

*На правах рукописи*



**СИЛЬЧЕНКО ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА**

**РАЗРАБОТКА ТКАНЕЙ  
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ  
С ЗАЩИТОЙ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Специальность: 05.19.02 - Технология и первичная обработка  
текстильных материалов и сырья

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание учёной степени  
кандидата технических наук

Москва – 2018

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» на кафедре Проектирования и художественного оформления текстильных изделий.

Научный руководитель: **Николаев Сергей Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор кафедры Проектирования и художественного оформления текстильных изделий ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

Официальные оппоненты: **Карева Татьяна Юрьевна**, доктор технических наук, заведующая кафедрой Технологии и проектирования текстильных изделий ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет» г. Иваново

**Романов Владимир Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры Технологии текстильного производства Камышинского технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» г. Камышин

Ведущая организация ООО «ТЕКС-ЦЕНТР», г. Москва

Защита состоится 5 июня 2018 г. в 12-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06, созданного на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д.33, стр.1, ауд 156

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» и на сайте университета <http://www.kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета



Кирсанова Е.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность работы.

Сложная ситуация в легкой и текстильной промышленности России требует новых подходов для решения актуальных на сегодняшний день задач. Если ткани бытового назначения можно купить за рубежом, в частности, в Китае, то проблема технического и специального текстиля остается. Она связана напрямую с обороноспособностью страны, жизнеобеспеченностью важнейших отраслей и другими факторами. Текстильные материалы технического и специального назначения в настоящее время интенсивно развиваются в мире.

В Германии технический текстиль занимает более 50% оборота, в США – 40%, в Китае – 30% и ему обеспечен дальнейший рост, т.к. технический прогресс предлагает новые области применения. В России технический текстиль также успешно развивается. Во многом это связано и с санкционной политикой Запада. Прогноз развития технического текстиля в России таков, что в ближайшие 10 лет он удвоит свои объемы.

Важным направлением сегодня является создание защитных тканей от электромагнитного излучения. Сегодня ООО «Чайковская текстильная компания» ведет работы по созданию таких тканей. Приходится сталкиваться со многими проблемами, так как отсутствуют устоявшиеся методы проектирования таких тканей, не изучены в достаточной степени свойства таких тканей, не определены четко требования к ним.

В России прогнозируется рост выпуска защитных тканей. Защита человека от неблагоприятных факторов приобретает, естественно, большое значение для многих отраслей. Это делает отрасли промышленности менее травмоопасными. И это выводит эти вопросы на государственный уровень.

Сегодня защитные (экранирующие) свойства достигаются или нанесением спецпрепаратов на ткань (на этапе отделки) или нанесением металлопокрытий на поверхность ткани, в результате защитные свойства изделий не обладают перманентностью к жестким условиям эксплуатации-уход.

**Целью** данной работы является разработка и внедрение в производство новых тканей специального назначения для защиты человека от электромагнитного излучения, значительно ослабляющие электрические и электромагнитные поля, и предложить технологию их изготовления..

В работе необходимо решить важные и актуальные на сегодняшний день **задачи:**

- определить меры защиты от электромагнитного излучения и электромагнитных полей при использовании тканей в зависимости от предельно-допустимых уровней и воздействия;
- разработать новые ткани, значительно ослабляющие электромагнитные и электрические поля и определить области их применения;
- исследовать уровни электромагнитных полей радиочастотного диапазона и определить оптимальную частоту в зависимости от значений коэффициентов экранирования;

- исследовать влияние санитарной обработки материала на изменение коэффициента экранирования;
- определить задачи для выпуска тканей для защитной одежды от вредного воздействия электрического поля промышленных частот;
- выявить новые подходы к технологии получения тканей для защитной одежды от вредного воздействия электрического поля промышленных частот;
- оценить напряженность заправочных разработанных тканей при их изготовлении на современном технологическом оборудовании;
- разработать рекомендации по использованию новых видов нитей для изготовления тканей от электромагнитного излучения и исследовать их физико-механические свойства;
- установить причинно-следственные связи между свойствами используемых нитей.

**Объекты и методы исследования.** В основу работы положены результаты теоретических и экспериментальных исследований, изложенные в трудах отечественных и зарубежных учёных в области проектирования, строения и изготовления тканей для защиты от электромагнитного излучения.

Объектами исследования являются ткань сложной структуры, процесс ее изготовления на отечественном технологическом оборудовании. Для исследования объектов и решения поставленных в работе задач применялись теоретические и экспериментальные исследования.

