

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 687.023.001.5:687.174

ДОВЫДЕНКОВА ВЕРА ПЕТРОВНА

**ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ И ГЕРМЕТИЗАЦИИ НИТОЧНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ
ИЗ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.19.04 – Технология швейных изделий
(технические науки)

Витебск, 2018

Работа выполнена в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель: **Ольшанский Валерий Иосифович**, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты: **Метелева Ольга Викторовна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии швейных изделий Текстильного института Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный политехнический университет»

Николаев Сергей Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры проектирования и художественного оформления текстильных изделий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», заслуженный деятель науки Российской Федерации

Оппонирующая организация: Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «Центр научных исследований легкой промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

Защита состоится 7 июня 2018 г. в 10⁰⁰ часов на заседании совета по защите диссертаций К 02.11.01 в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» по адресу:

210038, г. Витебск, Московский проспект, 72.

E-mail: vstu@vitebsk.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Автореферат разослан « 4 » мая 2018 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

Г.В. Казарновская

ВВЕДЕНИЕ

В комплексе научных и прикладных исследований, направленных на создание высококачественной одежды специального назначения, особое внимание уделяется вопросам проектирования и изготовления отдельных видов специальной теплоотражательной и теплозащитной одежды (далее СТО и ТЗО), долговечность и безотказность работы которой в сложных и опасных условиях труда способствует сохранению здоровья и жизни человека.

Ассортимент технического текстиля, применяемого в настоящее время при производстве СТО и ТЗО, включает огнетермостойкие металлизированные материалы, обладающие уникальными защитными и высокими физико-механическими показателями, которые должны быть сохранены в готовом изделии при использовании современных технологий производства одежды.

В практике изготовления СТО и ТЗО соединение деталей выполняется классическим ниточным способом. Однако применение ниточного скрепления для материалов с металлизированным покрытием, полученных методом дублирования, имеет ряд особенностей, ухудшающих эксплуатационные показатели готовых изделий. При перфорации таких материалов иглой швейной машины в процессе пошива происходит образование пор различной формы, что приводит к нарушению соответствия теплофизических и физико-механических показателей формируемых узлов и соединений по отношению к исходному уровню показателей дорогостоящих огнетермостойких металлизированных материалов.

Актуальность разработок, направленных на повышение безопасной эксплуатации готовых образцов СТО и ТЗО, обусловлена недостаточностью теоретических и экспериментальных исследований, описывающих процесс теплопередачи через узлы и ниточные соединения швейных изделий. До настоящего времени не существует научно обоснованной технологии изготовления специальной защитной одежды из огнетермостойких металлизированных материалов, учитывающей весь комплекс технологических и эксплуатационных факторов, которые определяют уровень качества и долговечность готового изделия.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами) и темами

Тема диссертации соответствует плану важнейших научно-исследовательских работ на 2011-2015 гг., утвержденному Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 03.06.2013 № 439.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с Государственной программой научных исследований «Информатика и космос, научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций», подпрограмма 2 «Научное обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций» («Снижение рисков чрезвычайных ситуаций – 2015») в рамках заданий:

– 2.2.23 «Обоснование оптимальных технических решений и разработка технологии производства огнетермостойкого материала верха для специальной защитной одежды пожарных от повышенных тепловых воздействий тяжелого типа» (НИОК(Т)Р «Разработка рациональных технологических решений для соединения деталей специальной одежды тяжелого типа» № ГР 20130518, дата регистрации 26.04.2013, сроки выполнения 03.01.13 – 31.12.13);

– 2.2.31 «Разработка процесса герметизации мест ниточных соединений деталей специальной защитной одежды пожарных от повышенных тепловых воздействий» (НИОК(Т)Р «Технологическое обеспечение процесса изготовления специальной защитной одежды пожарных от повышенных тепловых воздействий» № ГР 20130579, дата регистрации 06.05.2013, сроки выполнения 02.01.13 – 30.12.14).

Цель и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка технологии упрочнения и герметизации мест ниточного скрепления деталей специальной защитной одежды из огнетермостойких материалов для повышения механических и эксплуатационных показателей качества ее узлов и соединений.

В соответствии с указанной целью поставлены и поэтапно решены следующие задачи:

– установлено влияние структуры огнетермостойких металлизированных материалов на деформацию соединительных швов СТО и ТЗО, систематизированы требования, предъявляемые стандартами к качеству ее узлов и соединений, определены способы скрепления деталей специальной одежды и технические решения для одновременного упрочнения и герметизации ниточных соединений деталей СТО и ТЗО;

– получены математические зависимости переноса теплоты через участки ниточных соединений, позволяющие прогнозировать изменение плотности теплового потока и коэффициента ослабления инфракрасного излучения на внутренней поверхности околошовной зоны с учетом площади повреждения, и обоснована необходимость максимального блокирования проколов, образованных в процессе формирования ниточной строчки;

– выполнены комплексные экспериментальные исследования прочности и выносливости различных вариантов соединений СТО и ТЗО, определен рациональный способ дополнительной обработки ниточных соединений, получена аналитическая зависимость распределения плотности теплового потока по внутренней поверхности околошовных участков в радиальном направлении, позволяющая установить диапазон температур для выбора материала полимерной основы герметизирующей композиции (далее ГК);

– осуществлен выбор сырьевого состава, оптимизировано содержание компонентов ГК и параметры технологического процесса ее нанесения на припуски швов с учетом условий эксплуатации одежды пожарных специальной защитной от повышенных тепловых воздействий (далее ОСЗ ПТВ) и требований эффек-

тивной интеграции новой технологии в типовой технологический процесс изготовления швейных изделий специального назначения;

- разработан экспериментальный образец установки, позволяющей реализовать технологию упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестойких материалов в условиях поточного производства швейного предприятия;

- выполнены экспериментальные исследования изменения эксплуатационных и теплофизических показателей упрочненных соединений ОСЗ ПТВ тяжелого типа после многоциклового растяжения, позволяющие определить эффективность разработанной технологии и оборудования при изготовлении СТО и ТЗО в условиях массового производства, разработан проект технических условий для изготовления ОСЗ ПТВ тяжелого типа с упрочненными и герметичными соединениями.

Научная новизна заключается в следующем:

- разработан комбинированный способ соединения деталей швейных изделий специального назначения, включающий одновременное упрочнение околошовной зоны и блокирование пор отверстий ниточной строчки, базирующийся на результатах теоретических исследований переноса теплоты через перфорированные иглой швейной машины участки огнестойкого металлизированного материала, позволяющий улучшить потребительские показатели СТО и ТЗО;

- впервые определено влияние перфорации на распределение теплового потока по внутренней поверхности околошовных участков в радиальном направлении, что позволило научно обосновать диапазон температур теплостойкости разработанной ГК и исключить возможность ее перехода в вязкотекучее состояние на упрочненных участках ниточных соединений при непрерывной эксплуатации СТО и ТЗО в условиях воздействия высокоинтенсивных тепловых потоков;

- выполнена оценка влияния многоциклового растяжения ниточного соединения на изменение плотности теплового потока и коэффициента ослабления инфракрасного излучения на внутренней поверхности околошовной зоны, позволяющая определить качество изготовления и продолжительность безопасной эксплуатации СТО и ТЗО;

- определена новая рецептура ГК и параметры технологического процесса ее нанесения на припуски швов, позволяющие реализовать одно- или двухстороннее локальное упрочнение околошовной зоны и одновременную герметизацию ниточной строчки, для получения прочных, надежных в эксплуатации соединений деталей СТО и ТЗО.

Положения, выносимые на защиту:

- комбинированный способ соединения деталей швейных изделий специального назначения, позволяющий одновременно упрочнять околошовные участки и блокировать поры отверстий ниточной строчки, базирующийся на результатах теоретических исследований изменения плотности теплового потока и

коэффициента ослабления инфракрасного излучения на внутренней поверхности околошовной зоны как функции площади образующихся пор;

– теоретическое и экспериментальное обоснование выбора материала полимерной основы при разработке ГК, базирующееся на математической зависимости изменения температуры внутренней поверхности околошовной зоны перфорированного огнетермостойкого металлизированного материала в радиальном направлении;

– состав ГК и параметры технологического процесса упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО, установленные на основе зависимости разрывной нагрузки при растяжении перпендикулярно шву и кислородного индекса от расхода ГК, массы антипирена, времени и температуры контактной сушки, обеспечивающие максимальную прочность швов и нормируемое значение кислородного индекса;

– оригинальная технология упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких материалов, обеспечивающая получение прочных, устойчивых к воздействию многоцикловых растягивающих усилий, огнетермостойких соединений деталей одежды; рациональные параметры подачи ГК в околошовную зону, обеспечивающие ее равномерное нанесение в установленном диапазоне линейных скоростей перемещения материала.

