

**ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ  
ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ,  
ЭКРАНИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ**

**RESEARCH OF PROPERTIES  
OF ELECTRIC CONDUCTING FIBERS AND THREADS  
FOR PRODUCTION OF MATERIALS  
SCREENING ELECTROMAGNETIC RADIATION**

*С.Ш. ТАШПУЛАТОВ, А.К. БАДАНОВА, А.Б. ДОШИБЕКОВА,  
И.В. ЧЕРУНОВА, Р.Д. АКБАРОВ, Л.А. НЕМИРОВА*

*S.SH. TASHPULATOV, A.K. BADANOVA, A.B. DOSHIBEKOVA,  
I.V. CHERUNOVA, R.D. AKBAROV, L.A. NEMIROVA*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,  
Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал)  
Донского государственного технического университета, Россия,  
Алматинский технологический университет, Республика Казахстан,  
Омский политехнический университет, Россия)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,  
Institute of Services and Entrepreneurship (branch)  
of the Don State Technical University, Russia,  
Almaty Technological University, Republic of Kazakhstan,  
Omsk Polytechnic University, Russia)

E-mail: aizhan.aisha111@mail.ru;

*Статья посвящена разработке и исследованию свойств металлизированных электропроводящих нитей, используемых для изготовления материалов, экранирующих электрические поля высокой напряженности, применяемых в специальной одежде для работников топливно-энергетической отрасли.*

*Электропроводящее волокно нитрон (ЭПВН) получается путем металлизации синтетического волокна нитрон, подвергающегося на специально разработанной установке двухступенчатой химико-гальванической металлизации. В результате этого на волокно осаждается около 17% металлического никеля, и оно приобретает достаточно высокую электропроводность. Установлено, что обработанное волокно полностью сохраняет свои физико-механические свойства (прочность и удлинение), благодаря чему может легко перерабатываться на серийном текстильном оборудовании в смеси с другими волокнами.*

*The article is devoted to the development and research of the properties of metallized conductive threads used for the manufacture of materials shielding high-voltage electric fields, used in special clothes for workers in the fuel and energy industry.*

*The ECN fiber is obtained by the metallization of synthetic fiber nitron, which is subjected to a two-stage chemical-galvanic metallization on a specially designed installation. As a result, about 17% of nickel metal is deposited on the fiber, and it acquires a sufficiently high electrical conductivity. It has been established that the processed fiber fully retains its physical-mechanical properties (strength and elongation), due to which it can be easily processed on serial textile equipment mixed with other fibers.*

**Ключевые слова:** металлизированная нить, электрофизические свойства, электропроводящее волокно, защита от электрических полей.

**Keywords:** metallized thread, electrophysical properties, electric conducting fiber, protection against electric fields.

На мировом рынке производят металлизированные волокна в основном фирмы "Mitsubishi Rayon Co Ltd" [1], "Teijin Ltd" [2], "Kuraray", "Bayer AG", "Rhone-Poulenc-textile" и др. Большинство разработок принадлежит фирме "Bayer AG" [3]. Эти металлизированные электропроводящие волокна чаще получают путем никелирования. Такие волокна в изделиях обеспечивают затухание электромагнитной энергии в 40 дБ, то есть через них проходит только десять тысячных энергии, их используют в защитной одежде для работающих в условиях микроволнового излучения, для покрытия стен экранируемых помещений, для облицовки оборудования, например мощных электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

Изучению механизма электропроводности наполненных токопроводящим ингредиентом полимеров посвящен ряд работ. По этому вопросу существуют различные мнения. Одни исследователи считают, что прохождение электрического тока осуществляется через непосредственный контакт между частицами токопроводящего наполнителя, которые образуют цепочечные агрегаты [4].

В настоящее время промышленно развитые страны, имеющие мощную радиоэлектронную, оборонную промышленность и производство изделий для безопасности жизнеобеспечения, практически не могут обходиться без волокнистых электропроводящих материалов, поэтому объем их производства и ассортимент неуклонно возрастают. Это способствует расширению областей их применения.

