

ВЛАГОПЕРЕНОС В ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИТЕЙ

MOISTURE TRANSFER IN TEXTILE MATERIALS FROM FUNCTIONAL THREADS

Н.Н. ЯСИНСКАЯ, Н.В. СКОБОВА

N.N. YASINSKAYA, N.V. SKOBOVA

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus)

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

Одним из способов получения многофункциональных материалов является последовательное наложение текстильных структур с заданными свойствами и их соединение в единое целое. Особый интерес представляет использование для формирования текстильных слоев полиэфирных нитей нового поколения с функцией управления влагой Quick Dry и микрофиламентных нитей SOFT. Проведены исследования влагопереноса в трикотажном материале из новых нитей для разработки рекомендаций к проектированию многофункциональной структуры, функционирование которой позволяет регулировать процессы переноса влаги, ее поглощение, перераспределение и аккумуляция. Для индивидуальных трикотажных материалов из функциональных и традиционных полиэфирных нитей изучены скорость впитывания влаги, диффузионные свойства, а также способность отдавать влагу. Установлено, что лучшей способностью аккумуляции и отдавать влагу последующему сухому текстильному слою обладают трикотажные полотна из нитей Quick Dry, при этом влага не распространяется по всей поверхности материала. Скорость испарения влаги в естественных условиях выше у полотен из традиционных полиэфирных нитей PES и микрофиламентных нитей SOFT. Полученные результаты исследования транспортных свойств индивидуальных трикотажных полотен из новых нитей Sohim Smart Yarns могут быть использованы при проектировании многофункциональных слоистых материалов с заданными свойствами в зависимости от выполняемой ими функции.

One of the ways to obtain multifunctional materials is the successive layering of textile structures with desired properties and their combination into a single whole. Of particular interest is the use of new generation polyester yarns with the Quick Dry moisture management function and SOFT microfilament yarns for the formation of textile layers. Studies of moisture transfer in knitted material from new threads were carried out to develop recommendations for the design of a multifunctional structure, the functioning of which allows you to control the processes of moisture transfer, its absorption, redistribution and accumulation. For individual knitted materials from functional and traditional polyester yarns, the moisture absorption rate, diffusion properties, and the ability to release moisture were studied. It has been established that knitted fabrics made from Quick Dry threads have the best ability to accumulate and release moisture to the subsequent dry textile layer,

while moisture does not spread over the entire surface of the material. The evaporation rate of moisture in natural conditions is higher for fabrics made from traditional PEC polyester yarns and SOFT microfilament yarns. The obtained results of the study of the transport properties of individual knitted fabrics from the new Sohim Smart Yarns will allow us to give some recommendations when designing multifunctional layered materials with desired properties, depending on the function they perform.

Ключевые слова: многофункциональные материалы, функциональные полиэфирные нити, трикотажные полотна, влагоперенос, скорость впитывания, диффузионные свойства, влагоотдача.

Keywords: multifunctional materials, functional polyester yarns, knitted fabrics, moisture transfer, absorption rate, diffusion properties, moisture loss.

Введение

В последние годы ученые-текстильщики активно проводят исследования в области создания многофункционального текстиля ("multifunctional textiles") с заданными свойствами, определенного назначения [1...4]. Среди них защитный, медицинский, эко- агро-, гео-, строительный, для спорта и отдыха, для транспорта и другие виды. Распространенной и экономически выгодной технологией получения таких материалов является получение многослойных материалов путем последовательного наложения текстильных структур с различными свойствами и их соединения в единое целое подходящим способом. Это дает возможность варьировать свойства создаваемых полотен в очень широких пределах, регулировать их поверхностные и объемные, гигиенические и теплофизические свойства, регулировать анизотропию механических свойств и т.д. Известны самые различные способы формирования многослойных структур с заданным расположением слоев [5], [6]. Физико-механические свойства многослойных материалов зависят от свойств составляющих его индивидуальных полотен [7], [8].

