

УДК 677.025

DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_5\_101

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖА СЛОЖНЫХ СТРУКТУР

## INVESTIGATION OF PROPERTIES OF COMPLEX KNITTING STRUCTURES

Э.Б. ХОЛБОЕВ<sup>1</sup>, Н.Р. ХАНХАДЖАЕВА<sup>2</sup>

E.B. KHOLBOYEV<sup>1</sup>, N.R. KHANKHADJAEVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Джизакский политехнический институт, Джизак, Узбекистан,

<sup>2</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности Ташкент, Узбекистан)

(<sup>1</sup>Jizzakh Polytechnical Institute, Jizzakh, Uzbekistan

<sup>2</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry Tashkent, Uzbekistan)

E-mail: elyorjonxolboyev@gmail.com, nilufar.khankhadjaeva@bk.ru

*В данной статье изучены результаты исследований, посвященных разработке сложных структур трикотажных переплетений. Рассмотрены возможности получения сложных структур трикотажных переплетений на плосковязальных машинах. Разработаны 12 вариантов новых структур трикотажных переплетений. Определены физико-механические свойства образцов. Приведены анализ и закономерность изменения свойств. Даны необходимые рекомендации по применению новых вариантов структур трикотажа. Варианты образцов рекомендованы для ассортимента трикотажных изделий специального назначения.*

*In this article, results of research works devoted to the development of complex knitting structures are studied. The possibilities of obtaining the complex knitting structures on flat knitting machines are considered. Twelve variants of new kind of knitted structures have been developed. An experiment of samples was carried out. Physical and mechanical properties of samples are determined. The article also provides an analysis of changes and regularity in properties. The necessary recommendations on the use of new variants of knitwear structures are given. Samples are recommended for assortment of knitwear for special purposes.*

**Ключевые слова:** трикотаж, переплетение, плосковязальная машина, физико-механические свойства, разрывная нагрузка, удлинение, деформация.

**Keywords: knitwear, structure, flat knitting machine, physical-mechanical properties, breaking strength, elongation, deformation.**

### *Введение*

Производство трикотажных изделий занимает одно из ведущих мест в мировой текстильной промышленности. Ассортимент изделий расширяется, а спрос на них стремительно растет. Ожидается, что мировой рынок текстиля будет расти на 4,0% ежегодно с 2022 по 2030 год и достигнет 1420,3 млрд долларов к 2030 году, согласно «Global Textile Market Size & Share Report за 2022–2030 годы», поэтому для поддержания конкурентоспособности предприятиям отрасли потребуются внедрять передовые технологии [1].

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку новых ресурсосберегающих технологий получения сложных структур трикотажных переплетений. В этом направлении приоритетными считаются исследования по совершенствованию методов создания переплетений со сложной структурой для трикотажных изделий. В источниках [2, 3] приводятся различные способы производства трикотажных изделий, уделяется внимание структуре трикотажа и влиянию его элементов на изменение свойств. Имеются научные труды [4, 5, 6], в которых всесторонне описан принцип работы плосковязальных машин. Возможность вязания сложных структур переплетений, бесшовных изделий и сокращение отходов до минимума также увеличивает интерес к таким машинам [7, 8].

В работе [9] авторами исследовано влияние процесса вязания, крашения и отлежки на длину нити в петле трикотажных полотен переплетений кулирная гладь и ластик. Процесс изучен при вязании базовых переплетений для верхних и спортивных трикотажных изделий.

В некоторых источниках рассмотрены сырьё и структуры переплетений, представляющие собой трехмерное трикотажное полотно, состоящее из двух внешних текстильных основ, которые соединены вместе и разделены прокладочными нитя-

ми [10]. Такие трикотажные полотна используются в качестве текстиля для автомобилей (чехлы для автомобильных сидений, крышка приборной панели), промышленного текстиля (композиты), медицинского текстиля (противопрележные одежды), спортивного текстиля и повседневной одежды (чашки бюстгальтера, подушечки для купальников).

Из вышесказанного следует вывод, что на сегодняшний день ассортимент трикотажных изделий и сфера использования расширяются, требуется разработка сложных структур переплетений для придания тех или иных свойств исходя из элементов петельной структуры. В работах [11, 12] подробно изложен процесс получения сложных структур трикотажа, а также результаты исследований технологических параметров новых разработанных трикотажных переплетений.

В данной статье описаны разработанные авторами варианты новых структур сложных переплетений для плосковязальной машины.

