

## АНАЛИЗ СВОЙСТВ МЕТАЛЛИЗИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

*А.Г.Коган, Е.Г.Замостоцкий, В.Ю.Сергеев, В.В.Сюборов*

При современном уровне развития техники и технологии появляется всё большее количество устройств, в процессе работы которых излучаются электромагнитные волны, которые неблагоприятно воздействуют на функционирование биологических организмов, и в частности человека.

Кроме этого возникла необходимость разработки текстильных изделий, способных защитить человека от статического электричества в местах, где ведутся работы с легковоспламеняющимися и горюче-смазочными материалами, для работников газо- и нефтеперерабатывающей отрасли, где недопустимо возникновение электростатических разрядов.

В связи с этим на кафедре «ПНХВ» УО «ВГТУ» разработана технология комбинированных электропроводящих нитей линейной плотности 60 текс на тростильно-крутильном оборудовании для производства металлизированных тканей специального назначения. В качестве электропроводящего элемента в нити была выбрана медная микропроволока. Этот выбор обусловлен тем, что медная микропроволока обладает высоким поглощением и низким отражением электромагнитной энергии, а также лучшими электрическими свойствами по сравнению с другими металлами. Физико-механические показатели медной микропроволоки представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Физико-механические показатели медной микропроволоки

Показатель	Медная микропроволока
Линейная плотность, Текс	18
Процентное содержание, %	30
Номинальный диаметр, мм	0,04-0,05
Разрывное удлинение, %	10-12
Удельная разрывная нагрузка, сН/Текс	2,3-2,5

В качестве стержневой и обкручивающей составляющих использовались полиэфирные и полиамидные комплексные нити.

В таблице 2 приведены значения электрических свойств используемых полиэфирных и полиамидных комплексных нитей в зависимости от их диаметра.

Таблица 2

Электрические свойства ПЭ и ПА в зависимости от диаметра

Нить	Диаметр нити $d$ , см	Поверхностная площадь нитей, $S$ , см <sup>2</sup>	Заряд нити $q$ , Кл	Поверхностная плотность заряда нити, $\sigma$ ; Кл/см <sup>2</sup>	Линейная плотность заряда, $\tau$ , Кл/см
Полиэфирная комплексная нить $T=5,2$ текс	0,0069	0,000038	$0,29 \cdot 10^8$	$7,63 \cdot 10^{11}$	$0,29 \cdot 10^8$
Полиэфирная комплексная нить $T=29,4$ текс	0,0164	0,000213	$1,64 \cdot 10^8$	$7,69 \cdot 10^{11}$	$1,64 \cdot 10^8$
Полиамидная комплексная нить $T=5,0$ текс	0,0073	0,000042	$0,72 \cdot 10^8$	$1,71 \cdot 10^{12}$	$0,72 \cdot 10^8$
Полиамидная комплексная нить $T=29,5$ текс	0,0175	0,000250	$4,3 \cdot 10^8$	$1,72 \cdot 10^{12}$	$4,3 \cdot 10^8$

Для расчета линейной плотности комбинированных электропроводящих нитей получена теоретическая зависимость:

$$T_{к.н} = T_c + T_{м.нр} \cdot K_{м.нр} + T_n \cdot K_n, \quad (1)$$

где  $T_{к.н}$  – линейная плотность комбинированной электропроводящей нити, текс;

$T_c$  – линейная плотность сердечника, текс;

$T_{м.нр}$  – линейная плотность микропроволоки, текс;

$K_{м.нр}$  – коэффициент нагона микропроволоки;

$T_n$  – линейная плотность покрывающего компонента, текс;

$K_n$  – коэффициент нагона покрывающего компонента.