Теоретические исследования основаны на современных методах и средствах исследования, использованы наследственная теория вязкоупругости, теория накопления повреждений, а так же геометрические методы проектирования тканей. Экспериментальные исследования проводились в производственной лаборатории ООО «Чайковская текстильная компания», испытательной лаборатории электромагнитной совместимости АО «Тестприбор» и лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Москве». В работе использованы известные методы определения физико-механических свойств, качественных и гигиенических показателей текстильных материалов (волокон, пряжи, ткани) по действующей нормативно-технической документации. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием методов математической статистики и современной вычислительной техники для обеспечения высокой достоверности результатов.

**Научная новизна работы** заключается в том, что в работе:

- спроектированы новые ткани для защиты от электромагнитного излучения с учетом выбора рациональных структур тканей на основе геометрических методов проектирования ткани, с учетом расположения основных и уточных нитей относительно друг друга;
- на теоретическом уровне доказана возможность изготовления спроектированных тканей на основе теории накопления повреждений с учетом реальных свойств нитей;

- исследованы специфические свойства текстильных нитей (вязкоупругие параметры, параметры долговечности) для изготовления тканей, защищающих человека от электромагнитного излучения.

**Практическая значимость работы** заключается в том, что:

- разработаны и внедрены в производство новые ткани для защиты от электромагнитного излучения, значительно ослабляющие электромагнитное и электрическое поле.

- определены основные области применения металлизированных тканей, показано, предложены меры для уменьшения электромагнитного излучения для защитных устройств;

- представлены комплекты защитной одежды, их состав и область применения.

- спроектированные в работе ткани позволяют получить эффективные экранирующие комплекты, позволяющие защитить человека от электромагнитного излучения при их использовании в диапазоне 170-2800 МГц, наилучшие показатели достигнуты при частоте 2800 МГц.

- предложен и внедрен новый состав пряжи из смеси металлизированного волокна, метаарамидного и параарамидного волокон, разработана новая технология формирования пряжи и ткани;

- результаты работы внедрены на ООО «Чайковская текстильная компания» и в учебном процессе РГУ им. А.Н. Косыгина.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и результаты исследований по теме диссертации докладывались и обсуждались на:

- заседании кафедры проектирования и художественного оформления текстильных изделий ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (2013-2017 гг);

- международных научно-технических конференциях «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ – 2014, ИННОВАЦИИ -2015), МГУДТ, Москва;

- международных научно-технических конференциях «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности» (2013, 2014 гг), ВГТУ, Витебск, Республика Беларусь;

- международной научно-технической конференции «Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности» (2015 г), ВГТУ, Витебск, Республика Беларусь;

- всероссийской научно-технической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании», (2015 г), Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин;

- международном научно-техническом форуме «Первые Косыгинские чтения», РГУ им. А.Н.Косыгина, Москва, 2017 г.

**Личный вклад автора** состоит в постановке цели и задач исследования, составлении аналитического обзора, разработке теоретических положений, участии в получении исходных данных и научных экспериментальных исследованиях выработки пряжи и тканей, в обработке и интерпретации

экспериментальных данных, подготовке основных результатов, составлении общих выводов по работе. Автор лично участвовал в апробации результатов исследований, выступал с докладами и готовил основные публикации по выполненной работе.

**Публикации.** По результатам исследований опубликовано 16 работ, из них 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК.

Материал главы 2 отражен в публикациях автора – 4, 6, 13, материал главы 3 – в публикациях 1, 3, 7, 8, материал главы 4 – в публикациях 2, 5, 9-12, 14, материал главы 5 – в публикациях 15 и 16.

**Структура и объём работы.** Диссертация изложена на 147 страницах машинописного текста, состоит из введения, 5-ти глав с выводами, заключения, списка литературы включающего 167 источника (150 отечественных и 17 зарубежных) и семи приложений, содержит 23 рисунка и 27 таблиц. Приложение содержит 19 страниц.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** показана актуальность темы диссертации, обозначены объекты исследования, определена цель и задачи исследования и сформулированы научная новизна и практическая значимость работы.

**Первая глава 1** посвящена современному состоянию исследований в области проектирования, строения и изготовления тканей для защиты от электромагнитного излучения. Проведен анализ литературных источников по следующим направлениям: работы по разработке тканей от электромагнитного излучения; работы по анализу методов проектирования тканей; работы по установлению взаимосвязи между параметрами строения ткани и технологическими параметрами их изготовления на ткацком станке.

Проанализированы работы ученых и специалистов в области технологии и проектирования текстильных материалов: профессоры А.А. Мартыновой, С.Д. Николаева, С.С. Юхина, Э.А. Оникова, Т.Ю. Каревой, В.М. Милашюса, М.В. Назаровой, д.т.н. Е.П. Лаврентьевой, к.т.н. Н.М. Леваковой, И.В. Рыбаулиной и др.