В связи с этим особый интерес представляет использование для формирования текстильных слоев нитей нового поколения производства ОАО "СветлогорскХимволокно", которые выпускаются под торговым знаком Sohim Smart Yarns [9]. К таким нитям относятся полиэфирные нити с функцией управления влагой (быстроотводящие

влаго) Quick Dry и микрофиламентные нити SOFT. Уникальная многоканальная структура нитей) Quick Dry обеспечивает текстильным материалам способность эффективно управлять влагой за счет мощного капиллярного эффекта, который позволяет быстро впитывать влагу, аккумулировать ее в структуре материала. Микрофиламентные нити SOFT имеют толщину элементарного волокна примерно 5 мкм, благодаря чему способность нитей транспортировать влагу увеличивается по сравнению с традиционными комплексными полиэфирными нитями PEC.

Целью работы является исследование влагопереноса в текстильном материале из функциональных нитей для разработки рекомендаций к проектированию структуры многофункционального материала, функционирование которого позволяет регулировать процессы переноса влаги (воды, жидкостей), ее поглощение, перераспределение и аккумулирование.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследований использованы трикотажные полотна, характеристики которых представлены в табл. 1.

Отличительной особенностью используемых функциональных нитей по сравнению с традиционными полиэфирными является наличие развитой системы пор и капилляров, размеры которых колеблются в диапазоне 10^{-6} ... 10^{-9} м.

В результате предварительных исследований установлено, что стандартные методики определения капиллярности, влагоем-

кости, влагопоглощения, используемые для текстильных материалов, в случае полотен из функциональных нитей не позволяют оценить транспортные свойства трикотажных полотен (капиллярное впитывание жидкости, диффузия внутри структуры

трикотажного полотна, влагоперенос и испарение жидкости с поверхности материала) [10]. Поэтому для исследования использован подход к оценке влагопереноса по стандарту FTTS-FA-004.

Таблица 1

Сырьевой состав, переплетение	число пет. столбиков на 10 см	число пет. рядов на 10 см	петельный шаг А, мм	высота петельного ряда В мм	толщина полотна, мм	длина нити в петле, мм	поверхностная плотность, г/м ²	поверхностное заполнение, %	объемное заполнение, %	коэффициент линейного заполнения
Quick Dry интерлок	104	164	0,962	0,61	0,4	3,26	210	214	161,6	24,6
Soft интерлок	106	164	0,943	0,61	0,308	3,2	194	207	196,6	25,3
РЕС интерлок	104	202	0,962	0,495	0,471	2,73	220	152	64,6	30,6

Скорость впитывания материалом влаги исследовалась по методу каплепадения [11]. Предварительно подготовленные образцы размером 200×200 мм закрепляли на рамке, размещенной на ровной поверхности. На высоте 10 мм от поверхности полотна устанавливали дозатор, из которого падала капля объемом 0,05 мл. Определяли время от момента начала падения капли на поверхность образца до уменьшения зеркала капли и появления тусклого влажного пятна с точностью до 0,5 с.

Методика изучения диффузионных свойств текстильных материалов заключалась в следующем. Образец помещается на плоской стеклянной поверхности лицевой стороной вверх, без натяжения. С помощью дозатора капаем каплю воды объемом 0,2 мл с высоты 1 см над поверхностью образца. Закрепленная на держателе видеокамера снимает изображение капли в течение 90 секунд. Полученные данные обрабатываются системой анализа изображений, рассчитывается площадь диффузии (мм²) на 5-й, 10-й, 20-й, 30-й, 60-й и 90-й секундах. Оценку диффузии необходимо проводить в разных местах полотна с числом повторов не менее 5.

Способность трикотажных материалов из функциональных нитей отдавать влагу исследовалась по следующей методике. На стеклянную пластину капают каплю воды объемом 0,2 мл. Образцы полотна размером 100×100 мм изнаночной стороной помещали на каплю воды на 60 с. Затем смоченный образец трикотажа помещают на фильтровальную бумагу (M₀, г) и размещают груз весом 0,5 г/см² на 30 с таким образом, чтобы образовалась комбинация груз-образец-фильтровальная бумага. После разгрузки фиксируют вес увлажненной фильтровальной бумаги M_в. Коэффициент влагоотдачи определяют по формуле:

$$W_{\text{погл}} = \frac{M_{\text{в}} - M_0}{0,2} \cdot 100 (\%) . \quad (1)$$

Методика испытаний скорости испарения влаги с поверхности трикотажных полотен заключается в следующем. Образцы размером 50×50 мм помещаются изнаночной стороной на чашу весов (точность весов 0,001 г), и фиксируется сухой вес материала m_{сух}. С помощью дозатора капают каплю воды объемом 0,2 мл с высоты 1 см

над центром испытательного квадрата и фиксируют вес влажного образца $m_{вл}$. Далее снимают показания изменяющегося веса образца m_i в течение 100 мин с интервалом в 1 мин.