Существенный интерес представляет проблема создания на основе ЭПВН специальных материалов для одежды, обеспечивающей безопасность жизнедеятельности, например, защищающей персонал от воздействия электромагнитных полей.

Определение большинства характеристик электропроводящего волокна, пряжи, материалов и изделий проводилось в соответствии с существующими стандартами и

нормативами [5]. Наряду с ними используются некоторые нетрадиционные методы, имеющие свою специфику.

Методика определения поверхностного электрического сопротивления материалов и погонного сопротивления нитей в сверхвысокочастотном диапазоне. Установка состоит из специального измерительного стола, на котором имеется "окно" для прохождения радиоволны. На столе установлены передающая и принимающая рупорные антенны. Передающая рупорная антенна соединена с высокочастотным генератором сигналов Г4-83(7,5...10,5 ГГц), а принимающая антенна соединена с селективным микровольтметром В6-9 для измерения величины сигнала.

Потенциометрический метод измерения электрического сопротивления материалов. Учет влияния контактного сопротивления на результаты измерений может быть осуществлен применением потенциометрической измерительной схемы. Согласно этому способу постоянный ток подводится к исследуемому образцу двумя токовыми электродами, между которыми на определенном расстоянии помещают два потенциальных или токосъемных электрода. По падению напряжения и величине тока рассчитывают электрическое сопротивление образца материала между потенциальными электродами.

В качестве объекта исследования использовали металлизированное электропроводящее волокно нитрон (ЭПВН), технология производства которого была разработана международной группой ученых России, Узбекистана и Казахстана.

Волокно ЭПВН получают путем металлизации промышленно выпускаемого штапельного синтетического волокна нитрон. Свежесформованное, отмытое от химических реагентов волокно нитрон подвергается на специально разработанной установке двухступенчатой химико-гальванической металлизации. В результате этого на волокно

осаждается около 17% металлического никеля, и оно приобретает достаточно высокую электропроводность (объемное удельное электрическое сопротивление  $2 \cdot 10^{-5}$  Ом·м), приближающуюся к электропроводности металлов.

Следует отметить, что сравнение свойств исходного и металлизированного волокна нит-

рон позволило установить, что волокно полностью сохраняет свои физико-механические свойства (прочность и удлинение), благодаря чему может легко перерабатываться на серийном текстильном оборудовании в смеси с другими волокнами (табл. 1 – физико-механические характеристики различных образцов волокна нитрон).

Т а б л и ц а 1

Наименование образца	Линейная плотность, текс	Разрывная нагрузка, сН	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	Разрывное удлинение, %	Удельная разрывная нагрузка в петле, сН/текс	Устойчивость к двойным изгибам, циклы
Исходное волокно нитрон	0,333	9,1	27,3	33,4	7,8	17594
Металлизированное волокно нитрон, содержание никеля – 16,8 %	0,530	9,2	17,3	30,3	7,1	14125

Известно, что электрофизические свойства металлизированных химических волокон во многом определяются характером распределения токопроводящего компонента на волокне. На рис. 1...4 представлены электронно-микроскопические снимки поверхности волокна нитрон, содержащего различное количество металла.

Из рис. 1 (электронно-микроскопический снимок поверхности исходного волокна нитрон) видна четкая фибриллярная структура поверхности исходного волокна. При металлизации наблюдается значительное изменение рельефа поверхности. При относительно малом содержании металла (рис. 2 – электронно-микроскопический снимок поверхности исходного волокна нитрон, содержащего 2,2% металла) на волокне можно видеть множество отдельных образований, причем контуры поверхности не столь четко выражены, как в случае исходного волокна. С увеличением количества осажденного металла отдельные агрегаты объединяются между собой и образуют более или менее сплошное покрытие (рис. 3 – электронно-микроскопический снимок поверхности исходного волокна нитрон, содержащего 4,2% металла). Еще большее увеличение количества металла, осажденного дополнительным гальваническим способом,

приводит к "залечиванию" дефектов металлического покрытия, и рельеф поверхности волокна значительно выравнивается (рис. 4 – электронно-микроскопический снимок поверхности исходного волокна нитрон, содержащего 7,6% металла).