Анализ литературных источников позволил подтвердить актуальность выбранной темы, отметить ее научную значимость и практическую ценность. Установлено, что не решены задачи по проектированию новых тканей для защиты человека от электромагнитного излучения. Не исследованы свойства тканей и параметры структуры, а также нет рекомендаций по изготовлению данных тканей на современном технологическом оборудовании.

**Вторая глава** посвящена анализу рынка тканей для защиты от электромагнитного излучения. Во второй главе: показаны предельно-допустимые уровни плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц-300 ГГц в зависимости от продолжительности воздействия; определены меры защиты от электромагнитного излучения и электромагнитных полей; приведены данные по эффективности тканей «МЕТАКРОН», значительно ослабляющих электромагнитные и электрические поля; определены основные области применения металлизированных тканей; показано, что для уменьшения

электромагнитного излучения защитные устройства должны представлять собой электрически и магнитно замкнутый экран; показана степень ослабления электрического и электромагнитного поля при использовании металлизированных тканей; дано описание комплектов защитной одежды, их состав и область применения.

Постоянное воздействие ЭМИ на человека действует на резонансные процессы на молекулярном и клеточном уровне в различных органах и системах организма. ЭМИ приводят к головным болям, утомляемости, нарушениям сердечно-сосудистой, нервной систем, страдает иммунная система человека. Наиболее подвержены воздействию ЭМИ кровь и глаза, повышается частота онкологических заболеваний и развитие катаракты, увеличивается количество людей, страдающих кожными заболеваниями. При значениях электромагнитного излучения на рабочем месте, превышающего ПДУ, государство обязывает работодателя за свой счет принимать меры по снижению ЭМИ до допустимого уровня. В соответствии с санитарными правилами и нормами по ЭМИ для уменьшения ЭМИ защитные устройства должны представлять собой электрически и магнитно замкнутый экран.

**Третья глава** посвящена разработке новых тканей для защитной одежды от вредного воздействия электрического поля промышленных частот.

Реализация наших научных разработок позволяет:

- создать условия для развития российского текстильного производства конкурентоспособных товаров (тканей на базе металлизированных нитей и волокон для изготовления спецодежды, СИЗ (экранирующих комплектов) с требуемыми защитными и потребительскими свойствами) тока и др.) и импортозамещения, поскольку в России нет производителей такого уровня тканей с данными защитными свойствами;

- придать уникальные конкурентные преимущества вырабатываемой продукции по новым инновационным технологиям за счет: получения новых материалов, не имеющих аналогов на рынке; снижения материалоемкости изделий, в том числе в результате возможности использования однослойной одежды; повышения эргономики изделия, что особенно важно для сверхопасных профессий; снижения себестоимости продукции и увеличения срока эксплуатации тканей, спецодежды и защитной одежды.

Новизной разработки получения экранирующих тканей является:

- формирование защитных (экранирующих) свойств на этапе производства пряжи (на этапе прядения) – пряжа изготавливается из смеси металлизированных и др., волокон (например, полиэфира, арамида, хлопка и др.).

- формирование необходимой геометрической модели строения ткани.

Сейчас защитные (экранирующие) свойства достигаются или нанесением спецпрепаратов на ткань (на этапе отделки) или нанесением металлопокрытий на поверхность ткани, в результате защитные свойства изделий не обладают перманентностью к жестким условиям эксплуатации. На сегодняшний день российский рынок полностью занимают ткани импортного производства. Разработанный ассортимент тканей с комплексом защитных средств и спецодежды из них должны обеспечивать технико-экономические показатели:

снижать энергозатраты, сохранять защитные свойства при многократных стирках, снижать себестоимость продукции.

При проектировании тканей необходимо задаться входными и выходными параметрами.

Сегодня разработка алгоритма расчета значительно упрощается, если проектирование ткани проходит на ПЭВМ. Современная ПЭВМ при использовании современных программных средств сама определит порядок расчета и выдаст необходимые данные. Среди современных программных средств целесообразно вычисления проводить в программной среде Mathcad. Среди простых программных средств не стоит забывать и программу «Эврика», которая очень проста в использовании.

Как было сказано ранее, строение ткани во многом определяет ее свойства. Это не требует доказательств, многочисленные исследования это подтверждают.

В качестве входных параметров в наших исследованиях взяты:

$b$  – толщина ткани;  $\varphi$  – отношение высот волн изгиба основы и утка или порядок фазы строения однослойной ткани;  $M$  – поверхностная плотность ткани.

При проектировании тканей согласно геометрическому методу проектирования тканей, предложенному проф. Н.Г. Новиковым, следует использовать уравнения, имеющиеся в специальной литературе.

