

текст. Кроме того, алгоритм моделирования будет дополнен процедурой оценки непрерывности контактов, создаваемых между электропроводящими волокнами.

Список использованных источников

1. Материалы сайта [vostok.ru](http://vostok.ru) (Дата доступа: 01.10.2018).
2. Рыклин, Д. Б. Производство многокомпонентных пряж и комбинированных нитей : монография / Д. Б. Рыклин, А. Г. Коган. – Витебск : УО «ВГТУ», 215 с.

УДК 677.53

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В  
ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Сапожников С.В., асп., Сафонов В.В., проф.*

*Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство), г. Москва, Российская Федерация*

Ключевые слова: электропроводящие, текстильные материалы, электропроводность, нанотехнологии.

*Реферат. Все большее внимание в мире уделяется исследованиям в области текстильной электроники или электротекстиля. Все большую актуальность приобретает необходимость получения электропроводящих материалов. На сегодняшний день производство и получение таких материалов является перспективным и актуальным направлением расширения ассортимента инновационных текстильных изделий и материалов. Такие материалы наиболее востребованы и в ближайшем будущем спрос на них будет только расти. Актуальность получения инновационных электропроводящих материалов обусловлена активным развитием современного оборудования с применением мощных источников электромагнитного излучения. В статье рассматриваются современные инновационные технологии, применяемые в получении электропроводящих текстильных материалов. Описываются физико-механические свойства полученных текстильных материалов. Электрическая проводимость характеризует процесс перемещения электрических зарядов в результате действия внешнего электрического поля.*

В настоящее время все более широкое распространение получает производство электропроводящих текстильных материалов технического назначения. На сегодняшний день такие материалы очень востребованы и в ближайшее время спрос на них будет только расти. Это связано, прежде всего, с ростом количества источников электромагнитного загрязнения окружающей среды, вызванного использованием мобильной связи, персональных компьютеров и источников ВЧ-, СВЧ-излучения. С каждым годом проблема защиты от воздействия электромагнитных излучений становится все острее, так как нет ни одной сферы деятельности человека, где бы не применялись устройства, создающие излучения. Ежегодно в мире выпускаются миллионы компьютеров, телевизоров, радиотелефонов, микроволновых печей и другой бытовой техники. Излучения вызывают функциональные и клинические нарушения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, а также приводят к повышению давления, ухудшению сна и общего состояния организма. На данный момент наиболее удобным средством защиты человека являются электропроводящие волокна и текстильные материалы на их основе [1]. Текстильные материалы широко используются в качестве текстильных фильтрующих материалов для очистки воздуха, воды, промышленных газов и в системах вентиляции.

Одной из наиболее актуальных и важных задач устойчивого развития материалов является получение устойчивых к УФ-излучению, химически стойких и высокоэффективных электропроводящих материалов, которые должны обладать высокой поверхностной активностью, тепловыми и механическими свойствами.

В лаборатории носимой электроники Массачусетского технологического института разработана технология одностороннего покрытия текстильных материалов тончайшей плен-

кой электропроводящего полимера известной торговой марки PEDOT [2]. Нанесение пленки толщиной около 0,5 мкм осуществлялось на 14 видах тканей из хлопка, льна и шелка. Во всех случаях были получены электропроводящие ткани, которые сохраняли свои исходные физические свойства (устойчивость к разрывам и растяжениям, стиранию и воздействию пота). При проведении процессов стирки и глажки показатели электропроводности полученных электропроводящих тканей не изменились. Полученные по такой технологии электропроводящие ткани могут быть использованы при создании инновационных устройств текстильной электроники.

Изготовление одежды, экранирующей от электромагнитных полей, ИК-излучения, получение текстильных материалов с антистатическими, радиоотражающими и теплоотражающими свойствами требует использования металлизированных текстильных материалов. Существующие методы металлизации текстильных материалов из растворов электролитов экологически вредны, поскольку при их производстве используются агрессивные и токсичные вещества, требующие утилизации. Текстильные материалы, металлизированные электрохимическим методом, имеют плохой товарный вид, жесткий гриф, покрытие обладает недостаточной адгезией к субстрату. ООО «Ивтехномаш» предлагает использовать для металлизации текстильных материалов метод ионно-плазменного (магнетронного) распыления [3]. Данный метод получил широкое применение в микроэлектронике, но до сих пор практически не применялся в текстильной промышленности. Метод основан на использовании аномального тлеющего разряда в инертном газе с наложением на него кольцеобразной зоны скрещенных неоднородных электрического и магнитного полей, локализирующих и стабилизирующих газоразрядную плазму в прикатодной области. Металлический слой существенно уменьшает удельное поверхностное электрическое сопротивление тканей, что придает им прекрасные антистатические свойства. Такие ткани совершенно не накапливают электрический заряд и не электризуются при носке. Разработанный способ позволяет изготавливать электропроводящие ткани, которые могут использоваться в качестве гибких электропроводящих элементов, способных паяться, что особенно актуально при создании smart-текстиля [3].