### *Материалы и методы исследования*

Изначально были разработаны рисунчатые раппорты сложных структур трикотажных переплетений, в которых кроме обычных петель участвовали такие рисунчатые элементы, как прессовая петля, набросок, перенесенная петля. Для достижения рисунчатого эффекта и улучшения характеристик сложных структур трикотажа использовались пряжа хлопчатобумажная, ПАН и полиэфирная. Изготовлены четыре вида образцов трикотажа сложной структуры, представленные на рис. 1 (а) структура переплетения варианта 1; б) графическая запись переплетения варианта 1; в) структура переплетения варианта 2; г) графическая запись переплетения варианта 2; д) структура переплетения варианта 3; е) графическая запись переплетения варианта 3; ж) структура переплетения варианта 4; з) графическая запись переплетения варианта 4).

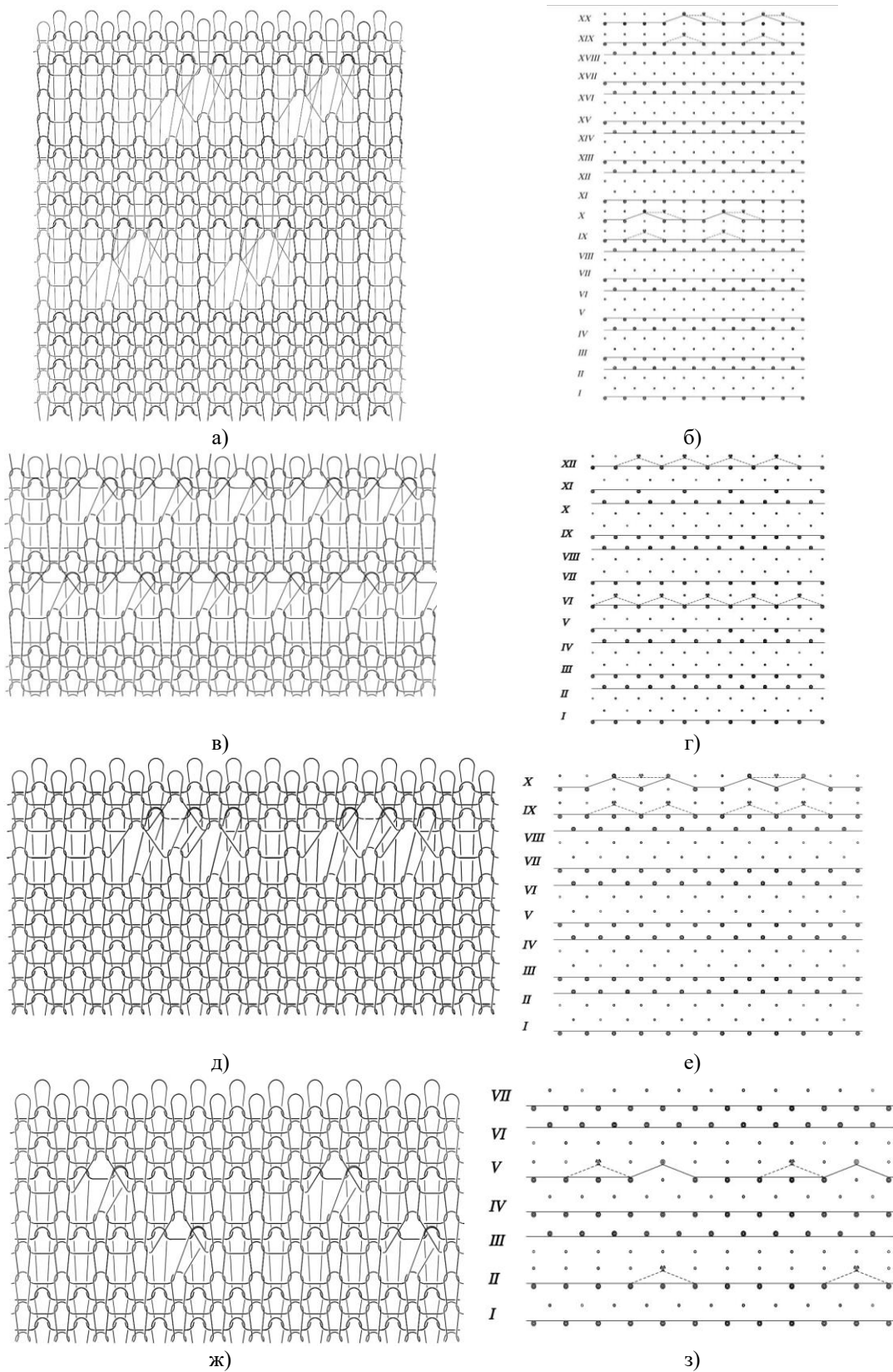


Рис. 1

Проанализированы технологические параметры и физико-механические свойства разработанных вариантов. Результаты

