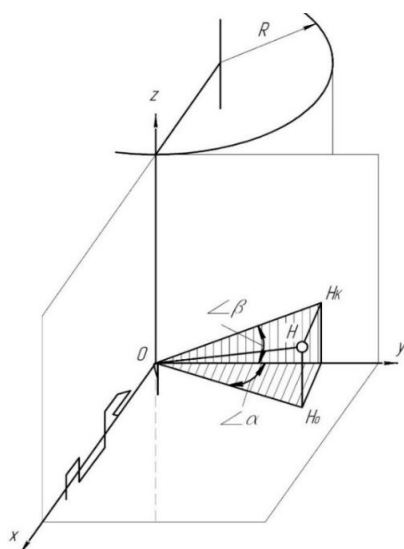


Рис. 2

Плоскость  $YOZ$  – касательная к образующей игольницы в том месте, где крючок иглы, захватив нить, опустится до уровня отбойной плоскости.

Тогда плоскость  $YOX$  совпадает с отбойной плоскостью, а плоскость  $XOZ$  является радиальной плоскостью, проходящей через продольную плоскость иглы. Спроек-

тировав нить  $OH$  на отбойную и касательную плоскости, получим углы между ее проекциями и осью  $OX$ :

1) угол наклона нити к отбойной плоскости, в которой расположены петли трикотажа, – петельный угол подачи нити  $\beta$ ;

2) угол приближения нити к касательной плоскости, показывающий, как далеко расположена нить от игл, – игольный угол подачи нити  $\alpha$ .

Петельный и игольный углы подачи нити являются параметрами нитеподачи и характеризуют условия взаимодействия нити с крючками игл [5].

На рис. 3 приведена фотография, иллюстрирующая схему подачи нити на однофонтурной кругловязальной машине малого диаметра "AUTOSWIFT".

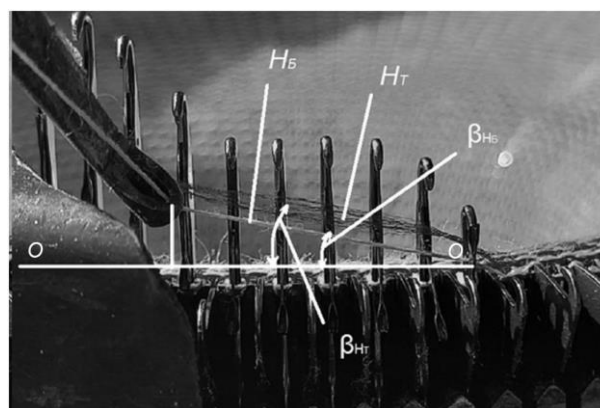


Рис. 3

На иглы подаются две нити: темная  $H_t$  и белая  $H_b$ . Линией  $O-O$  обозначена отбойная плоскость. При этом петельный угол подачи темной нити больше петельного угла подачи белой нити:

$$\beta_{H_t} > \beta_{H_b}.$$

При вынесении нити под крючок иглы нить, подаваемая под большим петельным углом, то есть темная нить  $H_t$ , расположится ближе к крючку иглы, и петля из нее в соответствии с общим правилом получения трикотажа платированных переплетений должна выйти на изнаночную сторону.

Экспериментальная выработка трикотажа показала, что в полученном трикотаже нить  $H_t$  образует петли на лицевой стороне,

что противоречит выше приведенным рассуждениям. Для установления истинной причины расположения нити Н<sub>Г</sub> на лицевой стороне трикотажа рассмотрим игольные углы подачи обеих нитей.

На рис. 4 приведена фотография, показывающая игольные углы подачи нитей Н<sub>Г</sub>, Н<sub>Б</sub>.

Линией О'1–О'2–О'3 обозначена касательная плоскость.

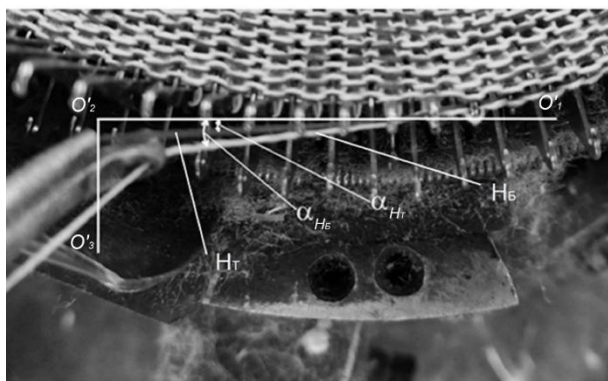


Рис. 4

Игольный угол подачи нити Н<sub>Г</sub> меньше игольного игла подачи Н<sub>Б</sub>:

