

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коломейцева, Э.А. Морыганов, А.П. Новые экологически безопасные замедлители горения и их применение для текстильных материалов из целлюлозных, полиэфирных и смешанных волокон. // Легпромбизнес. Текстиль. - 2003. № 1 (3). - С.25-36.
2. Коломейцева, Э.А. Сачков, О.В. Сиротов, Н.Г. Морыганов, А.П. Разработка и применение новых препаратов для огнезащитной и полифункциональной отделки технических тканей // Текстильная промышленность. Научный альманах. - 2007. №8. - С.22-24.
3. Конструкционные и отделочные материалы, прошедшие гигиенические испытания и разрешенные к применению в пассажирском вагоностроении. Руководство./ ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора. М.2010. Вып.4.
4. Коломейцева, Э.А. и др. Новые способы получения льносодержащих нетканых материалов со специальными свойствами. // Текстильная промышленность. Научный альманах. - 2011. №2. - С.40-45.
5. Трещалин М.Ю., Иванов В.В., Трещалин Ю.М., Киселев А.М. Нетканые материалы Холлофайбер®: структура, свойства, применение. — М.: Издательство «БОС», 2017. - 72 с.

УДК 677.4

### **СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА В РОССИИ: ПРОИЗВОДСТВО, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ НА ИХ ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ И «УМНЫХ» МАТЕРИАЛОВ**

### **SYNTHETIC FIBERS IN RUSSIA: MANUFACTURING, PERSPECTIVE OF DEVELOPMENT AND PRODUCTION ON THEIR BASIS OF FUNCTIONAL AND "SMART" MATERIALS**

Н.П. Пророкова  
N.P. Prorokova

Институт химии растворов имени Г.А. Крестова Российской академии наук, (г. Иваново)  
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of Russian Academy of Science, (Ivanovo)  
E-mail: npp@isc-ras.ru

В тексте лекции представлены сведения о современном состоянии и ближних перспективах производства синтетических волокон в России. Проанализированы методы получения функциональных и «умных» материалов на основе синтетических волокон. Приведены примеры новых способов модифицирования синтетических волокнистых материалов для придания им улучшенных потребительских характеристик и новых свойств.

**Ключевые слова:** синтетические волокна, получение волокон, модифицирование волокон, функциональные волокнистые материалы, «умные» волокнистые материалы.

**Information about the current state and short-term prospects of the production of synthetic fibers in Russia is given in the text of the lecture. Methods of obtaining functional and "smart" materials based on synthetic fibers are analyzed. Examples of new methods of modifying synthetic fibrous materials to give them improved consumer characteristics and new properties are given.**

**Keywords:** synthetic fibers, fiber production, fiber modification, functional fibrous materials, "smart" fibrous materials.

Мировое потребление волокон и нитей демонстрирует устойчивую тенденцию к росту. При этом наблюдается увеличение доли потребления химических волокон и нитей за счет уменьшения доли натуральных волокон. Так в проекте стратегии развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2025 года указывается, что доля

синтетических и искусственных волокон в мировом потреблении к 2025 году вырастет с 45 % до 65-70 % [1].

На настоящий момент в нашей стране производятся практически все виды химических волокон и нитей, за исключением вискозных (гидратцеллюлозных), анидных и полиуретановых. В последние годы производство в России химических волокон и нитей, а также их внутренний рынок растут. Так в 2016 г. объем производства, согласно данным Росстата, составил 183,3 тыс. т, что на 17 % больше, чем в 2015 г. (156,8 тыс. т) и на 32 % больше, чем в 2012 г. (139,3 тыс. т). Объем внутреннего потребления в 2016 г. составил 381,9 тыс. т, что на 10 % больше, чем в 2015 г. (346,6 тыс. т) и на 12 % больше, чем в 2012 г. (341,1 тыс. т). Однако эти показатели пока значительно ниже соответствующих показателей 1990 г., когда производство химических волокон и нитей в Российской Федерации составляло 684,7 тыс. т, а внутреннее потребление – 860,5 тыс. т.

Подотрасль химических волокон и нитей на сегодняшний день является зависимой от импорта, хотя его доля постепенно снижается. Так в 2016 г. в страну было импортировано 224,1 тыс. т данного вида продукции. Доля импорта в потреблении составила 59 %, что на 2 % ниже, чем в 2015 г., и на 6 % ниже, чем в 2012 г.