Новым при проектировании тканей является:

- определение порядка фазы строения ткани при ее проектировании с учетом технологии ее изготовления на ткацком станке высоты волн изгиба нитей основы и утка;

$$h_o = \frac{2N}{F_o} \left( \frac{100}{P_y} - \sqrt{\frac{E_o I_o}{F_o}} \right) \quad h_y = \frac{2N}{F_y} \left( \frac{100}{P_o} - \sqrt{\frac{E_y I_y}{F_y}} \right),$$

где  $F_o$  и  $F_y$  – натяжение основы и утка соответственно,  $N$  – сила нормального давления основных и уточных нитей;  $E_o$  и  $E_y$  – модули упругости основы и утка соответственно.  $P_o$  и  $P_y$  – плотности ткани по основе и по утку  
отношение высот волн изгиба основы и утка равно:

$$\varphi = \frac{l_o^3 E_y C_y^4 T_y^2}{l_y^3 E_o C_o^4 T_o^2},$$

где  $C_o$  и  $C_y$  – коэффициенты, зависящие от вида волокнистого состава.

- учет реального сечения нитей основы и утка в ткани в форме эллипса;  
- расчет толщины ткани в зависимости от порядка фазы ее строения.

В ходе работы нами было спроектировано три вида ткани. Спроектированные ткани внедрены на ООО «Чайковская текстильная компания». В настоящее время они выпускаются под артикулами 89001, 89401 и 96401. Отличаются различным вложением металлизированных нитей.



Основные параметры структуры спроектированных тканей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные параметры структуры спроектированных тканей

Артикул ткани	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Порядок фазы строения ткани	Плотность ткани, нит/дм		Линейная плотность, текс	
			основы	утка	основы	утка
89001	235	4,88	177	195	20x3	20x3
89401	249	5,32	200	180	20x3	20x3
94401	255	5,44	200	200	29,5x2	29,5x2

Сырье для производства тканей арт. 89001 и 89401 – 80% полиэфирная нить линейной плотности 20x3 текс и 20% электропроводящей металлической нити. При изготовлении ткани арт. 96401 используется комплексная нить линейной плотности 29,5x2 текс, сердечники нити (20%) – стальная нить, обкрученная арамидной пряжей (60% металлизированного волокна и 40% арамидного волокна).

Спроектированные ткани учитывают: эксплуатационные свойства ткани, такие как поверхностная плотность и толщина ткани, определяющая вес костюма; параметры структуры ткани и ее переплетение, которые определяют свойства ткани. Вид волокнистого состава используемых нитей определяет экранирующие и санитарно-химические показатели ткани, которые позволяют использовать их по назначению. Нами определены все параметры структуры спроектированных тканей, которые позволяют прогнозировать их свойства; напряженность заправки на ткацком станке.

**Четвертая глава** посвящена анализу свойств тканей от электромагнитного излучения. В работе исследованы экранирующие свойства полиэфирных тканей с вложением электропроводящих нитей для защиты человека от воздействия электромагнитных полей на примере ткани артикула 89001.

Программа испытания образцов экранирующих материалов включала себя: оценку коэффициента экранирования образцов материала для изготовления индивидуальных экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных излучений радиочастотного диапазона; сравнительную оценку коэффициента экранирования трех образцов материала, два из которых прошли санитарную обработку; оценку проводимости образцов материала, две из которых прошли санитарную обработку. Испытания проводились стандартными методами.

По результатам каждого измерения рассчитывался коэффициент экранирования. Полученные значения оценивались на соответствие требованиям СанПиН 2.2.4.1191-03 и ТР ТС 019.2011 Технический регламент Таможенного Союза «О безопасности средств индивидуальной защиты».

Результаты испытания образцов свидетельствуют о том, что в среднем коэффициент экранирования для всех образцов составляет от 33,02 до 40,04 дБ при небольшом расхождении коэффициента экранирования на различных частотах и образцах.

Коэффициенты экранирования немного увеличиваются с увеличением частоты образцов. На частоте 450 МГц коэффициент экранирования был минимальным и составлял 33,04-34,18 дБ. Наибольший коэффициент экранирования отмечен на частоте 2800 МГц.

В целом результаты испытаний по оценке средних значений коэффициента экранирования образцов материала для изготовления индивидуальных экранирующих комплектов для защиты человека от воздействия электромагнитных излучений свидетельствует о достаточно высокой эффективности образцов материала в диапазоне частот 170-2800 МГц.

Представленные образцы могут быть использованы как материал в изделиях средств индивидуальной защиты, предназначенных для применения в качестве средства обеспечения защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП радиочастотного диапазона 170-2800 МГц.