По результатам замеров проводят расчет содержания остаточной влаги $K_{ост}$ по формуле:

$$W_{ост} = \frac{m_i - m_{сух}}{m_{вл} - m_{сух}} \cdot 100. \quad (2)$$

Исследования проводили при температуре 20°C при отсутствии движения воздуха.

Результаты и обсуждения

Механизм переноса влаги в капиллярно-пористых телах, к которым относятся текстильные материалы, определяется формой ее связи, особенностями структуры материала. Как известно, объемное поглощение влаги происходит из-за наличия в материале пор и капилляров, чьи размеры, количество и характер не связаны с температурой в той мере, в которой можно пренебречь зависимостью размеров пор от теплового расширения. Основными законами перемещения влаги в материале являются законы диффузии (молекулярное перемещение), закон капиллярного движения (молярное перемещение) и механическое захватывание влаги. В зависимости от размеров пор в материале могут преобладать те или иные составляющие процесса влагопереноса. В макропористых материалах преобладают процессы диффузии; в микропористых, имеющих поперечные размеры менее 10^{-6} м преобладают процессы сорбции-десорбции и капиллярного поднятия. Для материалов, имеющих сквозные поры, макро- и микропоры, характерно наличие всех трех составляющих процесса влагопереноса.

При соприкосновении материала с водой ($T=const$) происходит капиллярное впитывание, скорость которого зависит от размера пор. Анализ гистограммы (рис. 1 – оценка впитывания по методу каплепадения) показывает, что наиболее стремительно происходит капиллярное впитывание капли на поверхности материала из микрофиламентных нитей SOFT и нитей Quick Dry.

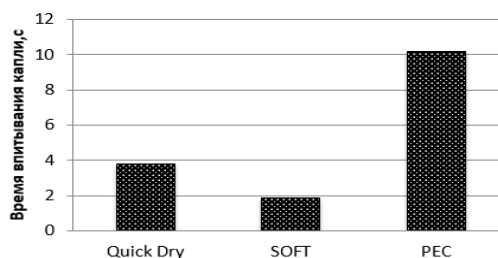


Рис. 1

Такие полотна можно отнести к быстровпитывающим материалам. Для полотен из традиционной полиэфирной нити PEC время впитывания капли в 5 раз больше по сравнению с полотнами из нитей SOFT.

Трикотажные полотна, выработанные из нитей с модифицированным профилем поперечного сечения элементарных нитей Quick Dry, а также из микрофиламентной нити SOFT, проявляют свойства, характерные для гидрофильных материалов – краевой угол смачивания менее 90°; полотна из традиционных полиэфирных нитей PEC имеют гидрофобную поверхность – угол смачивания более 100°.

Диффузия влаги (рис. 2 – площадь диффузии капли воды (0,2 мл) в структуре трикотажного полотна) на полотнах из профилированных нитей Quick Dry происходит медленно, пятно имеет форму круга с малой площадью растекания.

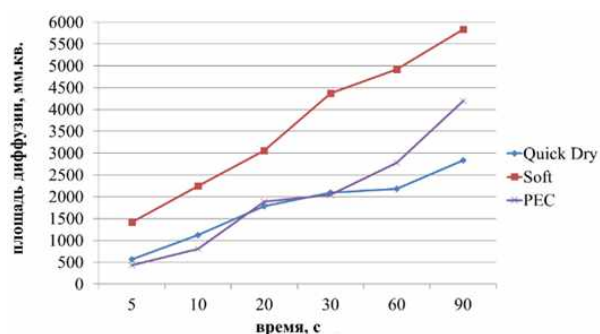


Рис. 2

Благодаря особенностям структуры, рельефной боковой поверхности элементарных нитей Quick Dry происходит механическое удержание всего объема влаги в замкнутых порах. Максимальная площадь диффузии отмечается у полотна из микрофиламентных нитей. Большое число элементарных

нитей образуют микрокапилляры, по которым влага быстро и свободно диффундирует в структуре материала.