$$\alpha_{НГ} < \alpha_{НБ} .$$

В этом случае при выполнении операций "вынесение" – "соединение" нить Н<sub>Г</sub>, более приближенная к иглам, чем нить Н<sub>Б</sub>, располагается ближе к стержню иглы и в соответствии с общим правилом получения трикотажа платированных переплетений должна выходить на лицевую сторону, так как это и произошло при экспериментальной выработке трикотажа. Таким образом, установлено, что решающее значение в данном случае имеет различие в игольных углах подачи обеих нитей, при этом игольный угол подачи платировочной нити должен быть меньше игольного угла подачи грунтовой нити, то есть должно соблюдаться условие:

$$\alpha_{П} < \alpha_{Г} .$$

Различие в петельных углах подачи (в данном случае  $\beta_{П} < \beta_{Г}$ ) не имеет значения.

На однофонтурной кругловязальной машине "AUTOSWIFT" были изготовлены 16 вариантов экспериментальных образцов гибридного трикотажа платированного переплетения. В образцах скомбинированы между собой гидрофильные и гидрофобные виды сырья. В качестве гидрофильных выбраны льняная и хлопчатобумажная пряжа, в качестве гидрофобных – полиэфирные нити с числом филаментов 48 и 288. Вид сырья и линейная плотность нитей (пряжи) образцов трикотажных полотен представлены в табл. 1.

Гигроскопичность и капиллярность – важные свойства текстильных материалов, контактирующих с телом [3], [6], [7]. Проведены исследования гигроскопичности и капиллярности образцов трикотажных полотен, указанных в табл. 1, в соответствии с действующей нормативной документацией ГОСТ 3816–87.

Т а б л и ц а 1

№ п.п.	Вид и линейная плотность нитей, текс	
	Платировочная нить трикотажа	Грунтовая нить трикотажа
1	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Льняная пряжа 30 текс
2	Льняная пряжа 30 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
3	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
4	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
5	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Льняная пряжа 30 текс
6	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
7	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
8	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
9	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Льняная пряжа 30 текс
10	Льняная пряжа 30 текс	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
11	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
12	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2
13	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс	Хлопчатобумажная пряжа 36 текс
14	Льняная пряжа 30 текс	Льняная пряжа 30 текс
15	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2	Полиэфирные нити (18,5 текс f48) × 2
16	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2	Полиэфирные нити (16,7текс f288) × 2

Также подобрана модель зависимости уровня влажности от времени и построены кривые увлажнения образцов в соответствии с ней. Для анализа данных использовался язык Julia [8], [9].

Указанная модель с высокой степенью достоверности аппроксимации описывает экспериментальные данные и согласуется со следующими теоретическими предположениями: в начале увлажнения фактическая влажность трикотажных полотен равна нулю; фактическая влажность трикотажных полотен асимптотически стремится к постоянной величине – предельной фактической влажности; скорость изменения фактической влажности максимальна в начальный момент времени и с течением времени стремится к нулю.

В соответствии с приведенными требованиями модель представляет собой дробно-рациональную функцию [10]:

$$W_{\Phi} = \frac{t}{b_0 + b_1 t}, \quad (1)$$

где  $W_{\Phi}$  – фактический уровень влажности, %;  $t$  – время, прошедшее с начала испытания, мин;  $b_0$  и  $b_1$  – некоторые параметры модели. Через параметр  $b_1$  модели (1) можно найти предельную фактическую влажность, %:

$$W_{\Pi} = \frac{1}{b_1}.$$

Скорость изменения фактической влажности, %/мин, можно найти с помощью параметра  $b_0$  модели (1):

$$W_{\text{H}} = \frac{1}{b_0}.$$

На рис. 5 представлены наиболее показательные кривые увлажнения образцов 13, 14, 15 и 16 вариантов (таблица 1), в которых и платировочная, и грунтовая нить одинаковы по составу.

