

УДК 677.017.8
DOI 10.47367/0021-3497_2025_3_139

**ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ И ВЫСЫХАНИЯ
ОТ РЕЖИМОВ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ ДВУХСЛОЙНЫХ ТРИКОТАЖНЫХ
ПОЛОТЕН ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОЛИЭФИРНЫХ НИТЕЙ***

**DEPENDENCE OF THE RATE OF WATER ABSORPTION AND DRYING ON
THERMAL STABILIZATION MODES OF TWO-LAYER KNITTED FABRICS MADE
OF FUNCTIONAL POLYESTER THREADS**

Н.Н. ЯСИНСКАЯ, Н.В. СКОБОВА

N.N. YASINSKAYA, N.V. SKOBOVA

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Belarus)

E-mail: yasinskaynn@rambler.ru, skobova-nv@mail.ru

В последние десятилетия произошла стремительная популяризация быстросохнущей одежды, важнейшей особенностью которой является быстрый перенос пота на поверхность одежды и ускорение испарения за счет увеличения площади поверхности для быстрого высыхания. В статье представлены результаты исследования скорости водопоглощения и скорости высыхания двухслойных трикотажных полотен, содержащих в одном из слоев функциональные полиэфирные нити ОАО «СветлогорскХимволокно»: нити с функцией управления влагой Quick Dry и микрофиламентные

* Статья подготовлена по материалам доклада международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2024)», которая состоялась 20-21 ноября 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

нити *Soft*. Для выявления функционального различия образцов в зависимости от морфологии поверхности полиэфирной нити применен метод оценки водопоглощения по массе самопроизвольно впитанной материалом жидкости, реализованный на приборе тензиометр СТ-1, оснащенный высокоточными электронными весами с нижним подвесом. Установлена зависимость скорости водопоглощения и высыхания двухслойных трикотажных полотен от температуры и продолжительности термостабилизации. Изучена капиллярно-пористая структура полотен до и после термостабилизации. Доказано сохранение функциональных свойств трикотажных полотен после их термостабилизации в условиях горячего воздуха при температуре 120...160⁰С.

In recent decades, there has been a rapid popularization of quick-drying clothing, the most important feature of which is the rapid transfer of sweat to the surface of clothing and acceleration of evaporation due to an increase in the surface area for rapid drying. The article presents the results of a study of the water absorption rate and the drying rate of two-layer knitted fabrics containing functional polyester threads of OJSC SvetlogorskKhimvolokno in one of the layers: threads with the Quick Dry moisture management function and Soft microfilament threads. To identify the functional difference in samples depending on the surface morphology of the polyester thread used, a method for assessing water absorption by the mass of liquid spontaneously absorbed by the material was used, implemented on the ST-1 tensiometer device, equipped with high-precision electronic scales with a lower suspension. The dependence of the water absorption and drying rate of two-layer knitted fabrics on the temperature and duration of thermal stabilization was established. The capillary-porous structure of the fabrics before and after thermal stabilization was studied. The preservation of the functional properties of knitted fabrics after their thermal stabilization in hot air conditions at a temperature of 120-160⁰C was proven

Ключевые слова: двухслойные трикотажные полотна, функциональные полиэфирные нити, скорость водопоглощения, скорость высыхания, термостабилизация.

Keywords: two-layer knitted fabrics, functional polyester threads, water absorption rate, drying rate, heat stabilization.

Введение

В последние десятилетия произошла стремительная популяризация быстросохнущей одежды. До этого хлопчатобумажные материалы были предпочтительным вариантом для специальной и спортивной одежды из-за высокого поглощения влаги. Однако недостатком такой одежды является длительный процесс сушки после намочения от пота. В отличие от натуральных химических волокон легко сохнут, но плохо впитывают влагу, поэтому пот не может быть устранен вовремя и скапливается

на поверхности кожи. Два свойства – «поглощение влаги» и «быстрое высыхание» – раньше рассматривались как непримиримые противоречия.

В настоящее время известны способы усиления функции поглощения, переноса и отведения влаги гидрофобными материалами путем модификации волокон или использования специальной структуры текстильного материала, чтобы он одновременно был и водопоглощающим, и влагопроводным [1]. Например, полипропиленовое ультратонкое волокно Dr. Yarn пред-

ставляет собой новую разновидность, имитирующую шелк, имеет легкий удельный вес, хорошие теплозащитные и прочностные свойства, устойчиво к истиранию, а также является влагопроводящим и быстросохнущим. Это позволяет использовать его для производства быстросохнущей одежды.