Диаметр комбинированных электропроводящих нитей рассчитывается по формуле:

$$D_{к.н} = 0,0357 \sqrt{\frac{T_c}{\gamma_c} + \frac{T_{м.нр}}{\gamma_{м.нр}} \cdot K_{м.нр} + \frac{T_n}{\gamma_n} \cdot K_n}. \quad (2)$$

где  $\gamma_c$  – средняя плотность сердечника, г/см<sup>3</sup>,  
 $\gamma_{м.пр}$  – средняя плотность микропровода, г/см<sup>3</sup>,  
 $\gamma_n$  – средняя плотность покрывающего компонента, г/см<sup>3</sup>;

Можно вырабатывать комбинированные электропроводящие нити в различном сочетании компонентов. Процентное содержание составляющих в нити варьируется в следующих пределах: сердечника 50-54%, микропровода 34-37%, обкручивающего компонента 9-16%

Физико-механические свойства комбинированных электропроводящих нитей представлены в таблице 3.

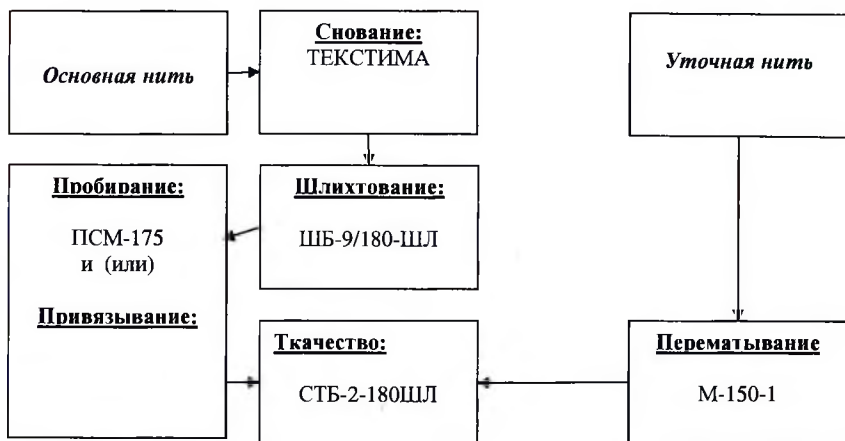
Таблица 3

Физико-механические свойства комбинированных электропроводящих нитей

Наименование показателя	Комбинированная полиэфирная электропроводящая нить	Комбинированная полиамидная электропроводящая нить
Линейная плотность, текс	60	60
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	1,0	1,3
Абсолютная разрывная нагрузка нити, сН	1715	1750
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	7,5	4,0
Удлинение нити при разрыве, %	14,4	13,6
Коэффициент вариации по разрывному удлинению, %	4,5	7,4
Стойкость к многократному изгибу, циклы	3500 – 4000	3600 – 4200
Стойкость к стиранию, циклы	970 – 1350	1050 – 1290

Так как комбинированные электропроводящие нити состоят из комплексных химических нитей, то процесс подготовки нитей к ткачеству осуществлен по обычной технологии: перематывание и снование, пробирание и привязывание (рис. 1).

В качестве диэлектрических нитей использовалась хлопковая и хлопкополиэфирная пряжа линейной плотности 25 текс х 2. Сырьевой состав и переплетения тканей обусловлены требованиями к тканям специального назначения и отработанными параметрами ткацких предприятий по данному ассортименту.



*Рис. 1. Схема технологического процесса производства тканей специального назначения*

Переработка полиамидных и полиэфирных комбинированных электропроводящих нитей осуществлялась на ткацком станке СТБ2-180 с резизоподъемной кареткой СКН-14 переплетениями неправильный шести-нитный сатин и саржа 2/2.

Для одних вариантов тканей электропроводящие нити в основе и в утке располагались с постоянным шагом 10x10 мм. Для других вариантов тканей электропроводящие нити располагались только в основе с постоянным шагом 10 мм. Кроме того, был вариант ткани со сплошным прокладыванием комбинированных электропроводящих нитей по утку и по основе.

После перематывания конические бобины поступали в сновальный отдел. Для получения готового ткацкого навоя выбрано ленточное прерывное снование. Готовый ткацкий навой подвергался заключительной подготовительной операции – пробиранию или привязыванию. Уточные нити после перематывания поступают сразу на ткацкий станок.