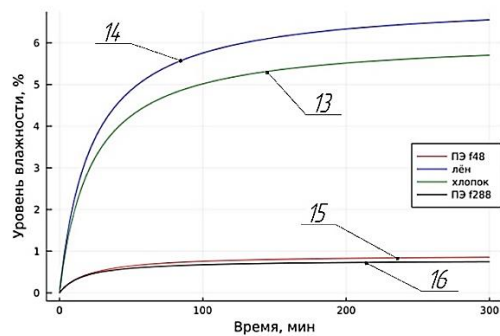


Рис. 5

В соответствии с ГОСТ 3816–87 измерялись фактические уровни влажности в моменты времени: 5, 30, 60, 240 мин после начала испытания. В соответствии со стандартом гигроскопичностью образцов считаются значения их уровней влажности в точках графиков, соответствующих 240 мин увлажнения. Максимальную гигроскопичность 6,5% имеет образец 14 варианта, состоящий из льняной пряжи. Несколько меньшую гигроскопичность 5,5% имеет образец 13 варианта, состоящий из хлопчатобумажной пряжи. Значительно меньшую гигроскопичность, менее 1%, имеет образец 15 варианта, состоящий из полиэфирных нитей с числом филаментов 48. Наименьшую гигроскопичность имеет образец 16 варианта, состоящий из полиэфирных нитей с числом филаментов 288.

Образцы вариантов 1...12 (табл. 1), кривые увлажнения которых не представлены на рис. 5, состоят из разных видов сырья: каждый – из двух. Их гигроскопичность находится в промежутке между значениями данного свойства у образцов, состоящих полностью из соответствующих видов сырья.

Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности использования льняной пряжи в качестве платировочной нити для формирования лицевой впитывающей испаряющей стороны трикотажа платированного переплетения с улучшенными гигиеническими свойствами. Также, учитывая цену сырья, целесообразно использовать хлопчатобумажную пряжу с близким уровнем гигроскопичности для формирования лицевой стороны. Изнаноч-

ную влагопринимающую сторону целесообразно формировать из мультифиламентных полиэфирных нитей с числом филаментов 288, так как их минимальная гигроскопичность позволяет обеспечить эффект "сухости" трикотажа. Полиэфирные нити с меньшим числом филаментов (48) хуже подходят для этой цели, потому что их гигроскопичность выше.

Для изнаночной влагопринимающей стороны важна способность передавать влагу на лицевую влагопитывающую испаряющую сторону. Таким образом, для эффективного выбора сырья помимо гигроскопичности важно учитывать капиллярность внутреннего влагопринимающего слоя.

На рис. 6 показана диаграмма капиллярности образцов 15, 16, состоящих из полиэфирных нитей с разным количеством филаментов.

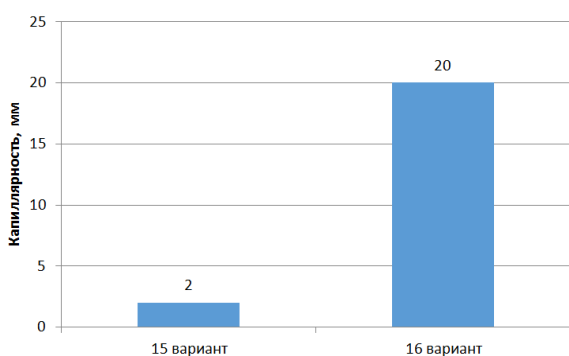


Рис. 6

Капиллярные свойства образца 16 варианта из мультифиламентных полиэфирных нитей с числом филаментов 288 значительно выше (в 10 раз), чем у образца 15 варианта из полиэфирных нитей с числом филаментов 48. Такую разницу можно объяснить наличием в нитях из 288 филаментов множества узких каналов между отдельными филаментами, которые позволяют жидкости эффективно двигаться по ним.

Исследования капиллярности также подтверждают целесообразность использования полиэфирных нитей с большим числом филаментов для формирования изнаночной влагопринимающей стороны, потому что помимо малой гигроскопичности они обеспечивают сравнительно эффектив-

ный отвод влаги от тела человека, что помогает усилить эффект "сухости" платированного трикотажа.

3D-моделирование структуры позволяет наглядно представить особенности строения, оценить физические свойства, внешний вид и другие характеристики трикотажа [3], [11...13]. В рамках данной работы с помощью разработанной авторами библиотеки для САПР КОМПАС-3D [14] осуществлено построение 3D-моделей гибридного трикотажа платированного переплетения всех исследованных вариантов.

3D-модель образца 4 варианта, состоящего из хлопчатобумажной пряжи и мультифиламентных полиэфирных нитей, представлена на рис. 7. На рис. 7-а представлен вид модели спереди, на рис. 7-б – вид сбоку.