ОАО «НИИТЭХИМ» в 2018 году создана «дорожная карта» развития химических волокон и нитей в России. По прогнозу, в результате реализации плана мероприятий указанной «дорожной карты» и заявленных бизнесом проектов, производство химических волокон и нитей в России вырастет к 2020 г. до 478 тыс. т, что в 2,6 раза выше, чем в 2016 г. К 2025 г. их производство увеличится до 717 тыс. т, что в 3,9 раза превысит уровень 2016 г. Прогнозируемый объем внутреннего рынка будет составлять, соответственно, 568 тыс. т (рост в 1,5 раза) и 725 тыс. т (рост в 1,9 раза). В результате опережающего развития отечественного производства доля импорта в потреблении снизится до 34 % в 2020 г. и до 20 % в 2025 г.

Следует отметить, что ассортимент используемых в промышленных масштабах природных и синтетических волокон достаточно узок. Это накладывает определенные ограничения на спектр свойств материалов и композитов на их основе. Разработка и создание новых волокнообразующих полимеров является высокзатратным комплексом мероприятий, которые целесообразно проводить лишь для решения специальных задач особой важности. Наиболее рациональным путем расширения спектра свойств волокон и материалов на их основе, а также качественного улучшения их характеристик является модифицирование волокнистых материалов. Именно с помощью модифицирования можно получить так называемые функциональные, в том числе, полифункциональные волокнистые материалы. При получении «умных» (“smart”) материалов модифицирование также является часто используемым приемом.

Модифицирование используется для изменения химического состава, структуры, морфологии волокнистых материалов, а также для фиксации на волокне модификаторов – веществ, придающих волокнистым материалам требуемые свойства. Модифицирование волокон можно подразделить на объемное - изменение свойств волокнистого материала в целом, и поверхностное – изменение свойств только тонкого приповерхностного слоя волокна, от которого в значительной степени зависит способность волокна к переработке и многие его эксплуатационные характеристики. Эффективность и целесообразность использования каждого из этих подходов зависит от того, какой практический результат требуется получить. Если научные и практические подходы к модифицированию натуральных волокон являются, в основном, устоявшимися, то модифицирование большинства синтетических волокон - сложная и нетривиальная проблема. Трудность решения этой задачи определяется особенностями структуры синтетических волокон (малым диаметром, высокой степенью ориентации и плотностью упаковки субмолекулярных образований, малой или полностью отсутствующей пористостью), а также, в большинстве случаев, низкими химической активностью и адгезионной способностью

волокнообразующего полимера (последнее особенно характерно для волокнистых материалов на основе полиолефинов, в частности, полипропилена).

Введение модификаторов в объем получаемого одним из традиционных способов синтетического волокна осуществляется, в основном, на стадии его формования. К модификаторам предъявляется целый ряд требований, главным из которых является малый размер частиц (высокая дисперсность или наноразмерность) и отсутствие их агрегации. Поэтому в известных способах объемного модифицирования синтетических волокон используются наноразмерные наполнители в стабилизированной форме [2-4] и применяются технические приемы, обеспечивающие их равномерное распределение в волокнообразующем полимере [5].

Методы поверхностного модифицирования традиционных синтетических материалов отличаются большим разнообразием. В работах [6,7], например, рассматривается модифицирование полипропиленовых волокнистых материалов путем изменения химического состава их поверхности с помощью прямого фторирования, в работе [8] – нанесение покрытия на поверхность полутвержденной синтетической нити на стадии формования из расплава. Однако преимущественным путем функционализации является формирование покрытий на поверхности синтетических волокон. Для этого используются такие методы, как молекулярное наслаивание [9], нанесение покрытий из неводных растворителей [10-13], формирование их из нанозолей [14-18], использование дисперсий полимеров [19-21], химическое и физическое осаждение из газовой фазы [22-24], в том числе, получение сверхтонких (одноатомных) слоев [25], напыление покрытий с использованием разных видов плазменных разрядов [26-28]. Следует отметить, что приоритетными, наиболее интенсивно развиваемыми видами модифицирования волокнистых материалов является одновременное придание им комплекса новых и улучшенных свойств, благодаря чему волокно становится многофункциональным [29,30]. Получение модифицированных, в первую очередь, электропроводных волокон и нитей является также необходимым этапом в создании «умного» текстиля.