Сравнительная оценка влияния санитарной обработки на экранирующие свойства образцов материала при действии ЭМП в диапазоне частот 170-2800 МГц показывает, что на частоте 170 МГц после первичной и повторной санитарной обработки коэффициент экранирования образцов тканей снижается незначительно, сохраняя высокие армирующие свойства. На частотах 170-900 МГц максимальное значение коэффициентов экранирования по сравнению с первым образцом составило 1,69 после второй санитарной обработки, а на частотах 1800-2450 МГц заметно большее снижение коэффициента экранирования после второй санитарной обработки, составляя 3,00 и 3,72 соответственно.

Результаты сравнительной оценки влияния на эффективность экранирования материала первичной и повторной санитарной обработки показывают, что, несмотря на некоторое снижение коэффициентов экранирования после первичной и повторной обработки, их значения меняются неравномерно по частотным диапазонам. В наименьшей степени они изменяются на частотах до 900 МГц, несколько больше на частотах больше или равной 1800 МГц. Тем не менее, значения снижения коэффициентов экранирования не превышает 10% от исходных величин.

Электрическое сопротивление ткани неустойчиво и изменяется в зависимости от механического воздействия. Таким образом, электрическое сопротивление ткани сильно зависит от износа в результате гигиенической обработки. Представленные данные свидетельствуют, что проводимость материала не является значимым параметром для обеспечения экранирования в радиочастотном диапазоне ЭМП и он не может быть использован в средствах защиты от электрических полей частотой 50 Гц.

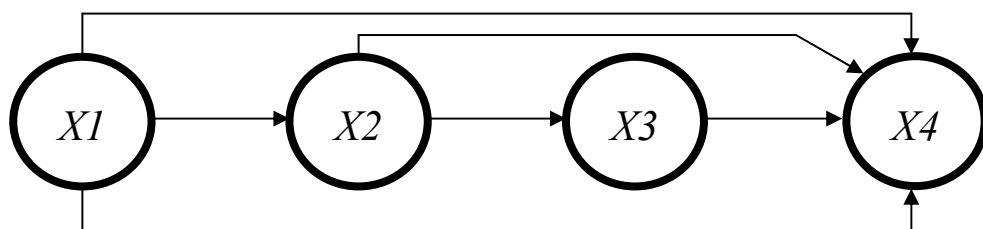
В работе изучены физико-механические свойства нитей для изготовления тканей от электромагнитного излучения. Проведены лабораторные исследования выпускаемой ткани «SCREENTEX 240» арт. 89001 на специальные санитарно-химические и токсико-экологические показатели (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты исследований ткани «SCREENTEX 240» арт. 89001 на специальные санитарно-химические и токсико-экологические показатели

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Результат испытания	Величина допустимого уровня
1	Электризуемость материала	кВ/м	2	Не более 15
Санитарно-химические показатели водной вытяжки				
2	Запах		0	Не более 2
3	Цветность	градус	Менее 1	Не более 20
4	Мутность	ЕМФ	Менее 1	Не более 2,6
5	pH	Ед.pH	6,5	6-9
6	Изменение pH	Ед.pH	0,4	Не более 1
7	Окисляемость	мО <sub>2</sub> /л	4,6±0,5	Не более 5
8	УФ-поглощение в диапазоне длин волн 220-360 нм	Ед. О.П.	0,12	Не более 0,3
9	Восстановительные примеси	p-ра Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,4	Не более 1,0
10	Гексаметилендиамин	мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,01	Не более 0,01
11	Е-капра lactам	мг/дм <sup>3</sup>	Менее 0,3	Менее 1,0
12	Формальдегид	мг/дм <sup>3</sup>	0,037±0,009	Не более 0,1
Токсико-экологические показатели				
13	Индекс токсичности	%	110,6±8,8	70-120
14	Кожно-раздражающее действие	баллы	Отсутствуют (0 баллов)	Отсутствие (0 баллов)

Представленные в таблице 2 данные, показывают, что исследуемая ткань арт. 89001 нетоксична, соответствует требованиям нормативной документации и подходит для пошива специальной и профессиональной одежды для защиты электротехнического персонала от влияния электрического поля.

В работе при помощи бинарной причинно-следственной теории информации определены причинно-следственные связи между свойствами использованных нитей (рисунок 1).



X1 - модуль упругости нити; X2 - разрывная нагрузка нити; X3 - разрывное удлинение нити;  
X4 – выносливость нити к многократным нагрузкам

Рисунок 1 – Ориентированный граф причинно-следственных связей при четырех факторах

Так как эти характеристики имеют различную размерность, статистика экспериментальных данных получена хаотически, без использования известных методов планирования эксперимента. Рассчитаны значения энтропии, информации и коэффициентов причинного влияния факторов друг на друга, построены ориентированные графы причинно-следственных связей воздействия.