Наработанные ткани подвергли исследованиям по ряду физико-механических свойств по стандартным методикам. Результаты испытаний наработанных тканей приведены в таблицах 4 и 5.

В условиях сертифицированной лаборатории ОАО «КИМ» г. Витебска проведены испытания полученных тканей на антистатические свойства. По удельному поверхностному электрическому сопротивлению данные ткани соответствуют необходимым антистатическим требованиям ГОСТа.

Т а б л и ц а 4

Физико-механические и электрофизические свойства готовой ткани  
саинового переплетения

Параметры	Единица измерения	Значение показателя
Переплетение	Неправильный шестинитный сатин	-
Ширина ткани с кромкой	см	149,8
Поверхностная плотность	г/м <sup>2</sup>	148
Плотность ткани	нит/10см	263
-по основе		388
-по утку		230
Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм	Н	
-по основе		1543,1
-по утку		620,5
Удлинение при разрыве полоски ткани размером 50*200мм	мм	
-по основе		137,3
-по утку		41,5
Удельное поверхностное электрическое сопротивление	Ом	4,2·10 <sup>4</sup>

Т а б л и ц а 5

Физико-механические и электрофизические свойства готовой ткани  
саржевого переплетения

Параметры	Единица измерения	Значение показателя	
		Вариант 1. Ориентация эл. нитей по основе	Вариант Ориентация эл. нитей по основе по утку
Переплетение		саржа 2/2	
Ширина ткани с кромкой	см	149,3	149,9
Поверхностная плотность	г/м <sup>2</sup>	312,4	310,9
Плотность ткани	нит/10см		
-по основе		342	342
-по утку		192	190
Разрывная нагрузка полоски ткани 50*200мм	Н		
-по основе		1090,8	954,5
-по утку		668,1	692,6
Удельное поверхностное электрическое сопротивление	Ом	3,9·10 <sup>6</sup>	4,8·10 <sup>3</sup>

В условиях сертифицированной лаборатории РУП «БелГИМ» полученные образцы тканей с электропроводящими нитями исследовались на способность экранировать (отражать) СВЧ-волны различного диапазона на поверенной испытательной установке.

В результате испытаний было установлено, что защитные свойства металлизированных тканей зависят от их структуры и плотности расположения электропроводящих нитей. Чем плотнее располагаются в ткани электропроводящие нити, тем больше отражается энергии СВЧ-волны. Наилучшими защитными свойствами обладает образец ткани со сплошным расположением комбинированных электропроводящих нитей. Защитные свойства таких тканей составили (более 99%) на диапазоне от 1,2 до 11,5 гГц.

Разработанные антистатические ткани с комбинированными электропроводящими нитями нашли применение при пошиве спецодежды для работников бензозаправочных станций, а экранирующие ткани используются как защитные изделия для мобильных телефонов и микроволновых печей.

Кроме того на кафедре «Прядения натуральных и химических волокон» УО «Витебский государственный технологический университет» проводятся исследования различных свойств тканей с наноразмерными металлическими покрытиями, полученных на вакуумно-магнетронной установке.

Концепция использования нанотехнологий предполагает применение структур, для которых одна из размерностей соответствует масштабу нескольким нанометрам. Уникальные свойства таких структур позволяют подойти к созданию новых текстильных материалов. Вместе с тем, традиционные технологии могут успешно использовать достижения нанотехнологий благодаря возможности контроля свойств веществ на молекулярном уровне.

В текстильной промышленности интерес к применению нанотехнологий постоянно усиливается. К настоящему моменту найдены эффективные решения для водо- и грязеотталкивающей, антистатической, несминаемой, бактерицидной и огнезащитной отделки, для защиты от УФ-излучения, защиты от электромагнитного излучения, альфа-излучения, слабого бета-излучения, улучшения окрашиваемости и других эффектов.

Метод магнетронного напыления позволяет наносить на ткани тонкие многослойные покрытия меди, алюминия, титана, латуни, серебра, нержавеющей стали, нитрида титана, бронзы и других металлов, сплавов и их соединений.