Личный вклад соискателя. Соискателем лично:

– исследована структура и строение металлизированных огнетермостойких материалов, используемых для изготовления СТО и ТЗО, дефекты, образующиеся в результате перфорации металлизированного слоя иглой швейной машины в процессе стачивания, изучен ассортимент ОСЗ ПТВ, проанализированы требования к качеству узлов и соединений данного вида одежды;

– исследовано влияние фрикционных свойств нитей тканой основы на деформацию соединительных швов СТО и ТЗО, установлена необходимость разработки технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений при изготовлении специальной защитной одежды из огнетермостойких металлизированных материалов;

– выполнен анализ способов скрепления деталей одежды, технических решений, используемых для герметизации ниточных соединений и стабилизации линейных и геометрических параметров срезов деталей одежды, предложено использование комбинированного ниточно-клеевого и ниточно-сварного соединения деталей СТО и ТЗО;

– получены математические зависимости процесса переноса теплоты через перфорированные участки ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких металлизированных материалов;

– исследовано изменение разрывной нагрузки швов и раздвигаемости нитей огнетермостойкого материала в швах при использовании швейных игл с раз-

личной формой заточки острия, а также предложенных комбинированных способов соединения деталей СТО и ТЗО, обосновано применение ниточно-клеевого способа скрепления деталей одежды, позволяющего исключить возможность выскальзывания и смещения нитей тканой основы, герметизировать поры, образующиеся в процессе пошива;

– разработаны требования к компонентам ГК и исследованы свойства синтетических клеевых составов, экспериментально обоснован выбор компонентов и рецептуры ГК, оптимизировано процентное содержание компонентов ГК и технологические параметры ее нанесения на припуски шва;

– разработана принципиальная схема экспериментального образца установки для упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО, определены рациональные параметры системы подачи ГК с учетом разработанных требований;

– проведена лабораторная апробация разработанной технологии, экспериментального образца установки для упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО, рецептуры ГК, выполнены экспериментальные исследования механических, эксплуатационных и теплофизических показателей полученных упрочненных соединений.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты работы представлены и получили положительную оценку на: межвузовских научно-технических конференциях аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (текстильно-промышленного кластера)» «Поиск» (Иваново, 2012, 2014); 43 – 46, 49 республиканских научно-технических конференциях преподавателей и студентов УО «ВГТУ» (Витебск, 2010 – 2013, 2016); международной научно-инновационной конференции аспирантов, студентов и молодых исследователей с элементами научной школы «Теоретические знания – в практические дела» (Омск, 2012); международной научно-практической конференции «Качество товаров: теория и практика» (Витебск, 2012); международной научной конференции «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» (Витебск, 2012); международной научно-практической конференции курсантов, студентов и слушателей «Чрезвычайные ситуации: теория и практика» (Гомель, 2013); международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации» (Гомель, 2014); международной заочной научно-практической конференции «Технологии и управление: проблемы, идеи, инновации» (Тверь, 2013); международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» «ПРОГРЕСС – 2013» (Иваново, 2013); международной очной научно-практической конференции «Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций» (Минск, 2017).

На международной выставке-конгрессе «Высокие технологии. Инновации. Инвестиции» (HI-TECH'2014) в рамках конкурса «Лучший инновационный проект и лучшая научно-техническая разработка года» разработка «Специальная защитная одежда пожарных с герметичными и упрочненными соединениями» удостоена Диплома I степени с вручением золотой медали (Санкт-Петербург, 2014).

Технология упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестойких металлизированных материалов (химического обметывания припусков швов) внедрена в производственный процесс РПУП «Униформ» (г. Микашевичи), в учебный процесс кафедр «Конструирование и технология одежды» и «Технология и оборудование машиностроительного производства» УО «ВГТУ». Экспериментальный образец установки и разработанная рецептура ГК прошли апробацию в условиях поточного производства РПУП «Униформ» (г. Микашевичи) и внедрены в учебный процесс кафедры «Конструирование и технология одежды» УО «ВГТУ».

Опубликованность результатов диссертации. По материалам диссертации опубликовано 29 печатных работ общим объемом 5,1 авторских листа, в том числе: 6 статей, объемом 3,6 авторских листа, в научных изданиях, включенных в перечень изданий, утвержденных ВАК РФ, 2 научные статьи, 15 материалов конференций, 6 тезисов докладов.

Структура и объем диссертации. Работа содержит введение, перечень условных обозначений, общую характеристику, пять глав, заключение, библиографический список и приложения. Общий объем работы составляет 343 страницы, в том числе 150 страниц текста. Объем, занимаемый 47 рисунками, 32 таблицами, 16 приложениями, составляет 193 страницы. Библиографический список содержит 142 наименования, включая собственные публикации соискателя, список которых изложен на 5 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и общей характеристике работы обоснована актуальность решаемой проблемы, определены цели и задачи исследования, изложены основные результаты диссертации, их научная новизна и практическая значимость.

В первой главе выполнен анализ проблем изготовления специальной защитной одежды из огнестойких материалов с металлизированным покрытием и повышения эксплуатационных показателей ее узлов и соединений.

Установлено, что применение классического ниточного способа соединения для материалов, полученных при дублировании тканой основы из стекло-, кремнеземных волокон плоской гибкой металлизированной полимерной пленкой, приводит к прорубанию верхнего слоя, являющегося защитным и одновременно связующим в структуре огнестойкого материала [1, 9, 24]. В зоне перфорирования образуются поры, способствующие переносу теплоты и

влаги в пододежное пространство, а также участки ниточных соединений, имеющие низкую механическую прочность [10, 25, 27]. Несмотря на указанные недостатки эти материалы находят широкое применение при производстве СТО и ТЗО благодаря высокому термическому сопротивлению и огнестойкости. Особенно актуальным является их использование при изготовлении наружного защитного слоя ОСЗ ПТВ, эксплуатирующейся в условиях воздействия высокоинтенсивных тепловых потоков.

Отмечено, что в стандартах Российской Федерации особое внимание уделяется прочности швов боевой одежды пожарных, регламентируются пределы устойчивости ниточных соединений к воздействию многоциклового растягивающего нагрузок в изделиях технического и специального назначения. Однако в технических нормативно-правовых актах Российской Федерации, Республики Беларусь, стран Таможенного и Евросоюза отсутствуют системные комплексные показатели качества готовых образцов ОСЗ ПТВ в зависимости от структурных характеристик материалов. Не учтены показатели, характеризующие влияние площади повреждения и перфорации, включая, проколы, участки, имеющие раздвигаемость нитей огнестермостойкого материала в швах, на изменение эксплуатационных показателей готовых изделий [19].

Установлено, что до настоящего времени отсутствуют технические решения, направленные на одновременное упрочнение околошовной зоны и защиту перфорированных участков ниточной строчки от проникновения высокоинтенсивного теплового излучения [16].

Показано, что разработка технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестермостойких материалов, базирующейся на комплексных системных исследованиях теплофизических параметров и эксплуатационных показателей узлов и соединений ОСЗ ПТВ, является актуальной научно-практической задачей [14, 15].

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям процесса переноса теплоты через перфорированные иглой швейной машины участки наружного слоя ОСЗ ПТВ, изготавливаемого из огнестермостойкого металлизированного материала Alpfa-Maritex (артикул 3025/9682), результаты которых явились научной базой для принятия аргументированных решений при разработке оригинальной технологии и нового оборудования для упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО [17, 20].

Для решения поставленной задачи приведена структурная схема перфорированного участка наиболее распространенного вида соединения деталей ОСЗ ПТВ тяжелого типа – соединительного стачного шва (рисунок 1). Перенос теплоты через перфорированный участок шва в соответствии с рисунком 1 включает следующие процессы:

– перенос теплоты через неповрежденный участок одного слоя огнестермостойкого металлизированного материала;

- перенос теплоты через участок припуска шва, состоящего из двух слоев огнетермостойкого металлизированного материала;
- перенос теплоты через участок поры, образованной в результате прокола материала иглой швейной машины;
- перенос теплоты через швейную нитку.