В работе на аналитическом уровне проведен расчет повреждаемости основных нитей на ткацком станке СТБ при изготовлении данных тканей. Нами

использован критерий длительной прочности В.Москвитина. Расчет проведен по методике, предложенной проф. В.П. Щербаковым.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что повреждаемость основных нитей расчет с увеличением натяжения основы. Поэтому чрезмерное увеличение натяжения основы нежелательно. При изготовлении данных тканей заправочное натяжение основы желательно устанавливать в пределах 40-60 сН.

**Пятая глава** посвящена исследованиям по разработке новых видов арамидной пряжи с вложением металлизированного волокна и тканей из них.

Переработка смеси металлизированного волокна и арамидного волокна прошла удовлетворительно и позволила выработать пряжу кольцевого способа прядения линейной плотности 29,5х2 текс.

Физико-механические показатели смешанной пряжи характеризуются пониженной прочностью и повышенной хрупкостью пряжи за счёт довольно высокого вложения металлизированного волокна. Остальные показатели удовлетворительные. Несмотря на отмеченные недостатки, данная пряжа может быть апробирована в ткачестве для получения электропроводной огнестойкой ткани.

Критерием оценки эффективности защитного материала является коэффициент экранирования, выраженный в дБ и определяемый по уровням ЭМП РЧ без защитного материала и с ним.

Согласно требованиям к материалам защитного комплекта коэффициент экранирования электропроводящей ткани должен быть не менее 30 дБ.

Нами разработана изотропная структура ткани с использованием комбинированного переплетения и трехкомпонентным сырьевым составом из пряж различной неоднородной формы (рисунок 2).

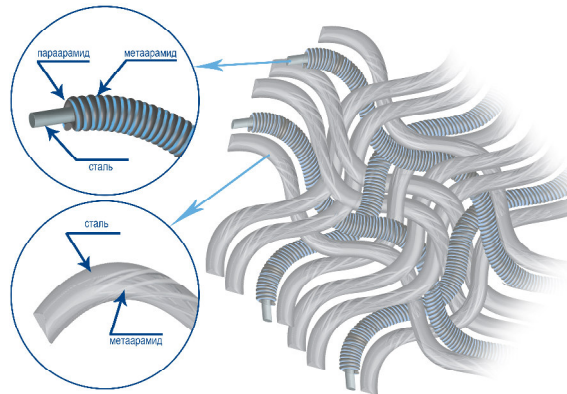


Рисунок 2 – Модель структуры и переплетения образца ткани «Экранер-240» со стальными и арамидными нитями

Использована следующая структура ткани: на бесчелночном ткацком станке комбинированным переплетением равноплотно переработана основа линейной плотностью 29,5х2текс и уток линейной плотностью 29,5×2 текс – 60%бекитех 40%метаарамид + антистатическая пряжа (20% нержавеющей сталь 80% монофиламентная (95%метаарамид 5%параарамид)).

На рисунке 3 представлено изображение фрагмента образца ткани «Экранер-240» в 25- кратном увеличении.

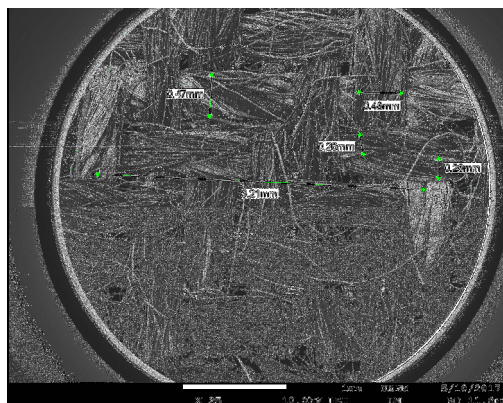


Рисунок 3 – Изображение образца ткани «Экранер-240» со стальными и арамидными нитями

В таблице 3 представлены коэффициенты экранирования новой ткани «Экранер 240» (арт. 96401) при различных частотах.

Таблица 3 – Коэффициенты экранирования ткани «Экранер 240» (арт. 96401) при различных частотах

Коэффициент экранирования электропроводящей ткани, дБ	30	50	100	200	300	500	700
Частота, МГц	100	79	67	77	75	70	67
Коэффициент экранирования электропроводящей ткани, дБ	800	1000	4000	8000	10000	14000	18000
Частота, МГц	70	63	66	72	65	64	73

В таблице 4 приведены технологические параметры изготовления спроектированных тканей артикулов 89001, 89401 и 96401.