исследования технологических параметров представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№	Вариант	Состав сырья	Петельный шаг А, мм	Высота петельного ряда В, мм	Плотность по горизонтали $P_r$ , петель/дм	Плотность по вертикали $P_v$ , петель/дм	Длина нити в петле L, мм	Поверхностная плотность $M_s$ , г/м <sup>2</sup>	Толщина М, мм	Объемная плотность $\delta$ , мг/см <sup>3</sup>
1	1.1	50% х/б	1,6	0,97	30	51,1	5,92	590,3	2,0	302,7
2	1.2	20текс*2;	1,6	1,58	30	35,5	7,1	562,7	2,2	255,8
3	1.3	50% ПАН	1,56	1,2	31	43	6,73	502,2	1,8	279,0
4	1.4	50текс*2	1,62	1,2	30	42,5	5,8	527,4	1,6	329,6
5	2.1	100% ПАН 50текс*2	1,61	1,33	32,5	41,5	5,08	480,5	2,0	240,3
6	2.2		2,45	1,25	22,5	42,5	5,13	517,1	2,3	229,8
7	2.3		1,68	1,075	29	47	4,98	463,5	2,1	220,7
8	2.4		1,58	1,19	30,5	47	5,35	543,8	1,9	286,2
9	3.1	100% Полиэфир 16,7 текс	1,52	0,7	32	76	3,82	466,2	1,0	466,2
10	3.2		2,45	1,64	22,5	50,5	4,16	486,2	1,2	405,2
11	3.3		1,3	1,2	41,5	58	4,07	438,5	1,1	398,6
12	3.4		2,02	1,3	47	51,5	5,59	488,5	1,6	305,3

Физико-механические свойства образцов проанализированы экспериментально с использованием современных приборов, установленных в сертификационной лаборатории «CENTEXUZ» при ТИТЛП. Прове-

дены испытания по определению воздухопроницаемости, стойкости к истиранию, деформации и т. д. стандартными методами.

#### Результаты и их обсуждение

Показатели свойств сведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Ва-рианты	Разрывная нагрузка Р, Н		Разрывное удлинение $\epsilon$ , %		Деформация				Воздухопроницаемость, см <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> с
	по длине	по ширине	по длине	по ширине	обратимая %		необратимая %		
					по длине	по ширине	по длине	по ширине	
1	371	619	69	95	62,0	92,0	38,0	8,0	78,0
2	468	618	71	93	90,0	76,0	10,0	24,0	96,5
3	501	618	91	106	77,0	79,0	23,0	21,0	126,7
4	469	601	61	89	82,0	73,0	18,0	27,0	65,5
5	496	683	71	86	75,0	82,0	25,0	18,0	81,1
6	561	613	68	71	72,5	66,0	27,5	44,0	72,6
7	561	617	90	98	83,0	80,0	17,0	20,0	83,5
8	481	491	63	78	85,0	76,0	15,0	24,0	58,3
9	388	518	161	63	100,0	82,0	0,0	18,0	112,4
10	386	501	188	33	83,0	88,0	17,0	12,0	96,5
11	518	281	96	44	92,0	100,0	8,0	0,0	145,6
12	236	606	198	71	84,0	82,5	16,0	17,5	143,1

Из таблицы видно, что все образцы показали очень высокую устойчивость к истиранию – свыше 25000 циклов. Воздухопроницаемость образцов варьируется в широком диапазоне: 58,3-145,6 см<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>с, что свидетельствует о том, что есть возможность выбрать нужный вариант исходя из цели использования.

Разрывная нагрузка по длине составила 236-561 Н, а по ширине – 281-619 Н. Она изменяется в пределах 58 % по длине и 54,6 % по ширине. На рис. 2 представлены графики изменений разрывной нагрузки: а – для 50% х/б 20 текс\*2; 50% ПАН 50 текс\*2; б – для 100% ПАН 50 текс\*2; в – для 100% полиэфир 16,7 текс.

Удлинение по длине составило 68...188%, а по ширине – 33...106%. Оно варьируется в пределах 63,8% по длине и 68,8% по ширине.