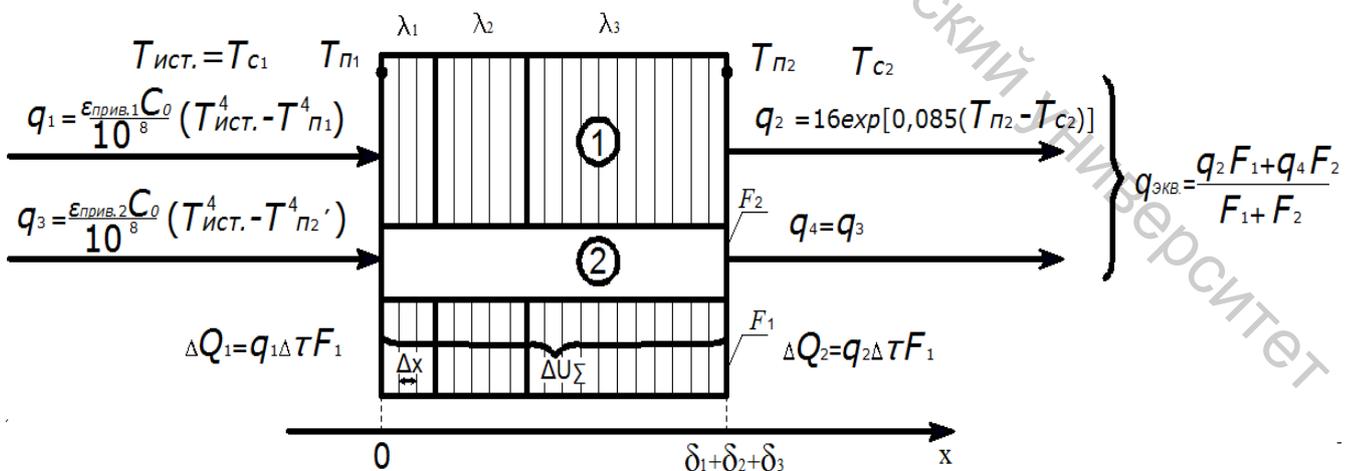


Рисунок 1. – Внешний вид и структурная схема перфорированного участка соединительного стачного шва

Теплоперенос через швейную нитку и припуск шва не рассматривается, так как данные элементы имеют теплофизические характеристики, аналогичные неповрежденным участкам огнетермостойкого металлизированного материала, и несоизмеримо малые размеры по сравнению с его площадью.

Процесс теплопереноса на перфорированных участках точечных соединений ОСЗ ПТВ тяжелого типа при нагревании представлен в виде решения двух автономных задач (рисунок 2):

- разработки математической зависимости теплопереноса через неповрежденный участок огнетермостойкого металлизированного материала;
- разработки математической зависимости теплопереноса через участок поры, образованной в результате прорубания материала иглой швейной машины.



- 1 – неповрежденный участок огнетермостойкого металлизированного материала;
- 2 – пора в структуре огнетермостойкого металлизированного материала

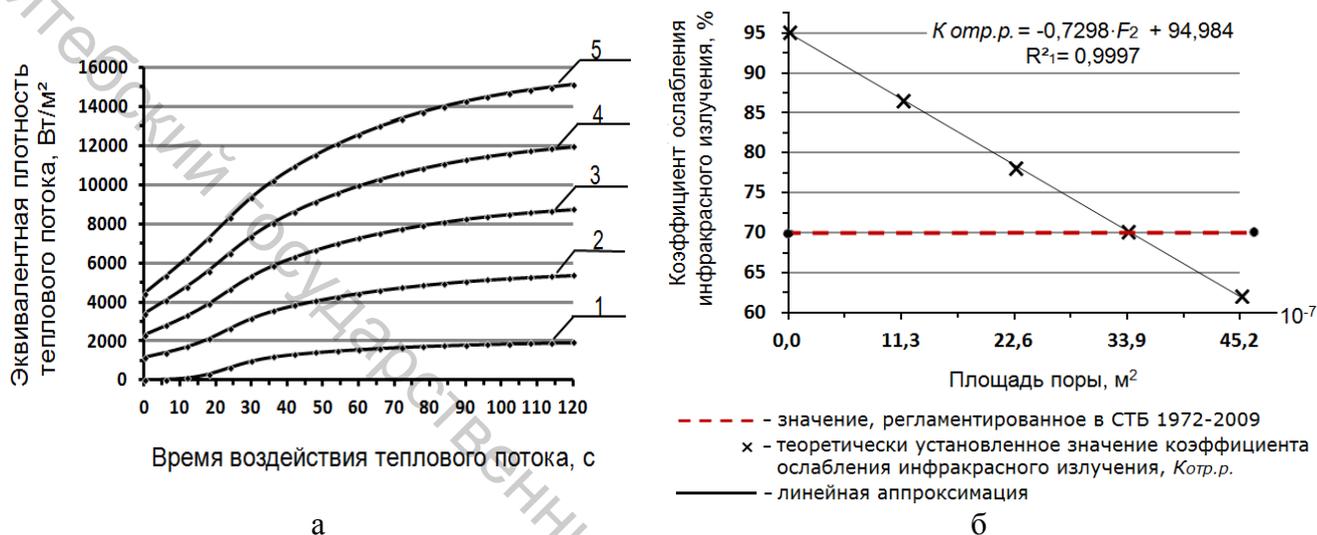
Рисунок 2. – Схема теплопереноса через перфорированный участок огнетермостойкого металлизированного материала

Для разработанной модели приняты следующие обозначения: ΔQ_1 – количество теплоты, подведенное к наружной поверхности огнетермостойкого металлизированного материала при нагревании, Дж; ΔQ_2 – количество теплоты, отведенное от внутренней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала при нагревании, Дж; $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – толщина металлизированного слоя, слоя полимерной пленки, слоя тканой основы огнетермостойкого металлизированного материала, м; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – коэффициенты теплопроводности металлизированного слоя, слоя полимерной пленки, слоя тканой основы огнетермостойкого металлизированного материала, Вт/(м·К); ΔU_Σ – суммарное изменение внутренней энергии огнетермостойкого металлизированного материала, Дж; Δx – элементарный шаг между узлами решетки, м; τ – время, с; F_1 – площадь неповрежденного огнетермостойкого металлизированного материала, м²; $T_{ист.}$ – температура источника излучения, К; T_{c1} – температура среды со стороны внешней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала, К; T_{n1} – температура на внешней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала, К; $\varepsilon_{прив.1}$ – приведенная поглощающая способность системы «источник – металлизированный слой»; q_1 – плотности теплового потока, подводимого к внешней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала, Вт/м²; C_0 – коэффициент излучения абсолютно черного тела, Вт/(м²·К⁴); $\varepsilon_{прив.2}$ – приведенная поглощающая способность системы «источник – датчик типа «Гордон»»; T_{n2}' – температура датчика типа «Гордон», К; T_{n2} – температура на внутренней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала, К; T_{c2} – температура среды со стороны внутренней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала, К; q_2 – плотность теплового потока, отведенного от внутренней поверхности огнетермостойкого металлизированного материала, Вт/м²; q_3 – плотность теплового потока, подводимого к поре, Вт/м²; q_4 – плотность теплового потока, прошедшего через пору, Вт/м²; F_2 – площадь поры, м²; $q_{экв.}$ – эквивалентная плотность теплового потока на внутренней поверхности перфорированных участков огнетермостойкого металлизированного материала, Вт/м².

Система уравнений для расчета $q_{экв.}$ на внутренней поверхности перфорированных участков огнетермостойкого металлизированного материала, расположенного в непосредственной близости к источнику высокоинтенсивного теплового излучения, получена методом численного интегрирования переменных с использованием метода конечных разностей и тепловых балансов.

Установлено, что в диапазоне времени $42 < \tau \leq 120$ с относительная погрешность результатов теоретических и экспериментальных исследований температуры и плотности теплового потока на внутренней поверхности неповрежденных околошовных участков огнетермостойкого металлизированного материала не превышает 7 %, что говорит о хорошей сходимости результатов и адекватности описания экспериментальных данных полученными математическими зависимостями [2, 4, 5].