Таблица 4 – Технологические параметры изготовления спроектированных тканей артикулов 89001, 89401 и 96401

Параметры	арт. 89001	арт.89401	арт.96401
Заправочное натяжение основы, сН	60	65	80
Натяжение основы при прибое, сН	90	100	120
Натяжение основы при зевобразовании, сН	85	93	112
Величина угла заступа, град	30	30	25
Положение скала по вертикали, мм	+20	+20	+15
Момент начала подачи основы, град	100	100	100
Положение основонаблюдателя по вертикали, мм	+10	+10	+8
Натяжение утка перед разгоном прокладчика, сН	50	55	60
Натяжение утка при разгоне прокладчика, сН	100	110	120
Натяжение утка при сматывании нити с бобины, мм	65	70	80
Натяжение утка во время действия уточного тормоза, сН	80	95	100
Величина прогиба пластины тормоза утка, мм	1,5	1,5	2
Угол закручивания торсионного валика, град	30	30	31

Установка технологических параметров представленных в таблице 4 обеспечивает нормальный технологический режим с обрывностью нитей основы не превышающей 0,2 обр/м ткани, обрывностью утка – не превышающей 0,1 обр/м ткани.

Одним из возможных путей повышения стойкости тканей к износу от стирки является использование для крашения активных красителей, способных

ковалентно присоединяться к материалу ткани. Такая пришивка нанотрубок к поверхности волокон ткани стабилизирует показатели электропроводности независимо от количества стирок. Нами внесена незаметная углеродная сетка, которая стабилизирует показатели по поверхностному сопротивлению, по экранированию за счет нестандартного подхода.

В настоящий момент проводятся испытания по введению в структуру ткани одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ), показывающие свойства, превосходящие характеристики известных композиционных материалов. Данная работа показывает потенциал использование данной технологии для получения защитных свойств. Высокая проводимость нанотрубок предполагает возможность применения композиций на их основе в качестве легких радиопоглощающих материалов, наряду с традиционными диэлектрическими наполнителями типа саж, углеродных волокон, шунгита и др. Отметим, что эти материалы находят широкое применение при экранировании помещений, в радиолокационной и военной технике.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. Спроектированы и внедрены в производство новые ткани, которые защищают человека от электромагнитного излучения, значительно ослабляющие электромагнитное и электрическое поля и удовлетворяющие требованиям по поверхностной плотности, толщине и параметрам структуры тканей..

2. Анализ предельно-допустимых уровней плотности потока энергии в диапазоне часто 300 МГц-300 ГГц с учетом времени воздействия позволил определить меры защиты от электромагнитного излучения и электромагнитных полей.

3. Показаны пути для уменьшения электромагнитного излучения и требования к защитным устройствам, показана степень ослабления электрического и электромагнитного поля при использовании металлизированных тканей.

4. Экспериментально установлено, что применение исследованных образцов металлизированных тканей «ScreenTex 240» арт. 89001 и арт. 89401 позволяет снизить уровни электромагнитных полей в диапазоне от , 170 до 2800 МГц. Данные ткани обеспечивают достаточно высокий коэффициент экранирования (максимальное значение достигается при частоте 2800 МГц). Данные артикулы тканей могут быть применены в качестве средства обеспечения защиты человека от неблагоприятного влияния ЭМП РЧ. Установлено, что ткань «ScreenTex 240» не целесообразно использовать в экранирующих комплектах для защиты человека от воздействия электрических полей промышленной частоты 50 Гц, по показателю электрического сопротивления.

5. Переработка смеси 60% металлизированного волокна и 40% метаарамидного волокна прошла удовлетворительно и позволила выработать пряжу кольцевого способа прядения линейной плотности 29х2 текс. Физико-механические показатели смешанной пряжи характеризуются пониженной

прочностью и повышенной хрупкостью пряжи за счёт довольно высокого вложения металлизированного волокна. Остальные показатели удовлетворительные. Несмотря на отмеченные недостатки, данная пряжа может быть переработана в ткачестве для получения электропроводной огнестойкой ткани.

6. Согласно требований, предъявляемым к материалам защитных комплектов от ЭМИ, коэффициент экранирования электропроводящей ткани должен быть не менее 30 дБ. Для новой спроектированной ткани «Экранер 240» выпускаемой в настоящее время ООО «Чайковская текстильная компания» коэффициент экранирования имеет значение не менее 63 дБ в диапазоне частот от 30 МГц до 18 ГГц и 100 дБ при частоте 30 МГц, что соответствует требованиям ГОСТ 12.4.172-2014.

7. Расчет коэффициентов повреждаемости основы на основе критерия длительной прочности В.Москвитина показал возможность выработки разработанной металлизированной ткани «ScreenTex 240» и «МЕТАКРОН 240» на отечественном технологическом оборудовании.