Полиэфирное волокно CoolMax – это волокно особой конструкции, является торговой маркой INVISTA. Оно изготовлено из полиэфира, но в сечении имеет не круглую форму, а состоит из четырех каналов. Благодаря этому у волокна CoolMax площадь поверхности на 20% больше, чем у волокна круглого сечения, и оно обладает повышенными капиллярными свойствами. Эта уникальная структура впитывает влагу, выделяемую телом, гораздо быстрее и сразу переносит ее на наружную поверхность одежды, где она тут же испаряется. Этот вид волокна особенно дорог из-за сложности обработки, и одежду из него обычно покупают спортсмены высокого класса [2, 3].

OMNI-DRY – влагопоглощающая и быстросохнущая ткань, разработанная и производимая компанией COLUMBIA. С технологией Omni-Dry влага распространяется в материале и не остается на коже. Пот впитывается материалом и испаряется с его поверхности. Процесс испарения дает человеку ощущение свежести, а материал остается сухим.

В Республике Беларусь производителем функциональных нитей является ОАО «СветлогорскХимволокно», выпускающее модифицированные полиэфирные нити под торговым знаком SohimSmart Yarns: нити с функцией управления влагой Quick Dry, микрофиламентные нити Soft [4].

Нити Quick Dry состоят из большого числа элементарных нитей в сечении (нить 18,4 текс f144), часть из которых имеет многоканальную структуру, полученную за счет использования профилированных фильер на стадии их производства. Это обеспечивает текстильным материалам способность эффективно управлять влагой за счет мощного капиллярного эффекта, благодаря чему тело человека остается сухим [4].

Микрофиламентные нити Soft (16,7 текс f288) имеют толщину элементарного волокна примерно 5 мкм. Полотна из них меньше пиллингуются, имеют мягкий гриф и улучшенные гигиенические свойства [4].

Таким образом, важнейшей особенностью быстросохнущей одежды является быстрый перенос пота на поверхность одежды и ускорение испарения за счет увеличения площади поверхности для быстрого высыхания [5]. В случае одинаковых внешних условий скорость высыхания быстросохнущих текстильных материалов из модифицированных полиэфирных нитей примерно на 50% выше, чем у обычных хлопчатобумажных [6].

Как известно, текстильные материалы из синтетических волокон подвергают процессу термостабилизации для придания им устойчивых линейных размеров и формы, меньшей сминаемости. Выбор оптимальных условий термостабилизации зависит от вида волокна [7, 8]. Для трикотажных материалов из традиционных полиэфирных нитей температура обработки составляет 190...200 °С. Однако применение в структуре трикотажа функциональных нитей, в частности микрофиламентных, вызывает необходимость снижения температуры фиксации для предотвращения деформационных процессов в структуре волокна.

Цель исследований – установить зависимость скорости влагопоглощения и высыхания двухслойных трикотажных полотен с вложением функциональных нитей от температуры и продолжительности термостабилизации.

Термостабилизации подвергали двухслойные трикотажные полотна, в одном из слоев которых использовались функциональные нити производства ОАО «СветлогорскХимволокно», во втором слое – традиционная полиэфирная нить. Получены следующие образцы: Quick Dry/PEC с содержанием в лицевом слое функциональной нити Quick Dry 18,7 текс (f 144), имеющей в своей структуре элементарные нити с тетраканальным профилем поперечного сечения, в изнаночном слое – традиционная полиэфирная нить PEC 16,7 текс (f48); образец Soft/PEC с содержанием в лицевом слое

микрофиламентной нити Soft 16,7 текс (f288), в изнаночном слое – нить ПЕС [9].