Из табл. 2 видно, что обратимая деформация по длине составляет 62-100 %, а по ширине – 66-100 %. Необратимая деформация по длине составляет 0...38%, а по ширине – 0...44%. Показатели деформации по ширине имеют более устойчивое стабильное состояние, так как входящие в состав раппорта переплетения дополнительные элементы ажурных петель позволяют петельной структуре принимать состояние равновесия по петельным рядам.

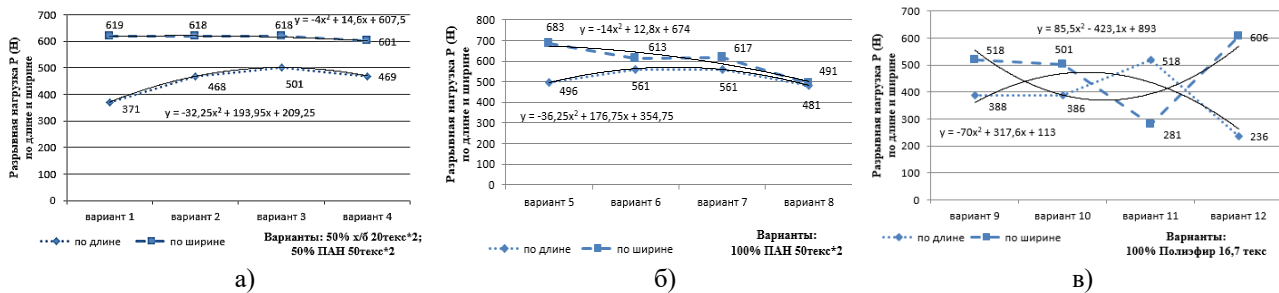


Рис. 2

На рис. 3 приведены графики, показывающие характер изменения обратимой деформации по длине и ширине, на осно-

вании которых можно заранее прогнозировать деформационные свойства сложных структур трикотажных полотен.

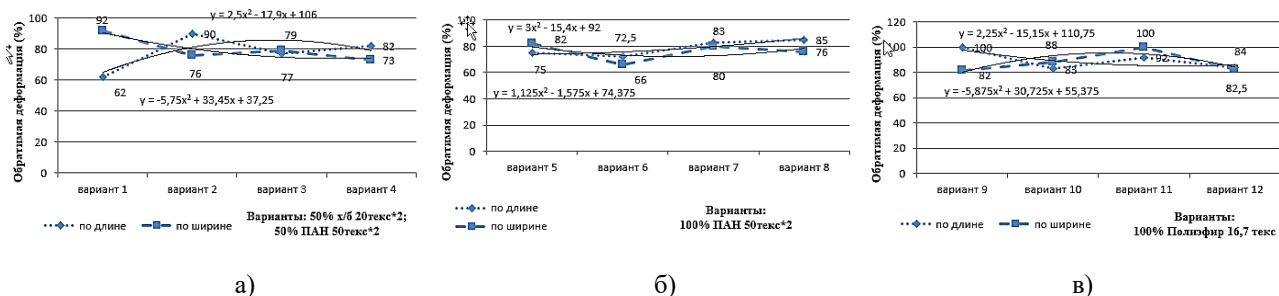


Рис. 3

На рис. 4 представлены графики удлинения образцов под действием нагрузки и сокращения без нагрузки: а – пряжа, б – сложная структура трикотажа по длине, в – сложная структура трикотажа по ширине. Из графиков удлинения и сокращения пряжи видно, что наивысший показатель имеет пряжа ПЭ, а наименьший – хлопчатобумажная.

Анализируя графики удлинения и сокращения сложных структур трикотажных полотен по длине во времени, видим, что наибольший показатель имеет образец из хлопчатобумажной пряжи, а наименьший – из пряжи ПАН. При этом по ширине наибольший показатель имеет образец из пряжи ПАН, а наименьший – из хлопчатобумажной пряжи.