Графические зависимости, полученные в результате теоретических исследований, представлены на рисунке 3. Приращение по площади поры ΔF_2 определено исходя из площади сечения стержня швейной иглы, применяемой при изготовлении ОСЗ ПТВ. Для скрепления деталей из огнетермостойкого металлизированного материала при пошиве СТО и ТЗО на РПУП «Униформ» г. Микашевичи используются иглы № 120, следовательно, расчетное значение ΔF_2 составило $11,3 \times 10^{-7} \text{ м}^2$.



1 – при $F_2 = 0 \text{ м}^2$; 2 – при $F_2 = 11,3 \times 10^{-7} \text{ м}^2$; 3 – при $F_2 = 22,6 \times 10^{-7} \text{ м}^2$; 4 – при $F_2 = 33,9 \times 10^{-7} \text{ м}^2$; 5 – при $F_2 = 45,2 \times 10^{-7} \text{ м}^2$

Рисунок 3. – Влияние площади поры на изменение эквивалентной плотности теплового потока на внутренней поверхности перфорированного участка огнетермостойкого металлизированного материала (а) и коэффициента ослабления инфракрасного излучения (б)

Установлено, что при воздействии высокоинтенсивного теплового потока плотностью $40\,000 \text{ Вт/м}^2$ и увеличении площади поры до $45,2 \times 10^{-7} \text{ м}^2$, что составляет 5,76 % от площади неповрежденного участка огнетермостойкого металлизированного материала, плотность теплового потока на внутренней поверхности околшовной зоны составит $15\,117 \text{ Вт/м}^2$. При этом теоретически установленная величина коэффициента ослабления инфракрасного излучения в области шва составляет 62 %, что в соответствии с нормативными требованиями является недопустимым, так как будет наблюдаться существенное снижение защитных свойств по отношению к исходным показателям неповрежденного огнетермостойкого металлизированного материала. В результате теоретических исследований доказана необходимость максимального блокирования отверстий от проколов, образующихся в процессе соединения деталей СТО и ТЗО, предотвращающего увеличение их площади в процессе изготовления и при дальнейшей эксплуатации изделий [11, 13, 18].

В третьей главе выполнены комплексные исследования теплофизических показателей ниточных соединений СТО и ТЗО после многоцикловых воздействий растягивающих нагрузок, приложенных перпендикулярно шву. Установлено, что в образцах, где направление строчки соответствует направлению нитей основы, после приложения 40 циклов небольших по величине растягивающих нагрузок (величина усилия растяжения 1,16 Н) значение коэффициента ослабления инфракрасного излучения в области шва составит менее 70 %. По результатам дополнительно проведенных экспериментальных исследований установлено, что в диапазоне времени $0 < \tau \leq 42$ с наблюдается не только явление теплопереноса, но и нестационарный процесс распределения теплового потока по внутренней поверхности околошовной зоны. Таким образом, теоретически и экспериментально доказана необходимость разработки оригинальной технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО, без которой не возможна эксплуатация и качественное изготовление наружного защитного слоя изделия.

На базе проведенных предварительных экспериментальных исследований осуществлен выбор рационального способа дополнительной обработки ниточного соединения, позволившего повысить прочность скрепления, исключить возможность выскальзывания нитей тканой основы, герметизировать поры, образующиеся при прокалывании иглой швейной машины связующей полимерной пленки [22, 28]. Рассмотрено влияние конструкции швейных игл с различной формой заточки острия и следующие варианты дополнительной обработки ниточных соединений наружного слоя ОСЗ ПТВ, изготавливаемого из огнетермостойких металлизированных материалов:

- двухстороннее нанесение клеевой жидкофазной композиции в зону ниточной строчки и припусков шва и последующая конвективная сушка;
- сваривание припусков шва термоконтактным способом при ширине зоны сварки 5 ± 1 мм.

Анализ результатов показал, что при стачивании образцов швейными иглами с трехгранной формой заточки острия и дополнительной обработке припусков шва клеевой жидкофазной композицией наблюдается заметное упрочнение швов. В случае, если направление строчки соответствует направлению нитей основы, величина разрывной нагрузки, приложенной перпендикулярно шву, увеличивается в 7,6 раза, величина нагрузки, вызывающей раздвигаемость нитей огнетермостойкого материала в шве – в 5,8 раз. Применение термоконтактной сварки для упрочнения ниточных соединений оказывается не эффективным, так как вызывает увеличение разрывной нагрузки, приложенной перпендикулярно шву, в 1,4 раза при направлении строчки вдоль нитей основы. Незначительно увеличивается величина нагрузки, вызывающая раздвигаемость нитей огнетермостойкого материала в шве. Установлено, что дополнительная обработка припусков шва клеевой жидкофазной композицией не исключает возможного образования зазоров между боковой поверхностью отверстия от прокола иглы и переплетением швейных ниток при интенсивной эксплуатации

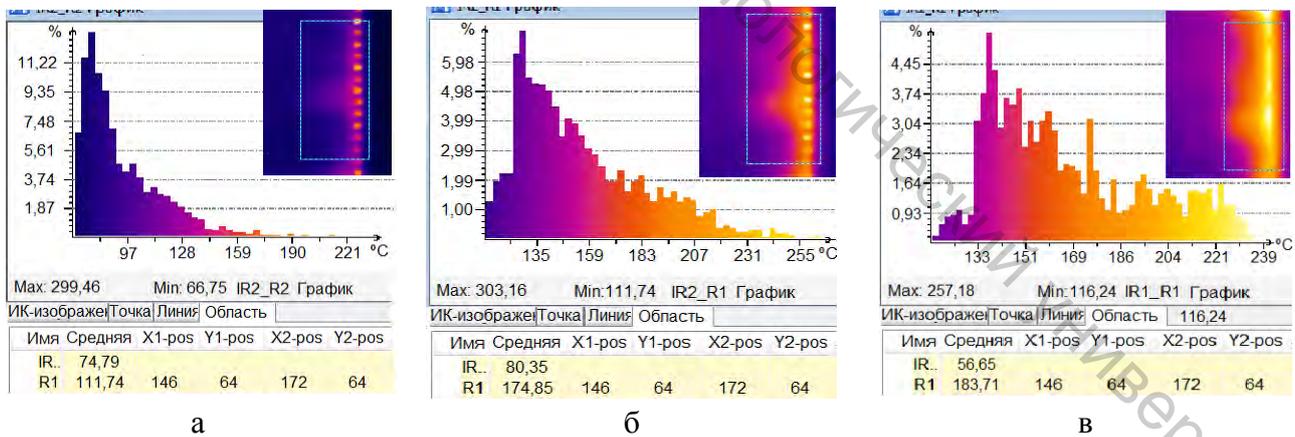
ОСЗ ПТВ в течение нормативного срока службы. Образующиеся деформационные участки способствуют прохождению тепловых потоков и, как показано ранее, их распространению по внутренней поверхности материала с течением времени [12].

Совместно с проф. В.И. Ольшанским получена расчетная зависимость для определения температуры в произвольной точке поверхности огнетермостойкого металлизированного материала на расстоянии r от центра поры в виде выражения [3]:

$$T_r = -(T_0 - T_{c1} - \frac{q_{1,3}}{\alpha}) \sqrt{\frac{r}{R'}} + T_0 - \frac{q_{1,3}}{\alpha}, \quad (1)$$

где T_r – температура в произвольной точке поверхности огнетермостойкого металлизированного материала на расстоянии r от центра поры, К; T_0 – температура в центре поры, К; $q_{1,3}$ – результирующая плотность теплового потока, учитывающая совместное воздействие тепловых потоков q_1 и q_3 , Вт/м²; α – коэффициент теплоотдачи огнетермостойкого металлизированного материала, Вт/(м²·К); R' – расстояние от центра поры, при котором $T_r = T_{n2}$, м; r – текущее значение радиуса, м.

На основании анализа полученного выражения, результатов экспериментальных исследований, проведенных совместно с Н. М. Дмитраковичем, Е. В. Мацкевичем, А. П. Прохоровым, установлен диапазон температур для выбора материала полимерной основы при разработке рецептуры ГК (рисунок 4).



