

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

УДК 677. 022.63.023.276: [677.072:718]

ЗАМОСТОЦКИЙ
ЕВГЕНИЙ ГЕННАДЬЕВИЧ

ТЕХНОЛОГИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ
ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ

диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.19.02 – “Технология и первичная обработка
текстильных материалов и сырья (технические науки)”

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор КОГАН А.Г.

Библиотека ВГТУ



Витебск, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ	10
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ АНАЛИЗ ВОПРОСА ПОЛУЧЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ	15
1.1 Классификация электропроводящих волокон	15
1.1.1 Виды гомогенных электропроводящих волокон и нитей	16
1.1.2 Виды гетерогенных электропроводящих волокон и нитей	19
1.2 Анализ способов получения комбинированных и армированных нитей	20
1.3 Анализ способов получения электропроводящих нитей и пряжи	26
1.4 Области применения электропроводящих нитей	32
1.4.1 Применение электропроводящих нитей в тканях специального назначения	32
1.4.2 Применение электропроводящих нитей в трикотажных изделиях	37
1.4.3 Использование электропроводящих волокон и нитей в производстве нетканых материалов	38
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	42
ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ	43
2.1 Характеристика используемого сырья	43
2.1.1 Физико-механические и электрические свойства комплексных полиэфирных и полиамидных химических нитей	43
2.1.2 Физико-механические и электрические свойства медной микропроволоки	50
2.2 Разработка технологии комбинированных электропроводящих нитей на тростильно-крутильных машинах	52
2.3 Теоретический анализ структуры и свойств комбинированных электропроводящих нитей	56
2.4 Технологический режим и план кручения комбинированных электропроводящих нитей	62
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	67

ГЛАВА 3 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ	68
3.1 Теоретические исследования процесса кручения с определением геометрического строения и разрывной нагрузки комбинированной электропроводящей нити	68
3.2 Теоретическое исследование интенсивности нагрузки и натяжения при баллонировании комбинированной электропроводящей нити на машине ТК-2-160М	87
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3	96
ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ	97
4.1 Экспериментальные исследования технологического процесса получения комбинированных электропроводящих нитей на тростильно-крутильных машинах	97
4.1.1 Оптимизация технологических режимов тростильно-крутильной машины при производстве комбинированных полиэфирных электропроводящих нитей	98
4.1.2 Оптимизация технологических режимов тростильно-крутильной машины при производстве комбинированных полиамидных электропроводящих нитей	103
4.2 Экспериментальные исследования свойств комбинированных электропроводящих нитей	106
4.2.1 Экспериментальное определение выносливости комбинированных электропроводящих нитей на многократный изгиб и на истирание	106
4.2.2 Экспериментальные исследования электрофизических свойств комплексных и комбинированных нитей	108
4.3 Комплексный анализ деформационных и прочностных свойств комбинированных электропроводящих нитей	110
4.4 Оценка показателей качества комбинированных электропроводящих нитей	114
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4	117
ГЛАВА 5 ПЕРЕРАБОТКА КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ В ТКАНИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	118
5.1 Переработка опытной партии электропроводящих нитей в ткани специального назначения в условиях учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»	119
5.1.1 Исследование электрических свойств наработанных тканей	119

5.1.2	Определение влияния расположения комбинированных электропроводящих нитей на антистатические свойства тканей	124
5.2	Переработка опытной партии электропроводящих нитей в ткани специального назначения в производственных условиях	127
5.3	Исследование физико-механических и электрических свойств наработанных тканей	130
5.4	Определение влияния расположения комбинированных электропроводящих нитей на прохождение СВЧ-волн через ткань специального назначения	131
5.5	Определение влияния структуры тканей с комбинированными электропроводящими нитями на прохождение СВЧ-волн	137
	ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5	139
	ГЛАВА 6 РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДЯЩИХ НИТЕЙ	140
6.1	Расчет экономического эффекта от производства комбинированных электропроводящих нитей в условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей»	140
6.2	Расчет экономического эффекта от производства тканей специального назначения по данным ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей»	142
6.3	Расчет экономического эффекта от производства тканей специального назначения по данным ОАО «Моготекс»	144
	ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 6	147
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	148
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	150
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	164
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б	165
	ПРИЛОЖЕНИЕ В	171
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г	174
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д	188
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е	191
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж	192
	ПРИЛОЖЕНИЕ И	193
	ПРИЛОЖЕНИЕ К	195
	ПРИЛОЖЕНИЕ Л	196
	ПРИЛОЖЕНИЕ М	197
	ПРИЛОЖЕНИЕ Н	200