Как известно, понятие «умные материалы» было предложено японскими учеными в 1989 г. В 90-х годах прошлого века это понятие пришло в текстиль. «Умным» можно назвать текстильный материал, который способен чувствовать воздействия окружающей среды, реагировать на них и адаптироваться к ним путем интеграции функционального потенциала в текстильной структуре [31]. Стимул, а также ответ может иметь электрическое, тепловое, химическое, магнитное, световое или иное происхождение. Современные материалы, такие как паропроницаемые мембраны, огнестойкие или ультрапрочные ткани нельзя назвать умными, какими бы высокотехнологичными они не были.

Степень интеллектуальности можно разделить на три подгруппы:

- пассивный «умный» текстиль – может только чувствовать окружающую среду (функция датчиков);
- активный «умный» текстиль – может ощутить воздействия окружающей среды и реагировать на них (помимо функции датчика, обладает функцией привода);
- наконец, **ОЧЕНЬ** «умный» текстиль - адаптирует свое поведение к обстоятельствам.

Современный уровень развития «умных» волокнистых материалов, в основном, соответствует производству сенсорного текстиля. Его начинают производить достаточно большое количество фирм. Производство основано на использовании специальных текстильных датчиков – миниатюрных, гибких, выдерживающих стирки, а также на применении электропроводных волокон и нитей.

Основная трудность в создании «умного» текстиля с использованием электронной техники – это миниатюризация электроники, возможность ее органической интеграции с текстилем (с волокнами, нитями, пряжей, тканью, трикотажем, неткаными материалами), устойчивость микро-, наноэлектроники к стиркам и химчисткам. Другой очень важный элемент «умного» текстиля – «умные» полимеры, которые тоже должны быть интегрированы в текстиль и прочно с ним связаны [32].

Полного успеха в долгосрочной перспективе – перехода не только к активному текстилю, реагирующему на воздействие внешней среды, но и к текстилю, адаптирующемуся к изменению окружающей среды за счет изменения комплекса свойств (ОЧЕНЬ «умному») можно будет достичь только тогда, когда датчики и все связанные с ним компоненты полностью превратятся в 100% текстильный материал. Это является серьезной проблемой, потому что, помимо приобретения новых, специальных свойств, «умные» волокнистые материалы должны сохранить неотъемлемые характеристики текстильного материала. Они должны быть гибкими, устойчивыми к трению, другим видам деформации стиркам, химическим чисткам и т.д. Поскольку сигналы датчиков будут, в конечном счете, преобразованы в электрические, важное значение в области «умных» тканей имеет создание новых электропроводящих волокнистых материалов. Конкретные обработки позволят придать тканям и одежде из них совершенно особые свойства, такие как переключение от гидрофильности к гидрофобности, избирательную проницаемость и барьерные противомикробные свойства и т.д.

Ясно, что область применения «умного» текстиля будет постоянно расширяться. Его использование позволит повысить, в первую очередь, безопасность человеческой жизни, а также обеспечить её комфортность.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научных проектов №№ 08-03-12152, 11-03-12048, 13-03-12065, РФФИ и Ивановской области в рамках научных проектов №№ 15-48-03064 и 18-48-370005.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия развития легкой промышленности в Российской Федерации на период до 2015 года. Проект. – М.: Из-во БОС, 2018. – 66 с.
2. Пророкова, Н.П. Модифицирование полипропиленовых волокнистых материалов ультрадисперсным политетрафторэтиленом / Н.П. Пророкова, С.Ю. Вавилова, В.М. Бузник, А.Е. Завадский // Высокомолекул. соединения. Сер. А. – 2013. – Т. 55, № 11. – С. 1333-1342.
3. Prorokova N.P., Buznik V.M. New methods of modification of synthetic fibrous materials // Russian Journal of General Chemistry. – 2017. - V. 87, № 6. – P. 1371 – 1377.
4. Пророкова Н.П., Бузник В.М. Модифицирование синтетических волокнистых материалов с использованием фторполимеров (обзор) // Полимерные материалы и технологии. – 2017. - Т 3, № 2. – С. 6 – 17.
5. Геллер В.Э. О возможности получения нанокompозитных текстильных нитей // Химические волокна. 2013. № 2. С. 3 – 9.
6. Vargha V., Chetty A., Sulyok Z., Miha'ly J., Keresztes Z., To'th A., Sajo' I., Korecz L., Anandjiwala R., Boguslavsky L. Functionalisation of polypropylene non-woven fabrics (NWFs) // J Therm Anal Calorim. – 2012. – V. 109. – №2. – P. 1019–1032.
7. Prorokova N.P., Istratkin V.A., Kumeeva T.Yu., Vavilova S.Yu., Kharitonov A.P., Bouzник V.M. Improvement of polypropylene nonwoven fabric antibacterial properties by the direct fluorination // RSC Advances. – 2015. - V. 5, Is. 55. - P. 44545-44549.
8. Prorokova N.P., Vavilova S.Y., Bouzник V.M. A novel technique for coating polypropylene yarns with polytetrafluoroethylene // Journal of Fluorine Chemistry. - 2017. - V. 204. – P. 50 – 58.
9. Одинцова О.И., Прохорова А.А., Петрова Л.С., Владимирцева Е.Л. Использование метода микроэмульсионного микрокапсулирования для придания текстильным материалам акарицидных свойств // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. – 2017. - № 1 (367). – 332-336.
10. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н., Бузник В.М. Придание полиэфирным тканям повышенной гидрофобности: формирование на поверхности волокон ультратонкого водоотталкивающего покрытия // Российский химич. журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2011. Т. LV. № 3. С. 14-23.
11. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Никитин Л.Н., Бузник В.М. Придание полиэфирным тканям повышенной гидрофобности: формирование на поверхности волокон