а – при $\tau = 0$ с; б – при $\tau = 42$ с; в – при $\tau = 120$ с

Рисунок 4. – Термографические снимки внутренней поверхности околошовной зоны наружного слоя ОСЗ ПТВ тяжелого типа при различном времени воздействия теплового потока и диаграмма процентного распределения температур

В интервале времени $42 < \tau \leq 120$ с в области распределения теплового потока при увеличении площади поры до $4,33 \pm 0,01$ % от площади неповрежденного огнетермостойкого металлизированного материала преобладающими (в среднем 72,16 %) являются температуры в диапазоне от $113 \pm 2^\circ$ С

до $178\pm 2^\circ\text{C}$. Выбор полимерной основы в указанном диапазоне температур позволяет исключить переход разработанной ГК в вязкотекучее состояние при интенсивной эксплуатации СТО и ТЗО в условиях воздействия высокоинтенсивных тепловых потоков.

На основании анализа литературных источников, проведенных теоретических и экспериментальных исследований установлено, что для получения качественных, надежных в эксплуатации соединений СТО и ТЗО необходимо обеспечить одновременную обработку зоны ниточной строчки и припусков шва специальной ГК, обладающей в отвержденном состоянии теплостойкостью в диапазоне температур от $113\pm 2^\circ\text{C}$ до $178\pm 2^\circ\text{C}$, позволяющей заблокировать поры, которые образуются в процессе скрепления деталей, и увеличить сцепление между нитями тканой основы [26].

Четвертая глава посвящена выбору компонентов и обоснованию рецептуры ГК, оптимизации пропорционального соотношения компонентов ГК и параметров технологического процесса ее нанесения на припуски швов.

Выбор компонентов ГК осуществлен на основании анализа свойств синтетических клеевых составов, ассортимента ведущих компаний по производству химической продукции STAHL и Clariant International Ltd, требований, разработанных по результатам изложенных в главах 1–3 теоретических и экспериментальных исследований, условий эксплуатации ОСЗ ПТВ тяжелого типа и особенностей организации поточного производства швейных предприятий. Исследованы рецептуры трех вариантов ГК на базе акриловой дисперсии PERMITEX® RA 9260, полиуретановых дисперсий PERMITEX® RU-43-019, PERMITEX® RU-4049, Appretan® N52291 fl M 1000.

Основным критерием для выбора ГК из рассмотренных вариантов является время ее полимеризации, обеспечивающее эффективную интеграцию разрабатываемой технологии в типовой производственный процесс изготовления швейного изделия в условиях массового производства. Рациональный вариант рецептуры ГК определен по показателю «Время конвективной сушки, необходимое для формирования твердой не липкой пленки». По результатам экспериментальных исследований в качестве ГК выбран состав, включающий:

- полимерную основу – водную дисперсию полиуретана Appretan® N52291 fl M 1000;
- антипирен – смесь галогенов в фосфатном пластификаторе;
- загуститель – Printofix Verdicker CN fl M 1000.

Методом математического планирования многофакторного эксперимента проведены комплексные исследования, в результате которых в кодированном виде получены уравнения регрессии, устанавливающие влияние процентного соотношения компонентов выбранной ГК и параметров технологического процесса ее нанесения на припуски швов на разрывную нагрузку при растяжении перпендикулярно шву и кислородный индекс упрочненных ниточных соединений СТО и ТЗО. После перехода от кодированных значений к натуральным в

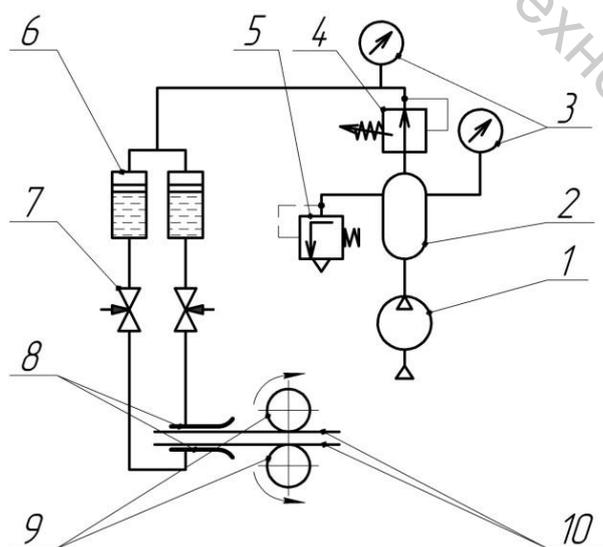
среде математического моделирования оптимизировано пропорциональное соотношение компонентов ГК и параметры технологического процесса ее нанесения на припуски швов [4, 6]:

- пропорциональное соотношение компонентов ГК: Appretan[®] N52291 fl M 1000 / смесь галогенов в фосфатном пластификаторе / Printofix Verdicker CN fl M 1000 – 100/52,8/1,9;
- расход ГК, составляющий $0,46 \pm 0,01$ г/м² при $S_{герм} = 0,77 \times 10^{-3}$ м²;
- время контактной сушки, составляющее $10 \pm 0,01$ с на 20 – 25 см шва;
- температура контактной сушки, составляющая $170 \pm 5^\circ$ С.

При указанных параметрах значение разрывной нагрузки, приложенной перпендикулярно шву, для упрочненных ниточных соединений составит $425,0 \pm 21,0$ Н, значение кислородного индекса – не менее 29,0 об. %.

Пятая глава посвящена разработке экспериментального образца установки для реализации технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких материалов, его лабораторной и промышленной апробации, исследованию теплофизических и механических показателей полученных упрочненных ниточных соединений наружного слоя ОСЗ ПТВ тяжелого типа.

Разработана принципиальная схема экспериментального образца установки для упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО (рисунок 5).



- 1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – манометр; 4 – редукционный клапан давления; 5 – клапан ограничения давления; 6 – емкость с ГК; 7 – запорный клапан; 8 – лапки для нанесения ГК на припуски швов; 9 – ролики – актуаторы; 10 – детали изделия

Рисунок 5. – Принципиальная схема установки для реализации технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких материалов

Принцип работы экспериментального образца установки основан на вытеснении ГК избыточным давлением воздуха из герметично закрытой емкости 6 в виде баллона. Припуски швов деталей ОСЗ ПТВ, предварительно стачанные иглами с трехгранной формой заточки острия, подаются в рабочую зону под ролики – актуаторы 9 и лапки для нанесения ГК на припуски швов 7.

При включении компрессора 1 сжатый воздух из ресивера 2 по трубопроводу поступает в герметично закрытую емкость 6. При нажатии на педаль электропривода одновременно с двигателем получают вращение ролики – актуаторы 9, перемещающие предварительно скрепленные детали изделия 10. При открывании запорного клапана 7 избыточное давление воздуха вытесняет ГК из емкости 6, осуществляя ее подачу в сопло лапки для нанесения ГК на припуски швов 8. В процессе продвижения деталей изделия ГК наносится на припуски швов с одновременным перекрытием зоны ниточной строчки на 2 ± 1 мм. Для перевода наносимого слоя ГК в твердое состояние и исключения липкости экспериментальный образец установки снабжен устройствами для конвективного подвода тепла.

Исходя из установленных диапазонов линейных скоростей перемещения материала с учетом кривизны обрабатываемых срезов и удобства выполнения перехватов, проведен расчет механизма электропривода и перемещения материала экспериментального образца установки для упрочнения и герметизации ниточных СТО и ТЗО. Расчет рациональных параметров системы подачи ГК экспериментального образца установки выполнен после исследования реологических свойств разработанной ГК [7].

Установлено, что для сохранения постоянного расхода ГК при изменении линейной скорости перемещения материала в диапазоне от 0,06 м/с до 0,22 м/с, в системе подачи экспериментального образца установки необходимо обеспечить разность давления в диапазоне от 6,256 кПа до 84,108 кПа [8].

Совместно с Р. В. Окуневым, В. И. Ольшанским при содействии «НИЦ» Витебского областного управления МЧС РБ разработан пакет конструкторской документации, осуществлено изготовление и монтаж всех модулей экспериментального образца установки для реализации технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестойких материалов. Выполнена лабораторная апробация разработанной оригинальной технологии и экспериментального образца установки [4, 21, 29]. Получено положительное решение по заявке № а 20130636 о выдаче патента на изобретение «Устройство для герметизации шва, соединяющего детали одежды», на основании которого в Государственном реестре изобретений произведена регистрация изобретения под № 21461.