При металлизации волокон в большинстве случаев металл осаждается на поверхности полимера в виде отдельных островков (островковая структура). Этим объясняется достаточная стабильность электропроводных свойств металлизированных волокон при различных деформациях. Передача электрического тока между отдельными островками осуществляется через потенциальные барьеры вследствие термоэлектронной эмиссии или туннельного эффекта.

При металлизации анизотропная фибриллярная структура волокна оказывает ориентирующее влияние на рост металлических образований. При контакте таких элементарных волокон друг с другом электрический ток протекает по металлическим структурам, расположенным на поверхности вдоль волокна, что обуславливает высокую электропроводность образцов. Обычно металлизации подвергают филаментные нити, содержащие небольшое число элементарных волокон и реже штапельные волок-

на. Это связано с трудностью достижения желаемой равномерности металлизации всех волокон, составляющих нить или жгут. Однако при металлизации филаментных нитей нельзя достичь достаточно высокой производительности. В случае волокна ЭПВН ме-

таллизации подвергается жгут волокна, состоящий из 54 тысяч элементарных волокон. Благодаря разработанной технологии все элементарные волокна равномерно подвергаются металлизации и приобретают электропроводящие свойства.



Рис. 1



Рис. 2

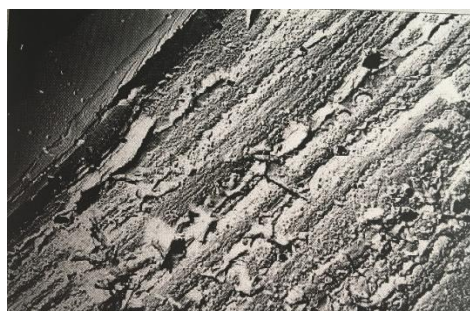


Рис. 3



Рис. 4

В переменном поле, которое возникает вокруг установок и оборудования сверхвысокого напряжения, а также различных бытовых приборов и персональных компьютеров, полярность постоянно изменяется, и заряды перемещаются через тело человека, и появляется ток, который может достигать сотен микроампер. Эти явления крайне нежелательны, так как они впоследствии вызывают различные болезни. Эксплуатация и техническое обслуживание таких объектов должны производиться персоналом в специальной защитной одежде, которая резко ограничивает возможность протекания электрического тока через тело человека. Например, при напряжении 100 кВ ток, протекающий по телу человека, находящегося в электрическом поле в обычной спецодежде, равен 140 мкА, а в электропроводящей одежде – 20 мкА. Соответственно, в пос-

леднем случае ток, протекающий по самой одежде, возрастает с 5 до 120 мкА.

## ВЫВОДЫ

1. Проведены исследования свойств металлизированных электропроводящих нитей. Установлено, что в результате металлизации на волокно осаждается около 17% никеля.

2. Выявлено, что обработанное волокно приобретает достаточно высокую электропроводность, приближающуюся к электропроводности металлов.

3. Установлено, что обработанное волокно полностью сохраняет свои физико-механические свойства (прочность и удлинение), благодаря чему может легко перерабатываться на серийном текстильном оборудовании в смеси с другими волокнами.