Проведены исследования процесса термостабилизации двухслойных трикотажных полотен из полиэфирных нитей в условиях конвективного теплообмена. Полотна в расправленном свободном состоянии подвергали тепловой обработке в среде горячего воздуха с последующим охлаждением. В качестве варьируемых факторов выбраны температура в сушильной камере T (120, 160 °С) и продолжительность термостабилизации t (диапазон 20, 60 секунд). Выходными параметрами выбраны скорость водопоглощения и скорость высыхания. Для оценки водопоглощения предложен метод измерения массы поглощенной полотном воды с использованием тензиометра СТ-1, оснащенного высокоточными электронными весами с нижним подвесом. Подготавливали образцы размером 20x150 мм (ограничены геометрическими параметрами

прибора), которые подвешивали одним концом на крючок весов, второй конец погружали в емкость с дистиллированной водой определенного объема, глубина погружаемой части составляла 5 мм. Показания весов фиксировались путем видеосъемки в течение 60 минут, после чего рассчитывали показатель водопоглощения. Скорость высыхания определяли с использованием этого же прибора по времени испарения капли жидкости объемом 0,2 мл, нанесенной на материал, в условиях неподвижного воздуха при температуре 20°С [10].

Анализ геометрических параметров термостабилизированных полотен показал, что процесс тепловой обработки повлиял на геометрические характеристики полотна (табл. 1). Поверхностная плотность полотен возросла незначительно, усадка двухслойных полотен увеличилась и достигла равновесного значения 7...7,5%.

Т а б л и ц а 1

Сырьевой состав образца (режим обработки)	Обозначение	Показатель		
		поверхностная плотность, г/м ²	усадка, %	
			вдоль пет. столб.	вдоль пет. ряд.
Quick Dry/ПЕС (контрольный)	обр. I Quick/ПЕС	255,8	-	-
Quick Dry/ПЕС (120°С/20с)		262	1,5	3,5
Quick Dry/ПЕС (120°С/60с)		265	3	4,5
Quick Dry/ПЕС (160°С/20с)		275,5	4	5,5
Quick Dry/ПЕС (160°С/60с)		276	6	7
Soft/ПЕС (контрольный)	обр. II Soft /ПЕС	257	-	-
Soft/ПЕС (120°С/20с)		259	5	2,5
Soft/ПЕС (120°С/60с)		262,7	3	2,5
Soft/ПЕС(160°С/20с)		265,5	5	4,5
Soft/ПЕС (160°С/60с)		267	7,5	7

Как известно, поглощение влаги происходит из-за наличия в материале пор и капилляров, чьи размеры, количество и характер изменяются в процессе термостабилизации. В случае термостабилизации в свободном состоянии размер капилляров и пор увеличивается, что приводит к росту скорости водопоглощения. Однако результаты исследований образцов двухслойных трикотажных полотен, содержащих функциональные и традиционные полиэфирные

нити до и после термостабилизации, показали, что после воздействия температуры капиллярно-пористая структура материалов практически не изменяется, что подтверждается распределением пор по размерам, происходит незначительный рост числа капилляров с размером 20...60 мкм (рис. 1 – кривые распределения пор в структуре образцов двухслойного материала).