ПРИЛОЖЕНИЕ П	201
ПРИЛОЖЕНИЕ Р	212
ПРИЛОЖЕНИЕ С	224
ПРИЛОЖЕНИЕ Т	225
ПРИЛОЖЕНИЕ У	227
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф	230
ПРИЛОЖЕНИЕ Х	231
ПРИЛОЖЕНИЕ Ц	234
ПРИЛОЖЕНИЕ Ш	237
ПРИЛОЖЕНИЕ Щ	245
ПРИЛОЖЕНИЕ Э	249
ПРИЛОЖЕНИЕ Ю	251
ПРИЛОЖЕНИЕ Я	255

ВВЕДЕНИЕ

С ростом промышленности природные защитные свойства текстильных материалов стали использовать в спецодежде, предохраняющей людей от производственного травматизма под действием высокой температуры, огня, расплавленных частиц металла. В наше время промышленное развитие и появление новых отраслей производства, необходимость совершенствования армейской экипировки и изменчивая мода предъявляют к текстильным материалам такие требования, удовлетворить которые природные свойства волокон уже не в состоянии. Середина XX в. стала для текстиля периодом триумфального шествия химических волокон с их новыми качествами и эффективностью освоения разнообразных отделок. Последние придают материалу или защитные свойства, необходимые для работы человека в сфере производства (масло-, огне-, кислото-, водостойкость и т. п.), или модные эффекты. Бурный технический прогресс на исходе XX в. (освоение космоса, микроэлектроника и компьютерный бум) предъявил к текстильным материалам новые, казалось бы, фантастические требования. Одно из них — целенаправленное создание и производство волокнистых материалов с заданными свойствами, которые необходимы в конкретной сфере человеческой деятельности. Не менее важным оказалось их умение изменять свои качества в нужном человеку направлении под воздействием внешней среды, т. е. вырабатывать ответную реакцию. Когда появились первые положительные результаты, стали говорить о начале эры «умного» текстиля (Smart Textile, Intelligent Textile), основанного на использовании высоких наукоемких технологий (Hi-Tech). В последнее время в мире большое внимание уделяется исследованиям в области текстильной электроники или электротекстиля. Имеются многочисленные публикации результатов исследований, а также выступления на конференциях и симпозиумах [1].

Интерес к этой области вызван возможностью развития производства изящных и легких тканей, которые могут применяться для изготовления обогреваемых текстильных изделий, жилетов, оснащенных музыкальными приборами в виде плат, гибкой, складывающейся клавиатуры, компьютеров, для производства которых используется электропроводящая пряжа. Вся эта электротехническая продукция в настоящее время уже реально может быть поставлена в торговую сеть.

Развитие космической и авиационной техники, машиностроения, электроники, электротехники, радиотехники и других областей дало мощный импульс для разработки технологии получения таких специфических волокон и волокнистых материалов, как жаропрочные и термостойкие, высокомодульные и высокопрочные, электропроводящие и оптические, антифрикционные,

сорбционные и другие. Высокофункциональные волокна с тщательно разработанными и специально подобранными химическими и физическими свойствами служат сырьем для «интеллектуальных» текстильных материалов с разработанными внутренними структурами; такие материалы открывают самые широкие перспективы перед техническими текстильными изделиями будущего.