В лаборатории кафедры «Ткачество» УО «ВГТУ» проведены испытания физико-механических свойств образцов тканей с металлическими нанопокрываниями. В таблице 6 приведены параметры исследованных образцов тканей.

При проведении испытаний определялись следующие параметры образцов: воздухопроницаемость; разрывная нагрузка по основе и утку; разрывное удлинение по основе и утку.

Таблица 6

Параметры исследованных образцов тканей

№ образца	Материал		Материал покрытия	Толщина покрытия, нм
	основы	утка		
1	полиамидная комплексная нить	полиэфирная комплексная нить	Нержавеющая сталь X18H10T	200
2	полиамидная комплексная нить	полиэфирная комплексная нить	Нержавеющая сталь X18H10T	400
3	полиамидная комплексная нить	полиэфирная комплексная нить	Медь	500
4	полиамидная комплексная нить	полиэфирная комплексная нить	-----	----

В таблице 7 приведены результаты исследований физико-механических свойств полученных тканей.

Таблица 7

Результаты исследований физико-механических свойств образцов текстильных материалов с металлическими нанопокровтиями

№ образца	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	Разрывная нагрузка по основе, Н	Разрывная нагрузка по утку, Н	Разрывное удлинение по основе, мм	Разрывное удлинение по утку, мм
1	17552	209,6	170,99	56,7	45,7
2	17552	211,3	153,03	56,7	45,0
3	18024	222,3	165,5	65,7	49,7
4	18400	228,9	147,8	61,3	42,7

При проведении испытаний на экранирующие свойства ткани исследовалось также влияние расположения образца по отношению к передающей антенне. В таблице 8 приведено описание расположения образца.



Т а б л и ц а 8

Описание видов расположения образцов металлизированных текстильных материалов

Вид расположения образца	Расположение стороны с напылением	Расположение нити основы
А	К излучающей антенне	Горизонтально
В	К излучающей антенне	Вертикально
С	К приемной антенне	Горизонтально
Д	К приемной антенне	Вертикально

Диапазон частот при испытании тканей составил от 10 до 1000 МГц. Испытания проводились через каждые 10 МГц. Плотность потока во всех испытаниях составлял 30 кГц. В результате всех проведенных испытаний ткани с наноразмерным покрытием меди было установлено, что наибольший  $K_{\text{затух}}$  (коэффициент затухания) показала ткань с медным нанопокрывтием и составил от 16 дБ на 808 МГц до 31 дБ на 908 и 928 МГц. На остальных диапазонах коэффициент затухания в среднем составлял 28 дБ. Фотография ткани с медным нанопокрывтием представлена на рис. 2.

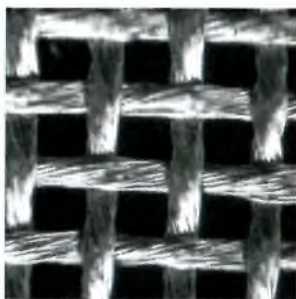


Рис. 2. Фотография ткани с медным нанопокрывтием

Для наглядного сравнения эффективности экранирования в децибелах и процентах представлена таблица 9.

Т а б л и ц а 9

Сравнение эффективности экранирования в децибелах и процентах

Эффективность экранирования	Дб	10	20	30	40	50
	%		90	99	99,9	99,99

По результатам проведенных испытаний установлено, что металлизированные ткани специального назначения с наноразмерными покрытиями обладают значительной экранирующей способностью от 98% до



99,9 %. Данные результаты позволяют использовать полученную ткань для защиты от электромагнитного излучения широкого диапазона.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Левит Р.М. Электропроводящие химические волокна. -М.: Химия, 1986. 200с., ил.
2. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследований механико-технологических процессов в текстильной промышленности. / М.: Легкая индустрия, 1980.-392с.
3. Коган А.Г. Производство комбинированной пряжи и нити/ А.Г.Коган.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.-с. 143
4. Катц, Н.В. Металлизация тканей / Н. В. Катц. – Москва : Ростехиздат, 1962. – 169 с.