Промышленная апробация разработанной технологии и установки для ее реализации осуществлена на производственных площадях РПУП «Униформ». В производственном процессе прошли опытно-промышленное освоение и апробацию: технология упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестойких материалов и экспериментальный образец установки для ее реализации; опытно-промышленная партия ОСЗ ПТВ тяжелого типа с упрочненными и герметичными соединениями.

Для определения эффективности разработанной технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких материалов совместно с Н. М. Дмитраковичем, А. Ф. Худолеевым проведены экспериментальные исследования теплофизических и механических показателей упрочненных и герметичных соединений наружного слоя ОСЗ ПТВ тяжелого типа, наработанных в процессе производственной апробации [6, 23]. Результаты экспериментальных исследований по наиболее значимым показателям, характеризующим эксплуатационную безопасность узлов и соединений ОСЗ ПТВ тяжелого типа, представлены в таблице 1.

Таблица 1. – Результаты экспериментальных исследований до и после упрочнения и герметизации ниточных соединений ОСЗ ПТВ тяжелого типа

Направление шва вдоль нитей основы							
Разрывная нагрузка при растяжении перпендикулярно шву, Н		Нагрузка, вызывающая раздвигаемость нитей огнетермостойкого материала в шве, Н		Коэффициент ослабления инфракрасного излучения в шве, %		Кислородный индекс, об. %	
до	после	до	после	до	после	до	после
49,0	427,0***	49	324	61*	93*		
Направление шва вдоль нитей утка						–	30***
525,0	742,0	215	559	72**	90**		

Примечание: * – после 45 циклов воздействия растягивающих нагрузок, приложенных перпендикулярно шву; ** – после 250 циклов воздействия растягивающих нагрузок, приложенных перпендикулярно шву; *** – теоретически установленное значение для показателя «Разрывная нагрузка при растяжении перпендикулярно шву» упрочненных и герметичных соединений составляет $425,0 \pm 21,0$ Н, теоретически установленное значение показателя «Кислородный индекс» упрочненных и герметичных соединений составляет не менее 29 об. %.

Результаты экспериментальных исследований доказывают эффективность разработанной технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких металлизированных материалов: формируются прочные, устойчивые к воздействию многоцикловых растягивающих усилий огнетермостойкие соединения. Установлено, что применение разработанной технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких металлизированных материалов позволяет: исключить в готовых образцах участки с недопустимо низкими теплофизическими и физико-механическими показателями; выполнять равномерное одно- или двухстороннее нанесение ГК в виде полос одинаковой ширины при сохранении внешнего вида всего изделия; интегрировать разработанную установку для упрочнения и герметизации ниточных соединений СТО и ТЗО в типовой технологический процесс изготовления швейного изделия без переналадки или замены имеющегося оборудования; повысить уровень механизации и уменьшить трудоемкость обработки за счет исключения ручных приемов и операций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Выполнен комплексный анализ влияния структуры огнетермостойких металлизированных материалов на деформацию соединительных швов, позволивший выбрать комбинированный ниточно-клеевой и ниточно-сварной способ соединения деталей швейных изделий специального назначения, которые обеспечивают возможность одновременного упрочнения околошовной зоны и герметизации ниточных соединений деталей СТО и ТЗО [1, 4, 9, 10, 12, 14–16, 24].

2. Получена обобщенная математическая зависимость изменения плотности теплового потока и коэффициента ослабления инфракрасного излучения как функции площади поры, позволяющая моделировать процесс переноса теплоты через перфорированные иглой швейной машины околошовные участки и научно обосновать необходимость разработки оригинальной технологии изготовления СТО и ТЗО, заключающейся в одновременном упрочнении припусков шва и максимальном блокировании отверстий от проколов, образованных в процессе формирования ниточной строчки [2, 5, 11, 13, 17–20].

3. Получены экспериментальные значения изменения прочности и выносливости различных вариантов соединений специальной защитной одежды и аналитические зависимости распределения плотности теплового потока по внутренней поверхности перфорированного огнетермостойкого металлизированного материала в радиальном направлении, позволившие выбрать рациональный вариант дополнительной обработки припусков шва с учетом технологических свойств обрабатываемых материалов и установить диапазон температур для выбора материала полимерной основы разработанной ГК [3, 12, 10, 15, 22, 25–28].

4. Обоснован выбор сырьевого состава ГК, оптимизировано процентное содержание компонентов ГК и параметры технологического процесса для реализации оригинальной технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнетермостойких материалов, обеспечивающие получение прочных, устойчивых к воздействию многоцикловых растягивающих усилий, огнетермостойких соединений деталей одежды, равномерное нанесение ГК на припуски швов в виде полос одинаковой ширины в установленном диапазоне линейных скоростей перемещения материала [4, 6, 8, 21, 23, 29].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Осуществлена опытно-промышленная апробация и освоение в производстве РПУП «Униформ» установки для упрочнения и герметизации ниточных соединений ОСЗ ПТВ тяжелого типа. По результатам апробации выявлено, что разработанное оборудование удовлетворяет условиям поточного швейного про-

изводства и эффективно интегрируется в типовой процесс изготовления швейного изделия [4, 16, 21, 23, Акт опытно-промышленной апробации].

2. На производственных площадях РПУП «Униформ» освоено изготовление опытно-промышленной партии образцов ОСЗ ПТВ тяжелого типа с упрочненными и герметичными соединениями в количестве пяти комплектов. Выявлены высокие эксплуатационные показатели полученных образцов специальной защитной одежды [6, 8, 20, 21, 23, 28, Акт выпуска опытно-промышленной партии].

3. Технология упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестойких материалов внедрена в производство на РПУП «Униформ». Осуществлен расчет стоимости ОСЗ ПТВ тяжелого типа с упрочненными и герметичными соединениями и ожидаемый годовой эффект от внедрения разработанной технологии при изготовлении нового вида импортозамещающей продукции – теплозащитных комплектов пожарных. Установлено, что при объеме выпуска ОСЗ ПТВ тяжелого типа с упрочненными и герметичными соединениями в количестве 853 единицы ожидаемый годовой эффект составит 161 455, 328 тыс. бел. руб. в ценах на 29.12.2014 [16, 21, 29, Акт об использовании (внедрении) НИР]. На полученные с использованием разработанной технологии образцы ОСЗ ПТВ тяжелого типа разработан проект технических условий ТУ ВУ 300620644.022-2015 «Специальная защитная одежда пожарных (тип Т) с термогерметичными и упрочненными соединениями».

4. Результаты работы внедрены в учебный процесс кафедры «Конструирование и технология одежды» УО «ВГТУ» в курсы «Химическая технология швейного производства», «Технология швейных изделий», учебно-исследовательскую и научно-исследовательскую работу студентов на кафедре «Технология и оборудование машиностроительного производства» [2, 5, 13, 17, 20, Акты внедрения в учебный процесс].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в научных рецензируемых журналах:

1. Довыденкова, В. П. Исследование влияния естественной инсоляции на прочностные характеристики швейных ниток из пара-арамидных волокон / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитракович // Вестн. Витеб. гос. техн. ун-та. – 2012. – Вып. № 2(23). – С. 29–34.

2. Довыденкова, В. П. Расчет теплофизических параметров материала верха специальной защитной одежды пожарных с применением средств автоматизированного вычисления / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитракович, А. П. Прохоров // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидации. – 2013. – № 1 (33). – С. 94–102.

3. Довыденкова, В. П. Закономерности распределения температуры на внутренней поверхности материала верха специальной защитной одежды по-

жарных от повышенных тепловых воздействий / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитракович, Е. В. Мацкевич // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2013. – № 11. – С. 116–122.

4. Довыденкова, В. П. Технологическое обеспечение процесса изготовления специальной защитной одежды из огнестойких материалов / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитракович // Вестн. Витеб. гос. техн. ун-та. – 2015. – Вып. № 1(28). – С. 50–60.

5. Довыденкова, В. П. Моделирование процесса переноса теплоты через участки околосшовной зоны одежды специального назначения в условиях нестационарной теплопроводности / В. П. Довыденкова // Вестн. Витеб. гос. техн. ун-та. – 2017. – Вып. № 1(32). – С. 41–52.