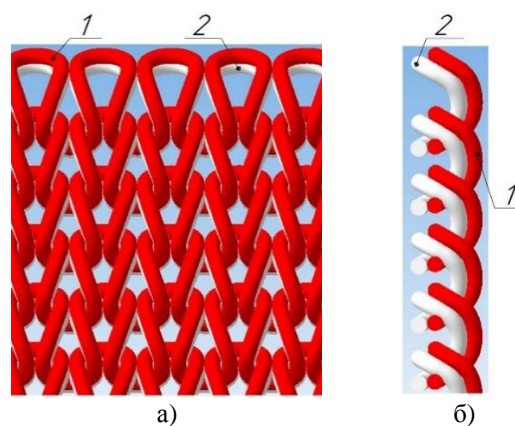


Рис. 7

3D-модель гибридного трикотажа наглядно показывает, что в трикотаже сформированы лицевая и изнаночные стороны из разных нитей. Лицевая сторона 1 состоит из петель, образованных из гидрофильной хлопчатобумажной пряжи линейной плотностью 36 текс. Изнаночная сторона 2 состоит из петель, образованных из гидрофобных полиэфирных нитей линейной плотностью 16,7 текс x 2. Петли одного слоя наложены на петли другого слоя (рис. 7-а) и тесно контактируют между собой (рис. 7-б). Для повышения гигиенических свойств изделий, изготовленных из гибридного кулирного трикотажа платированных переплетений, изнаночная сторона 2 должна быть обращена к источнику влаги, например, внутренняя поверхность белье-

вого изделия, обращенная к коже. В этом случае гидрофобная изнаночная сторона 2 является влагопринимательной, а гидрофильная лицевая сторона 1 – влаговпитывающей и влагоиспаряющей. Изнаночная гидрофобная сторона 2, благодаря капиллярным свойствам нитей с большим количеством филаментов, а также большой суммарной площади контакта с гидрофильной лицевой стороной, активно собирает и переводит влагу наружу в гидрофильную лицевую сторону 1. Важно отметить, что гидрофобная изнаночная сторона 2 в условиях повышенного выделения влаги (пота) не намочит, т. к. нити, ее составляющие, не впитывают влагу, а только передают ее наружу на лицевую влагоиспаряющую сторону, откуда она испаряется в окружающее пространство. Таким образом, создается эффект "сухости" изделия в условиях повышенного потоотделения. Благодаря тому, что лицевая влагоиспаряющая сторона выполнена из намочающих гидрофильных нитей, повышается интенсивность выведения и испарения влаги в окружающее пространство.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований показана целесообразность использования платированных переплетений для получения гибридного трикотажа с улучшенными гигиеническими свойствами. В таком трикотаже лицевая и изнаночная стороны образуются из различных нитей в процессе его формирования.

Для создания влагопринимательной прилегающей к коже стороны трикотажа целесообразно использовать гидрофобные мультифиламентные полиэфирные нити, обладающие достаточно высокой капиллярностью и низкой способностью впитывать влагу. Лицевую влаговпитывающую сторону целесообразно формировать из гидрофильной хлопчатобумажной или льняной пряжи, обладающей высокой способностью впитывать влагу.

Построена 3D-модель гибридного трикотажа платированного переплетения с изнаночной влагопринимательной стороной из

гидрофобных мультифиламентных полиэфирных нитей и лицевой влаговпитывающей стороной из гидрофильной натуральной пряжи. Модель наглядно представляет особенности структуры такого трикотажа. Анализ структуры подтверждает наши рекомендации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колесников Н.В. Исследование влаговыводящих свойств функциональных трикотажных полотен бельевого назначения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, № 1 (337). С. 15...17.
2. Катаева, С. Б., Немирова Л.Ф., Таипулатов С.Ш., Муминова У.Т., Жилисбаева Р.О. Исследование трикотажных полотен для термобелья повседневного использования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 5 (383). С. 154...158.
3. Charkovskij, A., Bykouski, D., Samoilov A. Development of the Lower Limb Stump Prosthetic Sock // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 080001-1...080001-5.
4. Кудрявин, Л.А. Шалов, И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбыт-издат, 1991.
5. Марисова, О.И. Трикотажные рисунчатые переплетения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
6. Zhou L., Zhang P.H. Shen W., Xie M.D. Fiber Hygroscopicity Affects Thermo-Moisture Comfort of Elastic Knitted Fabric // Advanced Materials Research. – 2011, V. 332-334. P. 731...734.
7. Çil M.G., Nergis U.B., Candan C. An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton—Acrylic Knitted Fabrics // Textile Research Journal. – 2009, V. 79. P. 917...923.
8. Белов Г. В., Аристова Н.М. О возможностях использования языка программирования Julia для решения научных и технических задач // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия "Приборостроение". – 2020. № 2. С. 26...43.
9. Зырянов Д. М., Емельянов А.А., Лещенко К.С. Язык научных вычислений Julia // Оригинальные исследования (ОРИС). – 2020. № 9. С. 50...56.
10. Dyagilev A., Bykouski D., Charkovskij A., Holovenko T., Shovkomud A. Estimation of Hygroscopicity of Knitted Fabrics // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 050003-1...050003-6.
11. Zhang A., Li X., Jiang G., Dong Zh., Cong H. 3-D simulation of double-bar plush fabrics with jacquard patterns // AUTEX Research Journal. – 2018, V. 18. № 3. P. 243...250
12. Xiong Y, Miao X, Zhang A, Jiang G. Computer simulation for warp knitted brushed fabric with patterned piles // Textile Research Journal. – 2016, V. 86. №15. P. 1659...1667.