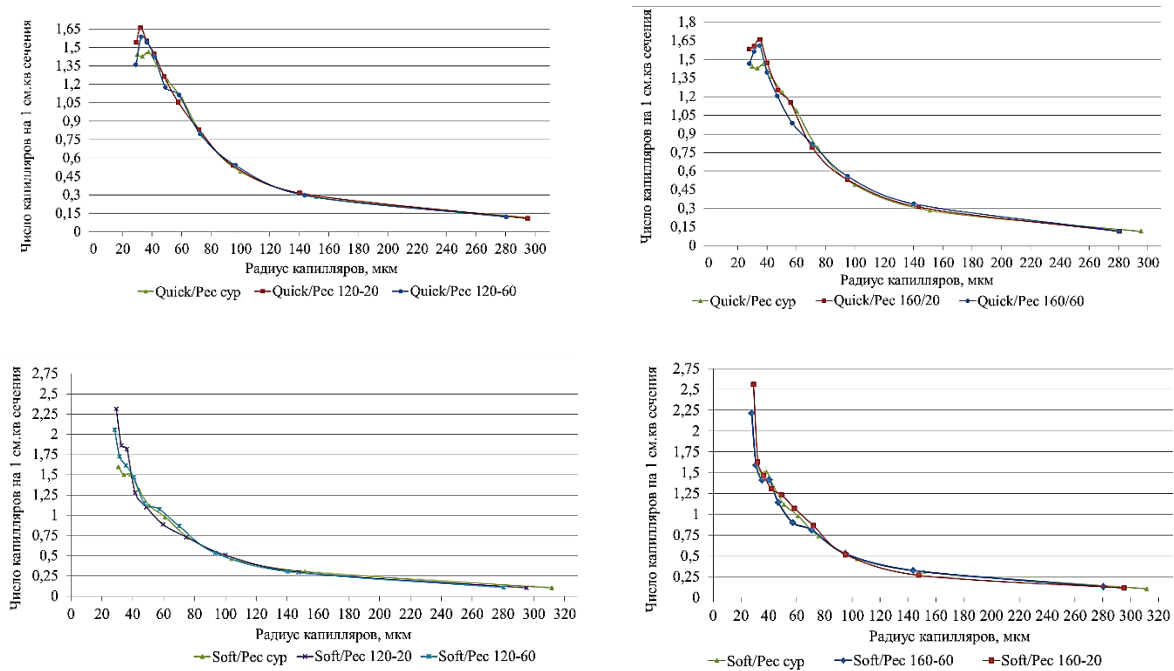


Рис. 1

Соответственно скорость водопоглощения изменяется также незначительно (рис. 2 – кинетические кривые скорости водопоглощения). Полотна, содержащие нити Quick Dry, поглощают воду с большей скоростью, чем полотна с нитями Soft. На кинетических кривых водопоглощения можно выделить два участка: период быстрого и

медленного водопоглощения, что объясняется присутствием пор и капилляров разных размеров. В периоде быстрого водопоглощения снижение скорости в меньшей степени наблюдалось у полотен Quick Dry/ПЕС, что связано с наличием труднодоступных боковых капилляров нитей Quick Dry.