6. Ольшанский, В. И. Оптимизация состава полимерной композиции и параметров технологического процесса для термогерметизации специальной защитной одежды пожарных / В. И. Ольшанский, В. П. Довыденкова, А. Ф. Худолеев, Н. М. Дмитракович // Известия Национальной академии наук Беларуси. Сер. физ.-тех. наук. – 2017. – № 2. – С. 116–126.

Научные труды (статьи):

7. Довыденкова, В. П. Исследование реологических свойств герметизирующей композиции для дополнительной обработки ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестойких материалов / В. П. Довыденкова // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии : сб. научных трудов, Москва, 2018 г. : в 2 ч. / Российский. гос. ун-т. им. А.Н. Косыгина ; редкол.: В. С. Белгородский (ректор) [и др.]. – Москва, 2018. – Ч. 1. – С. 122–125.

8. Довыденкова, В. П. Разработка перспективной технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной теплозащитной одежды / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Технологии, дизайн, наука, образование в контексте инклюзии : сб. научных трудов, Москва, 2018 г. : в 2 ч. / Российский. гос. ун-т. им. А.Н. Косыгина ; редкол.: В. С. Белгородский (ректор) [и др.]. – Москва, 2018. – Ч. 2. – С. 206–210.

Материалы конференций:

9. Довыденкова, В. П. Анализ функционального соответствия огнестойких материалов, узлов и соединений теплоотражательного костюма условиям эксплуатации / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Материалы докл. 44 науч.-техн. конф. преподавателей и студентов ун-та / УО «ВГТУ» ; редкол.: В. В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 182–184.

10. Довыденкова, В. П. Предпосылки процесса герметизации изделий специального назначения для повышения их огнезащитных свойств / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Новое в технике и технологии текстильной и

легкой промышленности : материалы междунар. науч. конф., Витебск, ноябрь 2011 г. : в 2 ч. / УО «ВГТУ» ; редкол.: А. Г. Коган [и др.]. – Витебск, 2011. – Ч. 1. – С. 171–173.

11. Довыденкова, В. П. Исследование теплопроводности узлов и соединений одежды пожарных / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Поиск –2012) : сб. материалов межвузов. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов, Иваново, 23 – 25 апр. 2012 г. : в 2 ч. / ИГТА ; редкол.: Г. И. Чистобородов (пред.) [и др.]. – Иваново, 2012. – Ч. 2. – С. 108.

12. Довыденкова, В. П. К вопросу проектирования специальной защитной одежды из огнестойких материалов / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Теоретические знания – в практические дела : сб. материалов XIII Междунар. науч.-инновац. конф. аспирантов, студентов и молодых исследователей с элементами науч. школы, Омск, 16 – 21 апр. 2012 г. : в 2 ч. Часть 1. / Филиал ФГБОУ ВПО «МГУТУ им. К. Г. Разумовского» в г. Омске ; редкол.: З. В. Власова [и др.]. – Омск, 2012. – Ч. 1. – С. 44–47.

13. Довыденкова, В. П. Исследование теплопроводных свойств узлов и соединений специальной защитной одежды пожарных // В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Материалы докл. 45 Респуб. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвященной Году книги / УО «ВГТУ» ; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 557–559.

14. Довыденкова, В. П. Пути повышения качества специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова // Качество товаров: теория и практика : материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 15 – 16 нояб. 2012 г. / УО «ВГТУ» ; редкол.: А. Н. Буркин [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 90–92.

15. Довыденкова, В. П. Комплексная оценка качества специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитрикович // Чрезвычайные ситуации: теория и практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф. курсантов, студентов и слушателей, Гомель, 16 мая 2013 г. / М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомель. инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь ; редкол. : И. И. Суторьма (научн. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013. – С. 229.

16. Довыденкова, В. П. К вопросу совершенствования технологии изготовления специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский, Н. М. Дмитрикович // Чрезвычайные ситуации: теория и практика: материалы Междунар. науч.-практ. конф. курсантов, студентов и слушателей, Гомель, 16 мая 2013 г. / М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомель. инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь ; редкол. : И. И. Суторьма (научн. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013. – С. 228.

17. Довыденкова, В. П. К вопросу расчета теплофизических характеристик специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова // Технологии и управление: проблемы, идеи, инновации : материалы Междунар. заоч.

науч.-практ. конф., Тверь, 29 апр. 2013 г. / Филиал ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления имени К. Г. Разумовского» в г. Тверь ; редкол.: Г. П. Бескоровайна [и др.]. – Тверь, 2013. – С. 91–94.

18. Довыденкова, В. П. Расчет теплофизических характеристик специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова, В.И. Ольшанский, Н. М. Дмитрикович // Материалы докл. 46 Респуб. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ» ; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2013. – С. 400–402.

19. Довыденкова, В. П. Совершенствование системы оценки качества специальной защитной одежды пожарных / В.П. Довыденкова // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (ПРОГРЕСС – 2013) : сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф., Иваново, 27 – 29 мая 2013 г. : в 2 ч. / Текстильный институт ФГБОУ ВПО «ИВГПУ» ; редкол.: Г. И. Чистобородов [и др.]. – Иваново, 2013. – Ч. 2. – С. 37–38.

20. Довыденкова, В. П. Математическое моделирование процесса переноса тепла через перфорированный материал специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова В.И. Ольшанский, Н. М. Дмитрикович // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22 – 23 мая 2014 г. / М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомель. инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь ; редкол. : И. И. Суторьма (научн. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 210.

21. Довыденкова, В. П. Технология и установка для химического обметывания срезов деталей специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова, В.И. Ольшанский, Н. М. Дмитрикович // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22 – 23 мая 2014 г. / М-во по чрезвычайн. ситуациям Респ. Беларусь, Гомель. инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь ; редкол. : И. И. Суторьма (научн. ред.) [и др.]. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2014. – С. 209.

22. Довыденкова, В. П. Исследование влияния заточки иглы на разрывную нагрузку и раздвижку в швах / В. П. Довыденкова, Д. И. Пенкрат, Е. Л. Кулаженко // Молодые ученые – развитию текстильно-промышленного кластера (ПОИСК-2014) : сб. материалов межвузов. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов с междунар. участием, Иваново, 22 – 24 апр. 2014 г. : в 2 ч. / ФГБОУ ВПО «Иванов. гос. политехн. ун-т.» ; редкол.: Р. М. Алоян [и др.]. – Иваново, 2014. – Ч. 2. – С. 86–87.

23. Довыденкова, В.П. Оценка эффективности новой технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений при изготовлении специальной защитной одежды пожарных тяжелого типа / В. П. Довыденкова, В.И. Ольшанский, Н.М. Дмитрикович // Безопасность человека и общества: совершенствование системы реагирования и управления защитой от чрезвычайных ситуаций :

сб. материалов I Междунар. очной науч.-практ. конф., 16–17 ноября 2017г. / УГЗ МЧС РБ. – Минск, 2017. – С. 50–53.

Тезисы докладов:

24. Алахова, С. С. Разработка спецодежды для защиты от повышенных тепловых воздействий / С. С. Алахова, Л. И. Трутченко, В. П. Довыденкова // Тез. докл. 43 науч.-техн. конф. преподавателей и студентов ун-та / УО «ВГТУ»; редкол.: В. В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2010. – С. 133–134.

25. Довыденкова, В. П. Изучение факторов, влияющих на защитные свойства теплоотражательных костюмов / В. П. Довыденкова, В. И. Ольшанский // Тез. докл. 44 науч.-техн. конф. преподавателей и студентов ун-та / УО «ВГТУ»; редкол.: В. В. Пятов [и др.]. – Витебск, 2011. – С. 108.

26. Довыденкова, В. П. / Совершенствование технологии изготовления теплоотражательных костюмов пожарных для повышения срока их эксплуатации / В. П. Довыденкова // Тез. докл. 45 науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвященной Году книги / УО «ВГТУ»; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 258.

27. Довыденкова, В. П. / К вопросу повышения качества изготовления специальной защитной одежды пожарных / В. П. Довыденкова, И. С. Терещук // Тез. докл. 45 Респуб. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, посвященной Году книги / УО «ВГТУ»; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2012. – С. 263.