1. Gupta V.B., Kothari K.K. Manufactured Fibre Technology. Mitsubishi rayon to establish plant in eu-rope for producing carbon fiber intermediate materials. Режим доступа: URL:[https://books.google.kz/books?id=y7nwCAAAQBAJ&pg=PA441&lpg=PA441&dq=company+producing+metallic+fibers+\"Mitsubishi+Rayon+Co+Ltd\"&source=bl&ots=1K4jIjtjwV&sig=ACfU3U0baIIcHbgOQxRYE7d4ITngjiNuA&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwjYs9CZ7aPgAhVBKywKHdKyDs44ChDoAT-AHegQIBBAB#v=onepage&q=company%20producing%20metallic%20fibers%20\"Mitsubishi%20Rayon%20Co%20Ltd\"&f=false](https://books.google.kz/books?id=y7nwCAAAQBAJ&pg=PA441&lpg=PA441&dq=company+producing+metallic+fibers+\) (дата обращения: 05.02.2019)

2. Teijin Develops Radiation Shielding Aramid Fabric // Официальный сайт Search News Release. Режим доступа: URL: [https://www.teijin.com/news/2013/ebd130424\\_59.html](https://www.teijin.com/news/2013/ebd130424_59.html) (дата обращения: 05.02.2019)

3. Bayer material science // Официальный сайт Global Research & Innovation. Режим доступа: URL: <https://www.bayer.in/bayer-materialscience.php> (дата обращения: 05.02.2019)

4. Абдуллин М.И., Басыров А.А., Гадеев А.С., Колтаев Н.В., Кокшарова Ю.А., Николаев С.Н. Сравнение электропроводности токопроводящих полимерных композиций, наполненных техническим углеродом и углеродными волокнами // Журнал научных публикации. – 2014, № 10. С. 7...12

5.ГОСТ 12.0.230.1–2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие положения., введ. 2017-03-01. – М.: Стандартинформ, 2016.

1. Gupta V.B., Kothari K.K. Manufactured Fibre Technology. Mitsubishi rayon to establish plant in eu-rope for producing carbon fiber intermediate materials. Rezhim dostupa: URL:[https://books.google.kz/books?id=y7nwCAAAQBAJ&pg=PA441&lpg=PA441&dq=company+producing+metallic+fibers+\"Mitsubishi+Rayon+Co+Ltd\"&source=bl&ots=1K4jIjtjwV&sig=ACfU3U0baIIcHbgOQxRYE7d4ITngjiNuA&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwjYs9CZ7aPgAhVBKywKHdKyDs44ChDoAT-AHegQIBBAB#v=onepage&q=company%20producing%20metallic%20fibers%20\"Mitsubishi%20Rayon%20Co%20Ltd\"&f=false](https://books.google.kz/books?id=y7nwCAAAQBAJ&pg=PA441&lpg=PA441&dq=company+producing+metallic+fibers+\) (дата обращения: 05.02.2019)

2. Teijin Develops Radiation Shielding Aramid Fabric // Ofitsial'nyy sayt Search News Release. Rezhim dostupa: URL: [https://www.teijin.com/news/2013/ebd130424\\_59.html](https://www.teijin.com/news/2013/ebd130424_59.html) (data obrashcheniya: 05.02.2019)

3. Bayer material science // Ofitsial'nyy sayt Global Research & Innovation. Rezhim dostupa: URL: <https://www.bayer.in/bayer-materialscience.php> (data obrashcheniya: 05.02.2019)

4. Abdullin M.I., Basyrov A.A., Gadeev A.S., Koltayev N.V., Koksharova Yu.A., Nikolaev S.N. Sravnenie elektroprovodnosti tokoprovodyashchikh polimernykh kompozitsiy, napolnennykh tekhnicheskim uglerodom i uglerodnymi voloknami // Zhurnal nauchnykh publikatsii. – 2014, № 10. S. 7...12

5.GOST 12.0.230.1–2015. Mezhhosudarstvennyy standart. Sistema standartov bezopasnosti truda. Obshchie polozheniya., vved. 2017-03-01. – М.: Standartinform, 2016.

Рекомендована отделом организации научной работы АТУ. Поступила 01.04.19.