- ультратонкого водоотталкивающего покрытия // Российский химич. журнал (Журнал Российского химического общества им. Д.И. Менделеева). 2011. Т. LV. № 3. С. 14-23.
12. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Хорев А.В., Бузник В.М., Кирюхин Д.П., Большаков А.И., Кичигина Г.А. Придание полиэфирным текстильным материалам высокой гидрофобности обработкой их раствором теломеров тетрафторэтилена // Химич. волокна. – 2010. – № 2. – С. 25 - 30.
13. Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю., Кирюхин Д.П., Бузник В.М. Гидрофобизация полиэфирных текстильных материалов теломерными растворами тетрафторэтилена // Журн. прикл. химии. – 2013. – Т. 86, № 1. – С. 68 - 73.
14. Brambilla R., Pires G.P., dos Santos J.H.Z., Lacerda Miranda M.S., Chornik B. Octadecylsilane-modified silicas prepared by grafting and sol-gel methods // Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena. 2007. V. 156-158. P. 413-420.
15. Daoud W.A., Xin J.H., Tao X. Synthesis and characterization of hydrophobic silica nanocomposites // Appl. Surf. Sci. 2006. V. 252. P. 5368-5371.
16. Mahltig B., Audenaert F., Böttcher H. Hydrophobic silica sol coatings on textiles - the influence of solvent and sol oncentration // J. Sol-Gel Sci Techn. 2005. V. 34. P. 103-109.
17. Daoud W.A., Xin J.H., Tao X. Superhydrophobic Silica Nanocomposite Coating by a Low-Temperature Process // J. Am. Ceram. Soc. 2004. V. 87. P. 1782-1784.
18. Mahltig B., Böttcher H. Modified silica sol coatings for water-repellent textiles. J. Sol-Gel Sci. Techn. 2003. V. 27. P. 43-52.
19. Lipatova I.M., Moryganov A.P. Fubctionalization of synthetic fibrous materials using nanosized polymer carries // Russian Journal of General Chemistry. – 2017. - V. 87, № 6. – P. 1378 – 1385.
20. Lim S.K., Lee S.K., Hwang S.H., Kim H. Photocatalytic Deposition of Silver Nanoparticles onto Organic/Inorganic Composite Nanofibers // Macromol. Mat. Engg. – 2006.- V. 291. – P. 1265-1270.
21. Dastjerdi R., Montazer M., Shahsavan S. A novel technique for producing durable multifunctional textiles using nanocomposite coating // Colloids Surfaces. B: Biointerfaces. – 2010. – V.81. – P. 32-41.
22. Martin T.P., Kooi S.E., Chang S.H., Sedransk K.L., Gleason K.K. Initiated chemical vapor deposition of antimicrobial polymer coatings // Biomaterials. – 2007.- V. 28, Is. 6. – P. 909-915.
23. Najar S.S., Kaynak A., Foitzik R.C. Conductive wool yarns by continuous vapour phase polymerization of pyrrole // Synthetic Metals. – 2007. – V. 157, Is. 1. – P. 1-4.
24. Egami Y., Suzuki K., Tanaka T., Yasuhara T., Higuchi E., Inoue H. Preparation and characterization of conductive fabrics coated uniformly with polypyrrole nanoparticles // Synthetic Metals. – 2011. – V. 161, Is. 3-4. – P. 219-224.
25. Jur J.S., Sweet W.J., Oldham C.J., Parsons G.N. Electronic Textiles: Atomic Layer Deposition of Conductive Coatings on Cotton, Paper, and Synthetic Fibers: Conductivity Analysis and Functional Chemical Sensing Using “All Fiber” Capacitors // Adv. Funct. Mat. – 2011. – V. 21, Is. 11. – P. 1948.
26. Plasma Technologies for Textiles / Ed. Shishoo R. 2007. – UK, Cambridge: Woodhead Publishing. – 360 P.
27. Szymanowski H., Sobczyk A., Gazicki-Lipman M., Jakubowski W., Klimek L. Plasma enhanced CVD deposition of titanium oxide for biomedical applications // Surf. Coat. Technol. – 2005. – V. 200, Is. 1-4. – P. 1036-1040.
28. Malkov G.S., Fisher E.R. Pulsed Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition of Poly(allyl alcohol) onto Natural Fibers // Plasma Processes and Polymers. – 2010. – V. 7, Is. 8. – P. 695-707.
29. EURATEX (with the support of TEXTRANET and AUTEX): Research Priorities Proposed by the 9 Thematic Expert Groups, EURATEX internal document, May 2006.
30. EURATEX: European Technology Platform - Horizontal Task Group – Innovation and Standards, Draft Scoping Paper, EURATEX internal document, May 2006. The strategic agenda is available for download at [www.textile-platform.org](http://www.textile-platform.org).