28. Довыденкова, В. П. Исследование прочности узлов и соединений специальной защитной одежды пожарных тяжелого типа / В.П. Довыденкова // Тез. докл. 46 Республ. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ»; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2013.– С. 97.

29. Довыденкова, В. П. Новая технология химического обметывания припусков шва для соединения деталей одежды из огнестойких металлизированных материалов / В.П. Довыденкова // Тез. докл. 49 Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ»; редкол.: Е. В. Ванкевич [и др.]. – Витебск, 2016. – С. 139.

РЭЗЮМЭ

Давыдзенкава Вера Пятроўна

Тэхналагія ўмацавання і герметызацыі нітачных злучэнняў спецыяльнага ахоўнага адзення з вогнетэрмастойкіх матэрыялаў

Ключавыя словы: вогнетэрмастойкі матэрыял, швейны выраб, нітачнае змацаванне, перфараваны ўчастак, умацаванне швоў, герметызуючая кампазіцыя.

Аб'ектам даследаванняў з'яўляюцца нітачныя злучэнні дэталей спецыяльнага ахоўнага адзення з вогнетэрмастойкіх металізаваных матэрыялаў.

Мэта працы – распрацоўка тэхналогіі ўмацавання і герметызацыі месцаў нітачнага змацавання дэталей спецыяльнага ахоўнага адзення з вогнетэрмастойкіх матэрыялаў для павышэння механічных і эксплуатацыйных паказчыкаў якасці яе вузлоў і злучэнняў.

Метадалогія даследавання: распрацоўка тэхналогіі ўмацавання і герметызацыі нітачных злучэнняў спецыяльнага ахоўнага адзення з вогнетэрмастойкіх матэрыялаў грунтавалася на выніках эксперыментальных і тэарэтычных даследаванняў з выкарыстаннем стандартных метадаў вызначэння эксплуатацыйных і цеплафізічных паказчыкаў злучэнняў дэталей адзення, матэматычных метадаў колькаснага інтэгравання і падзелу пераменных, цеплавых балансаў, статыстычных метадаў, арыгінальных метадаў комплекснай ацэнкі трываласці і рассоўвання швоў пасля прыкладання многацыклавога расцяжэння.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацавана тэхналагія ўмацавання і герметызацыі нітачных злучэнняў спецыяльнага ахоўнага адзення з вогнетэрмастойкіх металізаваных матэрыялаў, якая дазваляе асвоіць выпуск канкурэнтаздольных і надзейных у эксплуатацыі ўзораў цеплаахоўных камплектаў айчыннай вытворчасці для пажарных. Распрацавана матэматычная залежнасць працэсу пераносу цеплыні праз перфараваныя іголкай швейнай машыны ўчасткі швоў і размеркавання цеплавога патоку па ўнутранай паверхні зоны вакол шва. Атрыманы матэматычныя залежнасці і эксперыментальныя дадзеныя, якія характарызуюць уплыў адсоткавага ўтрымання кампанентаў герметызуючай кампазіцыі і параметраў тэхналагічнага працэсу на трываласць і вогнеўстойлівасць фармаваных злучэнняў дэталей адзення.

Рэкамендацыі па выкарыстанні: тэхналагія ўмацавання і герметызацыі нітачных злучэнняў спецыяльнага цеплаахоўнага адзення з вогнетэрмастойкіх матэрыялаў, якая ўключае эксперыментальны ўзор устаноўкі і сыравінную базу для яе рэалізацыі, укаранена ва ўстанове РВУП «Уніформ» (г. Мікашэвічы). Распрацаваны праект тэхнічных умоў для вырабу спецыяльнага цеплаахоўнага адзення пажарных.

Галіна выкарыстання: вытворчасць цеплаахоўнага і цеплаадбівальнага адзення з вогнетэрмастойкіх металізаваных матэрыялаў.

РЕЗЮМЕ

Довыденкова Вера Петровна

Технология упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестермостойких материалов

Ключевые слова: огнестермостойкий материал, швейное изделие, ниточное скрепление, перфорированный участок, упрочнение швов, герметизирующая композиция.

Объектом исследований являются ниточные соединения деталей специальной защитной одежды из огнестермостойких металлизированных материалов.

Цель работы – разработка технологии упрочнения и герметизации мест ниточного скрепления деталей специальной защитной одежды из огнестермостойких материалов для повышения механических и эксплуатационных показателей качества ее узлов и соединений.

Методология исследования: разработка технологии упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестермостойких материалов основывалась на результатах экспериментальных и теоретических исследований с использованием стандартных методов определения эксплуатационных и теплофизических показателей соединений деталей одежды, математических методов численного интегрирования и разделения переменных, тепловых балансов, статистических методов, оригинальных методов комплексной оценки прочности и раздвигаемости швов после многоциклового растяжения.

Полученные результаты и их новизна: разработана технология упрочнения и герметизации ниточных соединений специальной защитной одежды из огнестермостойких материалов, позволяющая освоить выпуск конкурентоспособных и надежных в эксплуатации образцов теплозащитных комплектов отечественного производства для пожарных. Разработаны математические зависимости процесса переноса теплоты через перфорированные иглой швейной машины участки швов и распределения теплового потока по внутренней поверхности околешовной зоны. Получены математические зависимости и экспериментальные данные, характеризующие влияние процентного содержания компонентов герметизирующей композиции и параметров технологического процесса на прочность и огнестойкость формируемых соединений деталей одежды.

Рекомендации по использованию: технология упрочнения и герметизации специальной защитной одежды из огнестермостойких материалов, включающая экспериментальный образец установки и сырьевую базу для ее реализации, внедрена на РПУП «Униформ» (г. Микашевичи). Разработан проект технических условий для изготовления специальной теплозащитной одежды пожарных.

Область применения: производство теплозащитной и теплоотражательной одежды из огнестермостойких металлизированных материалов.

SUMMARY

Dovydenkova Vera Petrovna

Technology of hardening and sealing thread connections special protective clothing made of fire-resistant materials

Keywords fire-resistant material, sewing product, thread bonding, perforated area, reinforcement of seams, sealing composition.

Object of research: threaded joints of details of special protective clothing made of fire-resistant metalized materials.

Purpose of research: development of the technology of hardening and sealing thread connections of special protective clothing made of fire-resistant materials to improve mechanical and performance indicators of the quality of its nodes and links.

Methods of research: the development of the technology of hardening and sealing thread connections of special protective clothing made of fire-resistant materials was based on the results of experimental and theoretical studies using standard methods for determining the operational and thermophysical indices of compounds of clothing details, mathematical methods of numerical integration and separation of variables, heat balances, statistical methods, original methods comprehensive evaluation of strength and separation joints after application of multi-cycle tensile loads.

The results and their novelty: technology developed by hardening and sealing thread connections of special protective clothing made of fire-resistant metalized materials has been developed, allowing to master the production of competitive and reliable in operation samples of heat-shielding sets of domestic production for firemen. The mathematical dependences of the process of heat transfer through the seam that are perforated with the needle of the sewing machine and the distribution of heat on the inner surface of the zone around the seam have been developed. Mathematical dependencies and experimental data characterizing the influence of the percentage content of the components of the sealing composition and the parameters of the technological process on the strength and fire resistance of the formed compounds of the garment details were received.

Recommendations for application: the technology of hardening and sealing thread connections of special protective clothing made of fire-resistant materials, including an experimental sample of the installation and a raw material base for its implementation, was implemented in the production conditions of RPUP «Uniform» (Mikashevichi). The draft of technical conditions for the manufacture of special of heat-shielding clothing for firemen was developed.

Fields of Application: manufacturing of heat-shielding and heat-reflecting clothing made of fire-resistant metalized materials.

**ДОВЫДЕНКОВА
ВЕРА ПЕТРОВНА**

**ТЕХНОЛОГИЯ УПРОЧНЕНИЯ И ГЕРМЕТИЗАЦИИ НИТОЧНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ СПЕЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ
ИЗ ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано к печати 02.05.2018. Формат 60×90 1/16. Печать ризографическая. Уч.-изд. листов 2,3. Усл. печ. листов 1,75. Тираж 85 экз.

Заказ № 129.

Отпечатано на ризографе УО «ВГТУ»

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.

210038, г. Витебск, Московский пр-т, 72.