13. Zhang A., Li X., Ma P., Xiong Y., Jiang G. 3D simulation model of warp-knitted patterned velvet fabric. // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2016, V. 28. № 6. P. 794...804.

14. Быковский Д. И., Чарковский А. В. Development of the library for 3D modeling and computer-aided design of plated knitted fabrics // Нанопроектирование, технология, компьютерное моделирование – NDTCS-2021 : Тезисы докладов XIX Международного симпозиума (Республика Беларусь, Минск, 28-29 октября 2021 года). – Минск, 2021. С. 88...89.

#### REFERENCES

1. Kolesnikov N.V. Issledovanie vlagovyvo-djash-hih svojstv funkcional'nyh trikotazhnyh poloten bel'evogo naznachenija // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2012, № 1 (337). S. 15...17.

2. Kataeva, S. B., Nemirova L.F, Tashpulatov S.Sh., Muminova U.T., Zhilisbaeva R.O. Issledovanie trikotazhnyh poloten dlja termobel'ja povse-dnevnogo ispol'zovanija // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 5 (383). S. 154...158.

3. Charkovskij, A., Bykouski, D. Samoilo A. Development of the Lower Limb Stump Prosthetic Sock // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 080001-1...080001-5.

4. Kudrjavina, L.A. Shalov, I.I. Osnovy tehnologii trikotazhnogo proizvodstva. – M.: Legprom-bytizdat, 1991..

5. Marisova, O.I. Trikotazhnye i risunchatye perepletienija. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Leg-kaja i pishhevaja promyshlennost', 1984.

6. Zhou L., Zhang P.H. Shen W., Xie M.D. Fiber Hygroscopicity Affects Thermo-Moisture Comfort of Elastic Knitted Fabric // Advanced Materials Research. – 2011, V. 332-334. P. 731...734.

7. Çil M.G., Nergis U.B., Candan C. An Experimental Study of Some Comfort-related Properties of Cotton—Acrylic Knitted Fabrics // Textile Research Journal. – 2009, V. 79. P. 917...923.

8. Belov G. V., Aristova N.M. O vozmozhnostjah ispol'zovanija jazyka programmirovaniya Julia dlja reshenija nauchnyh i tehničkih zadach // Vestnik Moskov-skogo gosudarstvennogo tehničkogo universite-ta im. N. Je. Baumana. Serija "Priborostroenie". – 2020. № 2. S. 26...43.

9. Zyrganov D. M., Emel'janov A.A., Leshhenko K.S. Jazyk nauchnyh vychislenij Julia // Original'nye issledovanija (ORIS). – 2020. № 9. S. 50...56.

10. Dyagilev A., Bykouski D., Charkovskij A., Holovenko T., Shovkomud A. Estimation of Hygroscopicity of Knitted Fabrics // AIP Conference Proceedings. – 2022, № 2430. P. 050003-1...050003-6.

11. Zhang A., Li X., Jiang G., Dong Zh., Cong H. 3-D simulation of double-bar plush fabrics with jacquard patterns // Autex Research Journal. – 2018, V. 18. № 3. P. 243...250

12. Xiong Y, Miao X, Zhang A, Jiang G. Computer simulation for warp knitted brushed fabric with patterned piles // Textile Research Journal. – 2016, V. 86. №15. P. 1659...1667.

13. Zhang A., Li X., Ma P., Xiong Y., Jiang G. 3D simulation model of warp-knitted patterned velvet fabric. // International Journal of Clothing Science and Technology. – 2016, V. 28. № 6. P. 794...804.

14. Bykovskij D. I., Charkovskij A. V. Development of the library for 3D modeling and computer-aided design of plated knitted fabrics // Nanoproektirovanie, tehnologija, komp'juternoe modelirovanie – NDTCS-2021 : Tezisy dokladov XIX Mezhdunarodnogo simpoziuma (Respublika Belarus', Minsk, 28-29 oktjabrja 2021 goda). – Minsk, 2021. S. 88...89.

Рекомендована кафедрой технологии текстильных материалов. Поступила 13.05.22.