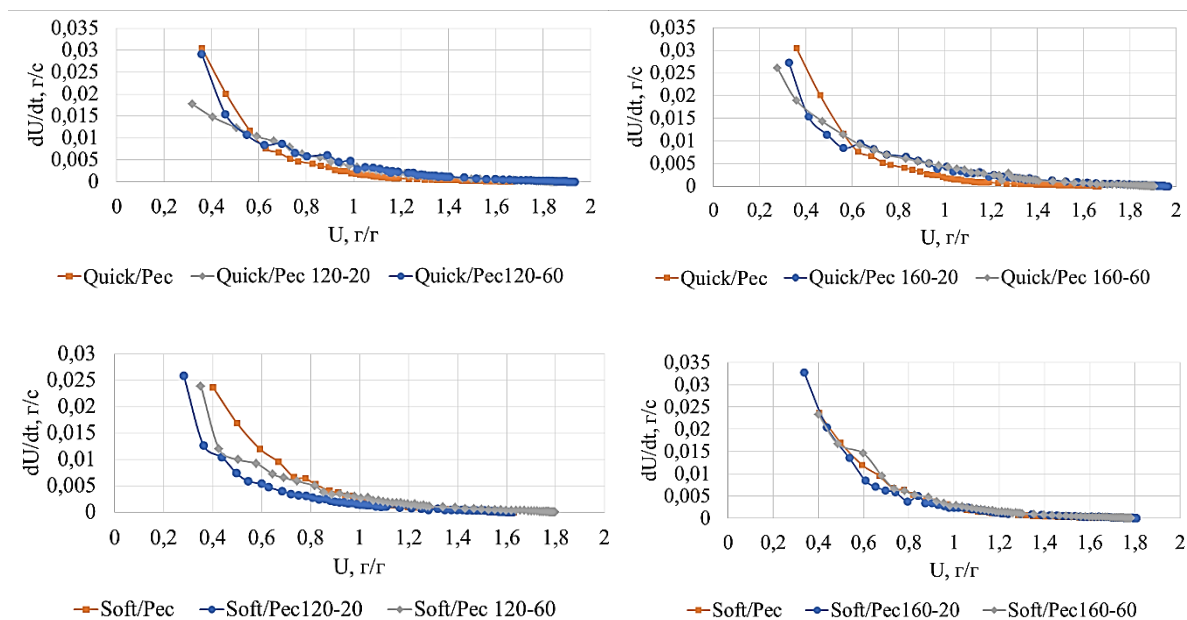


Рис. 2

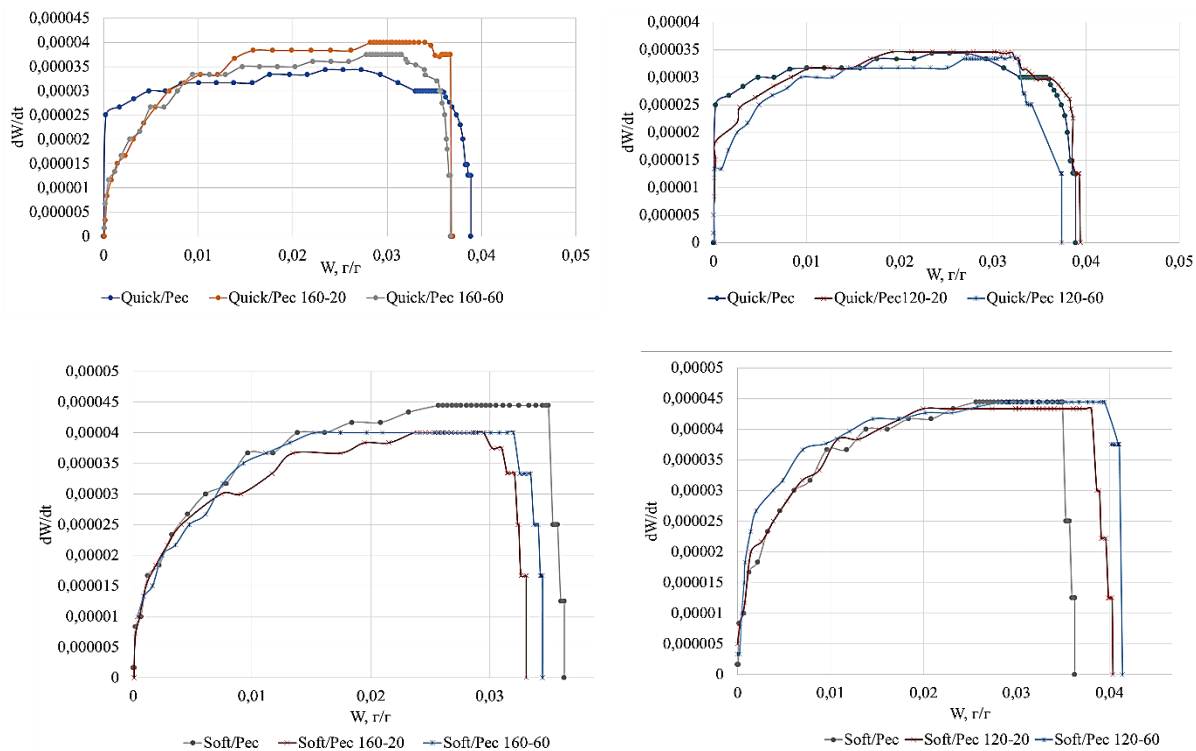


Рис. 3

Анализ кривых сушки в естественных условиях двухслойных трикотажных полотен из функциональных нитей (рис. 3) показывает, что кинетика процесса различна для полотен Quick Dry/ПЕС и Soft/ПЕС, что подтверждается исследованиями, проведенными ранее для нитей Quick Dry и Soft [6], но вид кривых не зависит от температуры и продолжительности термостабилизации полотен. Для полотен Quick Dry/ПЕС свойственно наличие двух периодов постоянной скорости сушки, характеризующихся испарением несвязанной влаги, что обусловлено морфологическими особенностями поверхностей элементарных нитей. Для полотен Soft/ПЕС характерно наличие непродолжительного периода постоянной скорости сушки (испарение несвязанной влаги) и достаточно длительного второго периода испарения капиллярной влаги из микрокапилляров. Скорость высыхания полотен Soft/ПЕС выше, чем Quick Dry/ПЕС, и не зависит от режимов термостабилизации двухслойных трикотажных полотен.

ВЫВОДЫ

В результате исследований установлено, что в процессе термостабилизации в условиях горячего воздуха (120...160 °) происходит незначительное изменение капиллярно-пористой структуры двухслойных трикотажных полотен, содержащих полиэфирные нити с функцией управления влагой Quick Dry, а также микрофиламентные нити Soft. Функциональность полотен не изменяется, и их можно рекомендовать для изготовления быстросохнущей одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Fan Yan-Ngo & Wang Wenyi & Kan Chi-Wai etc. Drying Rate Evaluation of Men's Quick-Dry Sportswear. Vol. 1. P. 1...9. – https://www.researchgate.net/publication/363401907_Drying_Rate_Evaluation_of_Men's_Quick-Dry_Sportswear. Дата обращения 03.10.2024.
2. Гарифуллина Г.А. Инновационные разработки в производстве полиэфирных волокон, применяемых для текстильных материалов. – <https://innovatsionnye-razrabotki-v-proizvodstve-poliefirnyh-vozkon-primenyaemyh-dlya-tekstilnyh-materialov.pdf> (дата обращения 03.09.2024).