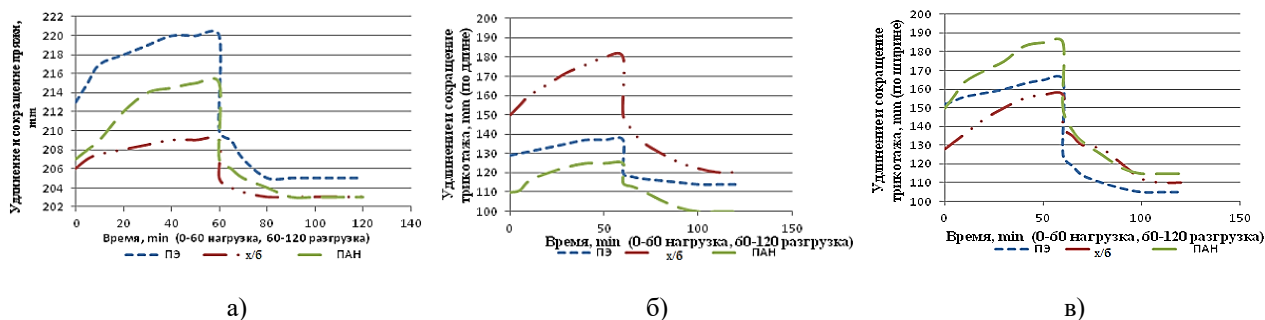


Рис. 4

Из результатов, представленных на этих графиках, можно сделать вывод, что изменения во времени деформации пряжи и трикотажа не соответствуют друг другу. Таким образом, изменение деформации в

трикотажном полотне зависит от вида сырья, а также от его структуры. Чем больше дополнительных элементов входит в состав трикотажного переплетения, тем

более изменчивы характеристики деформации по длине и ширине.

Разработана математическая модель, описывающая изменения разрывной нагрузки и упругой деформации образцов трикотажных полотен сложных переплетений при изменении количества рисунчатых элементов петель в составе. Получены следующие уравнения для вариантов с заправкой: а) 50% х/б 20 текс\*2; 50% ПАН 50 текс\*2; б) 100% ПАН 50 текс\*2; в) 100% полиэфир 16,7 текс:

- уравнение регрессии для изменения разрывной нагрузки по длине

$$y = -32,25x^2 + 193,95x + 209,25;$$

$$y = -36,25x^2 + 176,75x + 354,75;$$

$$y = -70x^2 + 317,6x + 113;$$

- уравнение регрессии для изменения разрывной нагрузки по ширине

$$y = -4x^2 + 14,6x + 607,5;$$

$$y = -14x^2 + 12,8x + 674;$$

$$y = 85,5x^2 - 423,1x + 893.$$

Из уравнений регрессии видно, что зависимость разрывной нагрузки и упругой деформации от количества рисунчатых элементов петель в сложном трикотажном полотне имеет нелинейный вид.

Получены следующие уравнения регрессии изменения обратимой деформации для вариантов с заправкой: а) 50% х/б 20 текс\*2; 50% ПАН 50 текс\*2; б) 100% ПАН 50 текс\*2; в) 100% полиэфир 16,7 текс:

- уравнение регрессии для закона изменения обратимой деформации по длине

$$y = 2,5x^2 - 17,9x + 106;$$

$$y = 1,125x^2 - 1,575x + 74,375;$$

$$y = 2,25x^2 - 15,15x + 110,75;$$

- уравнение регрессии для закона изменения обратимой деформации по ширине

$$y = -5,75x^2 + 33,45x + 37,25;$$

$$y = 3x^2 - 15,4x + 92;$$

$$y = -5,875x^2 + 30,725x + 55,375.$$

## ВЫВОДЫ

В ходе исследования создано 12 вариантов трикотажных переплетений сложной структуры.

Разработана математическая модель, описывающая изменения разрывной нагрузки и упругой деформации трикотажных полотен сложных переплетений при изменении количества рисунчатых элементов петель в составе. Установлено, что наибольшее влияние на показатель разрывной нагрузки сложных структур переплетений оказывает количество рисунчатых элементов петель.

Изменение вышеуказанных характеристик можно проследить с помощью уравнений регрессии. Имеется возможность заранее прогнозировать величины показателей свойств для достижения требуемых значений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.grandviewresearch.com> › industry-analysis
2. Spenser D. Comprehensive handbook of knitting technology. Textbook. – USA Woodhead Publishing LTD 2001. 386 p.
3. <http://www.nvstyle.ru/vidyi-perepleteniya/>
4. Строганов Б.Б. Процессы вязания и механизмы нового плосковязального автомата 848-E7 фирмы «Универсал»: монография. М.: РосЗИТЛП, 2007. 94 с.
5. Строганов Б.Б. Процессы вязания и механизмы нового плоскофангового автомата SES122CS фирмы «SHIMA-SEIKI»: монография. М.: РосЗИТЛП, 2008. 89 с.
6. Hanhadjaeva N., Mukimov M. New Knitting Fabric Structure Made on Flat-Bed Knitting Machine. The Second International Symposium on Educational Cooperation for “Industrial Technology Education” 4.07-6.07.2008y p. 353-364.
7. Lisha Lu, Gaoming Jiang, Guangjun Wu. The knitting methods for seamless garments based on four-needle bed computerized flat machine. Textile Research Journal. Aug 16, 2021. – <https://journals.sagepub.com/action/doSearch?AllField=knitting&SeriesKey=trjc>
8. Xing Liu, Xuhong Miao. Analysis of yarn tension based on yarn demand variation on a tricot knitting machine. Textile Research Journal Mar 3, 2016. – <https://journals.sagepub.com/action/doSearch?AllField=knitting&SeriesKey=trjc>
9. Jorge Llinares Berenguer, Pablo Diaz-Garci'a and Pau Miro' Martinez. Determining the loop length during knitting and dyeing processes. Textile Research