8. Результаты исследований внедрены на ООО «Чайковская текстильная компания» и в учебном процессе РГУ им. А.Н. Косыгина.

#### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных изданиях и журналах, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России**

1. Сильченко, Е. В. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей / Е. В. Сильченко, С. Д. Николаев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 6 (360). – С. 59-63.

2. Николаев, С. Д. Токсикологические испытания ткани для пошива специальной и профессиональной одежды / С. Д. Николаев, Е. В. Сильченко // Дизайн и технологии. – 2015. – № 47 (89). – С. 55-58.

3. Николаев, С.Д. Защита человека от электромагнитного излучения при помощи тканей / С.Д. Николаев, Е.В. Сильченко // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. –18 т.– № 15. – С. 161-166.

4. Сильченко, Е. В. Металлизированные ткани для защитных костюмов / Е. В. Сильченко, С. Д. Николаев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2016. – № 1 (361). – С. 79-84.

**Прочие статьи, тезисы докладов и материалы конференций:**

5. Николаева, Н.А. Анализ арамидных нитей и пряжи / Н.А. Николаева, И.В. Палагина, И.В. Емельянова, Т.Ю. Власова, Е.В. Сильченко // В сборнике: Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы докладов международной научно-технической конференции. – Витебск : Витебский ГТУ. – 2013. – С. 67-69.

6. Сильченко, Е.В. Маркетинговые исследования рынка тканей, предназначенных для защиты от электромагнитного излучения / Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев // Сборник научных трудов аспирантов. – 2014. – С. 3-10.

7. Николаев, С.Д. Новая ткань для защиты человека от воздействия электромагнитных полей / С.Д. Николаев, Е.В. Сильченко // Вестник Димитровградского ИТИ. – 2014. – №3. – С. 122-127.

8. Кащеев, О.В. Проектирование хлопчатобумажных тканей по заданному порядку фазы строения / О.В. Кащеев, Е.В. Сильченко, Р.В. Мастратов // В сборнике: Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы докладов международной научно-технической конференции. – Витебск : Витебский ГТУ. – 2014. – С. 41-43.

9. Сильченко, Е.В. Определение коэффициентов экранирования ткани для защиты человека от воздействия электромагнитных полей / Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев // В сборнике: Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности. Материалы докладов международной научно-технической конференции. – Витебск : ВГТУ. – 2014. – С. 92-94.

10. Николаев, С.Д. Исследование экранирующих свойств тканей / С.Д. Николаев, Е.В. Сильченко // В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ – 2014): сборник материалов Международной научно-технической конференции. – 2014. – С. 33-36.

11. Сильченко, Е.В. Санитарно-химические показатели ткани для пошива специальной одежды / Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев // В сборнике: Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности Материалы докладов Международной научно-технической конференции. – Витебск : Витебский ГТУ. – 2015. – С. 203-204.

12. Сильченко, Е.В. Санитарно-химические показатели металлизированной ткани «SCREENTEX 240» / Е.В. Сильченко // Сборник материалов международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ – 2015)». – Москва : МГУДТ. – 2015. – С. 196-199.

13. Сильченко, Е.В. Основные области применения металлизированных тканей / Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев // В сборнике: «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ – 2015): сборник материалов международной научно-технической конференции. – Москва : МГУДТ. – 2015. – С. 37-41.

14. Сильченко, Е.В. Разработка и исследование свойств ткани для защиты человека от воздействия электромагнитных полей / Е.В. Сильченко, С.Д. Николаев // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Инновационные технологии в науке и образовании. – 2016. – С. 166-168.

15. Сильченко, Е. В. Разработка новых видов арамидной пряжи с вложением металлизированного волокна и тканей из них / Е. В. Сильченко, С. Д. Николаев // Легкая и текстильная промышленность. – 2016. – №№ 3-4, – С. 7-9.

16. Сильченко, Е.В. Разработка тканей для специальной профессиональной одежды с защитой от электромагнитного излучения / Е.В. Сильченко // Материалы международного научно-технического форума «Первые Косыгинские чтения. Сборник научных трудов. – Москва : РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2017. – 1 т. – С. 335-337.



**СИЛЬЧЕНКО ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА**

**РАЗРАБОТКА ТКАНЕЙ**

**ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ  
С ЗАЩИТОЙ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Специальность: 05.19.02 - Технология и первичная обработка  
текстильных материалов и сырья

**Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ № \_\_\_\_**  
**Редакционно-издательский отдел РГУ им. А.Н. Косыгина**  
**117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1**  
**отпечатано в РИО РГУ им. А.Н. Косыгина**