Электропроводящие свойства придаются не только за счет металлизации волокон (нитей), но и другими способами [4]. Для гидратцеллюлозных волокон типа лиоцелл предложено введение в структуру волокон наночастиц электропроводной сажи. Электропроводящие материалы из волокон лиоцелла находят применение в широкой области электрорезисторных изделий.

Известна технология изготовления сверхпрочных химических текстильных волокон (нитей). Такие волокна имеют диаметр 50 микрометров и образованы десятками миллионов нанотрубок, скрепленных между собой при помощи полимера. Такие электропроводящие волокна имеют втрое большую прочность на разрыв, чем паутина паука-кругопряда, которая считается наиболее прочной из всех натуральных нитей [5].

Литературные данные свидетельствуют о широком применении полианилина из-за его уникальных электрофизических свойств [6]. Частным случаем использования электропроводящих полимеров является синтез полианилина на волокне с созданием электропроводящих волокнистых материалов с использованием гетерокоагуляционного механизма крашения в процессе окислительной конденсации анилина в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ) [7]. Разработан способ синтеза полианилина на волокне, при котором полианилин осаждается на поверхности волокна. Волокно при этом сохраняет достаточную прочность к мокрому и сухому трению [8].

Проводящие ткани с покрытием из полианилина были получены химическим окислением анилина пероксидисульфатом калия на полиэфирных тканях [9]. Для проведения синтеза использовались две различные кислоты (HCl и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Лучшие результаты проводимости получены с использованием серной кислоты. Измерения электрохимической импедансной спектроскопии показали изменение электрических свойств полиэфира при нанесении ПАНИ на его поверхность. Полученные значения проводимости делают эти ткани подходящими материалами для антистатических применений. Испытания на устойчивость к стиранию показали увеличение сопротивления в 9 раз. Тесты на стирку показали значительное увеличение сопротивления из-за депротонирования полианилина. Проводящие ткани также пока-

зали электрохромные свойства, изменяя свой цвет от зеленого желтоватого цвета при +1 В до темно-зеленого при +2 В.

Особенный интерес представляет использование графена (ВОГ) в качестве вещества для придания текстильным материалам высоких показателей электропроводности [10].

На сегодняшний день спектр применения электропроводящих текстильных материалов достаточно широк, что обуславливает их высокую востребованность в современных рыночных условиях. Именно поэтому поиск новых экономичных и высокоэффективных способов, а также методов их получения приобретает наибольшую актуальность.

#### Список использованных источников

1. Металлизируемая электропроводящая ткань для защиты от излучений. Экранирующие ткани [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.raduga-textilja.ru/pozharobezopasnye-shtory-iz-kranirovannoy-tkani-s-mikroprovodom->. – Дата доступа – 18.09.2018.
2. Электропроводящие ткани: новый прорыв в технологии! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gadgetsshop.ru/2017/06/elektroprovodyaschie-tkani-novyyj-progryv-v-tehnologii.html>. Дата доступа – 19.09.2018.
3. Металлизируемая ткань [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivtechnomash.ru/index.php/production/metallized-fabrics>. – Дата доступа – 21.09.2018.
4. Соловьёва, М. А., Тюрина, С. Г. Умные ткани для современных солдат // Материалы X Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум». Режим доступа: <http://www.scienceforum.ru/2018/3089/3501>. – Дата доступа – 21.09.2018.
5. Карпенко, Н. Н., Павликова, А. В. Развитие ассортимента текстильных волокон // Научные записки ОрелГИЭТ. – 2010. – №1. – С. 515–518.
6. Stejskal J., Gilbert R. G. Polyaniline. Preparation of a conducting polymer // Pure Appl. Chem. 2002. Vol.74. № 5. P. 857-867.
7. Редько, Я. В. Получение электропроводящих свойств текстильных материалов в процессе отделки: дис. ... к-та. техн. наук / К., 2008. – 158 с.
8. Редько, Я. В., Романкевич, О. В. Электропроводящие волокнистые материалы, полученные с использованием нанотехнологий // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014. – № 5 (35). – С. 50–56.
9. Polyaniline coated conducting fabrics. Chemical and electrochemical characterization / J. Molina [et al.]. // European Polymer Journal, 47, 2011, 2003-2015.
10. Сапожников, С. В., Сафонов, В. В., Губин, С. П. Физико-химические проблемы графена, возникающие при получении электропроводящих текстильных материалов // Вестник молодых ученых Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – Санкт-Петербург.: СПбГУПТД, 2018. – № 1. – С. 36–41.

УДК 677.074.15

## РАЗРАБОТКА НОВЫХ 3D-ТКАНЕЙ И ТКАНЫХ ПРЕПРЕГОВ

*Сергеев В.Т.<sup>1</sup>, к.т.н., Николаев С.Д.<sup>2</sup>, д.т.н., проф.*

<sup>1</sup>АО «ТРИ-Д», Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина»,  
Москва, Российская Федерация

Ключевые слова: 3D-ткани, тканые преформы, структура, свойства.

Реферат. В статье приводятся результаты исследований по разработке новых трехмерных пространственно-армирующих (3D) волокнистых материалов, их преимуществах и областях применения, приводится характеристика разработанных