Journal 2021, Vol. 91(1–2) 188–199 journals.sagepub.com/home/trj

10. *Joanne Yip, Sun-Pui Ng*. Study of three-dimensional spacer fabrics: Physical and mechanical properties. *Journal of Materials Processing Technology*. Volume 206, Issues 1–3, 12 September 2008, Pages 359–364. – <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.12.073>

11. *Холбоев Э., Хамидова Д., Ханхаджаева Н.* Структуры сложных трикотажных переплетений // Сб-к науч. тр. Междунар. науч. конф., посвященной 135-летию со дня рождения профессора В.Е. Зотикова. 25 мая 2022 г. М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2022. Ч. 3. С. 119...123.

12. *Elyor Kholboyev, Dilafruz Khamidova, Gulfiya Gulyayeva and Nilufar Khankhadjaeva*. Investigation of the structures of complex knitted fabrics. *International Journal of Mechanical Engineering* ISSN: 0974-5823 Vol. 7 No. 1 January, 2022.

#### REFERENCES

1. <https://www.grandviewresearch.com › industry-analysis>

2. *Spenser D*. Comprehensive handbook of knitting technology. Textbook. – USA Woodhead Publishing LTD 2001. 386 p.

3. <http://www.nvstyle.ru/vidyi-perepleteniya/>

4. *Stroganov B.B.* Knitting processes and mechanisms of new flat knitting automate UNIVERSAL 848-E7: monography. М.: RosZITLP, 2007. 94 p.

5. *Stroganov B.B.* Knitting processes and mechanisms of new flat knitting automate SHIMA-SEIKI SES122CS: monography. М.: RosZITLP, 2008. 89 p.

6. *Hanhadjaeva N., Mukimov M.* New Knitting Fabric Structure Made on Flat-Bed Knitting Machine. The Second International Symposium on Educational Cooperation for “Industrial Technology Education” 4.07-6.07.2008y p. 353-364.

7. *Lisha Lu, Gaoming Jiang, Guangjun Wu*. The knitting methods for seamless garments based on four-needle bed computerized flat machine. *Textile Research Journal*. Aug 16, 2021 <https://journals.sagepub.com/action/doSearch?AllField=knitting&SeriesKey=trjc>

8. *Xing Liu, Xuhong Miao*. Analysis of yarn tension based on yarn demand variation on a tricot knitting machine. *Textile Research Journal* Mar 3, 2016. – <https://journals.sagepub.com/action/doSearch?AllField=knitting&SeriesKey=trjc>

9. *Jorge Llinares Berenguer, Pablo Diaz-García and Pau Miro Martínez*. Determining the loop length during knitting and dyeing processes. *Textile Research Journal* 2021, Vol. 91(1–2) 188–199 journals.sagepub.com/home/trj

10. *Joanne Yip, Sun-Pui Ng*. Study of three-dimensional spacer fabrics: Physical and mechanical properties. *Journal of Materials Processing Technology*. Volume 206, Issues 1–3, 12 September 2008, Pages 359–364. – <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.12.073>

11. *Kholboev E., Khamidova D., Khankhadzaeva N.* Structures of complex knitted weaves // Sat. tr. Intl. scientific conference dedicated to the 135th anniversary of the birth of Professor V.E. Zotikova. May 25, 2022. М.: RSU named after. A.N. Kosygina, 2022. Part 3. P. 119...123.

12. *Elyor Kholboyev, Dilafruz Khamidova, Gulfiya Gulyayeva and Nilufar Khankhadjaeva*. Investigation of the structures of complex knitted fabrics. *International Journal of Mechanical Engineering* ISSN: 0974-5823 Vol. 7 No. 1 January, 2022.

Рекомендована кафедрой переработки текстильных изделий Джизакского политехнического института. Поступила 30.03.23.