Анализ кривых испарения влаги при температуре 20°C без движения воздуха (рис. 3 – влагосодержание образцов в процессе испарения в естественных условиях) показывает, что полотна из традиционных полиэфирных нитей PEC и микрофиламентных SOFT высыхают быстрее, так как открытая площадь поверхности испарения и размер пор больше по сравнению с нитями Quick Dry, влага на гладкой поверхности нитей удерживается только за счет адгезии и быстро удаляется при естественном испарении, не впитываясь.

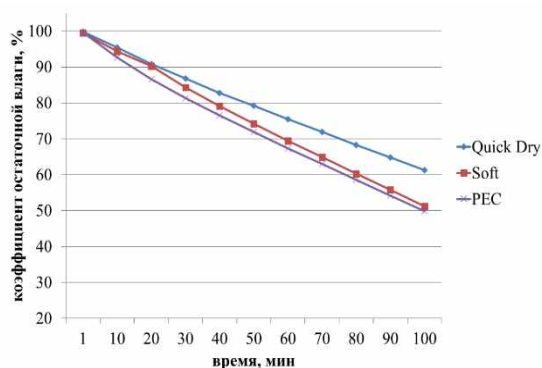


Рис. 3

При фиксированном времени содержание влаги в полотнах из нитей Quick Dry на 10...15% выше.

При проектировании слоистых текстильных структур с заданными свойствами важное значение имеет способность влажных материалов удерживать и отдавать влагу. Например, при проектировании пакета для спортивной или специальной одежды влага, отводящаяся от тела человека, должна полностью аккумулироваться в структуре материала, а затем быстро передаваться следующему сухому слою, с которого легко будет испаряться. Исследования влагопоглощения и влагоотдачи трикотажных полотен из функциональных нитей показали (рис. 4 – коэффициент влагоотдачи трикотажных полотен), что лучшей способностью удерживать влагу и затем отдавать ее при соприкосновении с сухим слоем обладают материалы из нитей Quick Dry.

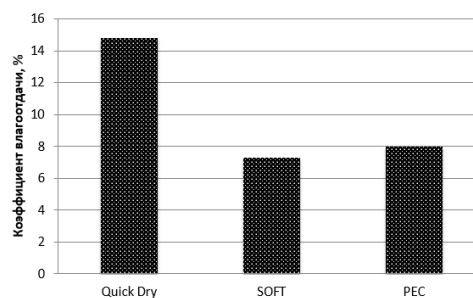


Рис. 4

Важно, что трикотажные полотна из нитей Quick Dry удерживают весь объем подведенной влаги, в то время как полотна из традиционных нитей PEC и микрофиламентных нитей SOFT поглощают фиксированный объем влаги в 2 раза меньше.

ВЫВОДЫ

Установлено, что лучшей способностью аккумулировать и отдавать влагу обладают трикотажные полотна из нитей Quick Dry, при этом влага не распространяется по всей поверхности материала. Скорость испарения влаги в естественных условиях выше у полотен из традиционных полиэфирных нитей PEC и микрофиламентных нитей SOFT. Полученные результаты исследования транспортных свойств индивидуальных трикотажных полотен из новых нитей Sohim Smart Yarns могут быть использованы при проектировании многофункциональных слоистых материалов с заданными свойствами в зависимости от выполняемой ими функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Vlasenko V., Bereznenko M., Liszczuk V.* Modern approach to prepare multifunctional sandwich-type textile composites with predicted characteristics // *Innovations in clothing technology & measurement techniques.* – Warsaw, 2012. P. 85...93.
2. *Усманова Э.Д., Усманов И.В.* Способы получения многофункциональных текстильных материалов с различными полимерными покрытиями // *Вестник Казанского технологического университета.* – 2010, №9. С. 91...92.
3. *Mountasir S., Hoffman G., Cherif Ch.* Development of weaving technology for manufacturing 3-dimensional spacer fabrics // *Textile Research Journal.* – №81, 2011. P. 1354...1366.