3. *Gabr Bahira & Abdullah Asmaa & Hassan Y.M.E.* Thermo-physiological comfort of printed coolmax fabrics // *Textile Asia*. 2010. №41. P. 23...26.

4. <https://www.sohim.by/> (дата обращения 01.08.2024).

5. *Kaikobad Md & Mahmud Md. Faisal & Sayam Abdullah etc.* Evaluation of physical and mechanical characteristics of Three-Thread Fleece knit fabric for their structural changes // *Heliyon*. 2023. Vol.9. Is.11. e21588. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21588>.

6. *Mohamed Hamdaoui & Sassi Ben Nasrallah.* Capillary rise kinetics on woven fabrics – Experimental and theoretical studies // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2015. Vol. 40. p. 150...156. – DOI: 10.56042/IJFTR.V40I2.3953

7. *Балашова Т.Д. и др.* Основы химической технологии волоконистых материалов. М.: СвязьБево, 2006. 363 с.

8. Заявка 2017131870 Российская Федерация, 2 664 237 С1. Способ изготовления флисовых трикотажных полотен.

9. *Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Воробьева А.С.* Исследование влагорегулирующих свойств двухслойных трикотажных структур для функциональной одежды // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2023. № 44. С. 49. – DOI: 10.24412/2079-7958-2023-1-49-58

10. *Ясинская Н.Н., Скобова Н.В.* Оценка функциональных свойств двухслойных трикотажных полотен из модифицированных полиэфирных нитей // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2023. № 3(405). С. 113...119. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_3_113.

REFERENCES

1. *Fan Yan-Ngo & Wang Wenyi & Kan Chi-Wai etc.* Drying Rate Evaluation of Men's Quick-Dry Sportswear. Vol. 1. P. 1...9. – https://www.researchgate.net/publication/363401907_Drying_Rate_Evaluation_of_Men's_Quick-Dry_Sportswear (accessed 03.10.2024).

2. *Garifullina G.A.* Innovative developments in the production of polyester fibers used for textile materials. – <https://innovatsionnye-razrabotki-v-proizvodstve-poliefirnyh-volon-primenyaemyh-dlya-tekstilnyh-materialov.pdf> (access 03.09.2024).

3. *Gabr Bahira & Abdullah Asmaa & Hassan Y.M.E.* Thermo-physiological comfort of printed coolmax fabrics // *Textile Asia*. 2010. №41. P. 23...26.

4. <https://www.sohim.by/> (access 01.08 2024)

5. *Kaikobad Md & Mahmud Md. Faisal & Sayam Abdullah etc.* Evaluation of physical and mechanical characteristics of Three-Thread Fleece knit fabric for their structural changes // *Heliyon*. 2023. Vol. 9. Is. 11. e21588. – DOI:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21588>.

6. *Mohamed Hamdaoui & Sassi Ben Nasrallah.* Capillary rise kinetics on woven fabrics – Experimental and theoretical studies // *Indian Journal of Fibre & Textile Research*. 2015. Vol. 40. p. 150...156. – DOI: 10.56042/IJFTR.V40I2.3953

7. *Balashova T.D. et al.* Fundamentals of chemical technology of fibrous materials. М.: Sovyazh-Bevo, 2006. 363 p.

8. Application 2017131870 Russian Federation, 2 664 237 С1. Method for manufacturing fleece knitted fabrics.

9. *Skobova N., Yasinskaya N., Vorobyova A.* Study of Moisture-Regulating Properties of Double-Layer Knitted Structures for Functional Clothing // *Vestnik of Vitebsk State Technological University*. 2023. № 44. P. 49. – DOI:10.24412/2079-7958-2023-1-49-58.

10. *Yasinskaya N.N., Skobova N.V.* Evaluation of the functional properties of two-layer knitted fabrics from modified polyester threads // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2023. No. 3 (405). P. 113...119. – DOI: 10.47367/0021-3497_2023_3_113

Рекомендована организационным комитетом международной научно-технической конференции "Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2024)". Поступила 05.02.25.