31. Van Langenhove L., Puers R., Matthys D. Intelligent textiles for protection / In: Textiles for protection / Ed. R. A. Scott. Cambridge: Woodhead Publishing Ltd. and CRC Press LLC. 2005.
32. Кричевский Г.Е. Нано-, био-, химические технологии и производство нового поколения волокон, текстиля и одежды. М. 2011 528 с.

УДК 687.016

## КРИТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ

### CRUCIAL TECHNOLOGIES IN GARMENT DESIGN

В.Е. Кузьмичев  
V.E. Kuzmichev

Ивановский государственный политехнический университет  
Ivanovo State Polytechnic University  
e-mail: wkd37@list.ru

Рассмотрены технологии выполнения основных этапов проектирования одежды, являющиеся критическими с точки зрения создания высококачественной одежды и достижения максимально-возможного уровня удовлетворенности потребителей. В настоящее время критическими являются технологии, объектами разработки которых выступают антропометрические стандарты населения, методы сенсорного восприятия одежды, критерии качества одежды в условиях кастомизации, новые методы конструирования, новые конструкции умной одежды, новые виды одежды специального назначения, программные продукты для виртуального проектирования. Определено основное содержание этих технологий.

**Ключевые слова:** одежда, проектирование, критические технологии.

Process of garment design including several steps has been considered as the combination of crucial technologies which together will allow producing high quality clothes and greatly improving the customer satisfaction. Nowadays the technologies devoting to anthropometric sizing systems, sensory analysis, and quality of clothes in term of customization, new methods of pattern block making, structure of smart are crucial. The content of these technologies are shown.

**Key-words:** clothes, design, crucial technology

Проектирование одежды является частью динамично развивающейся индустрии моды. Стандарты и векторы развития индустрии моды аккумулируются и реализуются на этапе проектирования одежды, благодаря которому совместными усилиями художника, конструктора, технолога, маркетолога формируется ее начальный образ, который затем материально реализуется в конечный продукт. Содержание конечного изделия должно отвечать требованиям современных потребителей и показателям качества. Современный потребитель - емкое понятие, за которым стоит конкретное физическое лицо, осуществляющее самостоятельный выбор одежды или вынужденное носить специальную одежду, разработанную для условий его профессиональной деятельности или личного времяпровождения для самоидентификации. Ассортимент одежды постоянно расширяется благодаря появлению новых профессий, видов активного отдыха и реализации внутренних потребностей современного потребителя и появляются ее новые виды. Поэтому требования к одежде уже давно включают не только соответствие трендам моды (эстетическим, эмоциональным, объемно-силуэтным), но показателям, характеризующим функциональные, материаловедческие, дизайнерские и индивидуализированные свойства.

Такое разнообразие целеполагающих векторов и огромный объем информации, содержащей требования самых разных потребителей, требует дифференциации методов и направлений в процессе проектирования одежды и развития косвенных самостоятельных прикладных технологий. Такие технологии могут быть отнесены к категории критических, поскольку их разработка и совместное использование результатов обеспечат существенный