4. Hausding I., Cherif Ch. Application of stitch-bonded multiplies // J.Text. Inst. – №103, 2012. P.179...192.

5. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы. – Витебск: ВГТУ, 2016.

6. Yasinskaya N.N., Murycheva V.V., Razumeev K.E. Impregnation of Woven Fabrics from Chemical Yarns during Formation of Composite Textile Materials // Fibre Chemistry. – 2020. – V. 52, №1. P. 28...33.

7. Полушин Е.Г., Козлова О.В., Одинцова О.И. Изучение паропроницаемости дублированных текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №6. С.120...124.

8. Fortuniak K., Grazyna R., Obersztyn E., Olejnik M., Bartczak A., Król I. Assessment and Verification of the Functionality of New, Multi-Component, Camouflage Materials // Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2013. P. 73...79.

9. Костюкевич В.В. Производство спецволокон и нитей с функциональными свойствами в ОАО "СветлогорскХимволокно" // Мат. II Междунар. научн.-техн. и инвестиц. форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке: Нефтехимия-2019. – Минск, 16-18 сентября 2019 г. – Минск: БГТУ, 2019. С. 13...19.

10. Скобова Н.В., Ясинская Н.Н., Даниленко А.Е., Сохова А.В. Оценка специальных свойств функциональных нитей и трикотажных полотен из них для формирования многослойных обувных материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2021. Т. 53. № 3. С. 68...72.

11. Standart FTTS-FA-004. Specified Requirements of Moisture Transferring and Quick Drying Textiles.

REFERENCES

1. Vlasenko V., Berezenko M., Liszczuk V. Modern approach to prepare multifunctional sandwich-type textile composites with predicted characteristics // Innovations in clothing technology & measurement techniques. – Warsaw, 2012. P. 85...93.

2. Usmanova E.D. Usmanov I.V. Methods for obtaining multifunctional textile materials with polymer

coatings // Bulletin of the Kazan Technological University. – 2010, №9. P. 91...92.

3. Mountasir S., Hoffman G., Cherif Ch. Development of weaving technology for manufacturing 3-dimensional spacer fabrics // Textile Research Journal. – №81, 2011. P. 1354...1366.

4. Hausding, I., Cherif, Ch. Application of stitch-bonded multiplies // J.Text. Inst. – №103, 2012. P.179...192.

5. Yasinskaya N.N., Olshansky V.I., Kogan A.G. Composite textile materials. – Vitebsk: EE "VGTU", 2016.

6. Yasinskaya N.N., Murycheva V.V., Razumeev K.E. Impregnation of Woven Fabrics from Chemical Yarns during Formation of Composite Textile Materials // Fibre Chemistry. – 2020. Т. 52, №1. P. 28...33.

7. Polushin E.G., Kozlova O.V., Odintsova O.I. Study of vapor permeability of duplicated textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, №6. P. 120...124.

8. Fortuniak K., Grazyna R., Obersztyn E., Olejnik M., Bartczak A., Król I. Assessment and Verification of the Functionality of New, Multi Component, Camouflage Materials // Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2013. P. 73...79.

9. Kostyukevich V.V. Production of special fibers and threads with functional properties at OJSC "SvetlogorskKhimvolokno" // MATERIALS of the II International Scientific, Technical and Investment Forum on Chemical Technologies and Oil and Gas Processing, Minsk, September 16-18, 2019 – Minsk: BSTU, 2019. P. 13...19.

10. Skobova N.V., Yasinskaya N.N., Danilenko A.E., Sokhova A.V. Evaluation of the special properties of functional yarns and knitted fabrics from them for the formation of multilayer shoe materials // News of higher educational institutions. Light industry technology. – 2021. V. 53. №3. P. 68...72.

11. Standart FTTS-FA-004. Specified Requirements of Moisture Transferring and Quick Drying Textiles.

Рекомендована кафедрой экологии и химических технологий. Поступила 30.06.22.