Основными областями применения высокотехнологичных материалов является производство спецодежды, способной надежно защищать человека от вредного СВЧ- и УВЧ- воздействия; одежды с подогревом (например, для армии или спортсменов), а так же всевозможных украшений и отделок готовых изделий. Не менее важными областями применения можно назвать экранирование геопатогенных зон и физиотерапевтических кабин, оборудование "чистых" комнат и "безэховых" камер, снятие статического электричества. В настоящее время металлические нити в сетеполотнах нашли применение при создании космических антенн.

Среди требований, предъявляемых к электропроводящим волокнистым материалам, - малая плотность, высокие удельные физико-механические характеристики, возможность широкого варьирования электрофизических характеристик, стойкость к агрессивным средам, малый термический коэффициент линейного расширения, высокая адгезия к связующим, технологичность в переработке в изделия, возможность придания изделию сложной формы и др. Следует отметить широко применяемые в настоящее время в электротехнике, радиотехнике и смежных отраслях такие металлы, как золото, серебро, никель, хром, вольфрам и их сплавы, являющиеся весьма дефицитными и дорогостоящими материалами [2].

Электропроводящие нити, вплетенные в структуру материала в виде решетки или полосок, придают им антистатические свойства, которые сохраняются в течение всего срока службы. Такие материалы долговечны, отличаются высокой комфортностью, малоусадочные и малорастягивающиеся, удовлетворяют требованиям к технологической одежде для чистых помещений класса 100 в электронной промышленности и классов А и В в химико-фармацевтической промышленности.

Производство электропроводящих волокнистых материалов включает в себя широкую гамму изделий, таких как нагревательные провода, мягкие и жесткие электронагреватели, обогреваемые постельные принадлежности, коврики и одежда. Они обеспечивают обогрев жилых и производственных помещений, сидений автомобилей, трубопроводов, технологического оборудования, насосов и емкостей, сельскохозяйственных объектов.

За сравнительно небольшую историю электропроводящих нитей их практическое значение для производства материалов и изделий, необходимых для обеспечения жизни людей, развития техники и науки, стало весомым. Это

одежда и предметы интерьера, спортивные и медицинские изделия, а также многое другое, что входит в круг важных и повседневных потребностей человека. Дальнейшее развитие техники, транспорта, строительства сегодня невозможно без использования волокнистых материалов.

Среди химических волокон [3], применяемых для получения волокнистых материалов бытового, технического, гигиенического, медицинского и другого назначения, можно выделить несколько групп и доли этих видов химических волокон на мировом рынке: полиамидные волокна – 12,2 %; полипропиленовые волокна – 7,9%; полиакрилонитрильные волокна – 6,3%; полиэфирные волокна – 64,4%; целлюлозные волокна – 8,4%; другие химические волокна, применяемые для получения волокнистых материалов, в том числе и электропроводящих – 0,6%.

В настоящее время в условиях острой конкуренции одной из главных проблем текстильных предприятий является необходимость создания новых технологий, обеспечивающих постоянное расширение ассортимента текстильных изделий специального назначения высокого качества с широким спектром свойств. В связи с этим актуальной научно-технической задачей является разработка и исследование новых технологических процессов производства комбинированных электропроводящих нитей для спецодежды, способной защищать человека от статического электричества, в местах, где ведутся работы, связанные с легковоспламеняющимися и горюче-смазочными материалами; для материалов, эксплуатирующихся в условиях, где недопустимо возникновение электростатических разрядов.

Одной из наиболее важных задач при производстве комбинированных электропроводящих нитей является подбор подходящих составляющих компонентов и обеспечение оптимальных параметров технологического процесса на оборудовании, так как только при этом условии можно получить нити заданного качества.

Данная работа посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – разработке технологического процесса получения комбинированных электропроводящих нитей, не выпускаемых в Республике Беларусь, а также исследованию их уникальных свойств, проявляющихся в текстильных материалах специального назначения. В диссертационной работе будут рассмотрены вопросы разработки технологии комбинированных электропроводящих нитей с использованием медной микропроволоки и комплексных химических нитей, теоретических и экспериментальных исследований процесса формирования комбинированных электропроводящих нитей на тростильно-крутильных машинах.