

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 677.494:614.842.866.2

МИХАЛКО
МАРИЯ НИКОЛАЕВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ
ОГНЕТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНЫХ НИТЕЙ
И ТКАНЕЙ НА ИХ ОСНОВЕ ДЛЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ
ПОЖАРНЫХ-СПАСАТЕЛЕЙ НА ЭТАПЕ ПРОИЗВОДСТВА**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.19.08 — товароведение промышленных товаров
и сырья легкой промышленности

Минск, 2008

Работа выполнена в УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» и РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно»

Научные руководители: Садовский Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор, первый проректор, УО «Белорусский государственный экономический университет»

Докучаев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, главный технолог, РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно»

Официальные оппоненты: Петрище Франц Антонович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, Российский университет кооперации, кафедра товароведения, товарного консалтинга и аудита

Науменко Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры, УО «Витебский государственный технологический университет», кафедра стандартизации

Оппонирующая организация УО «Гомельский инженерный институт»
МЧС Республики Беларусь

Защита состоится 6 февраля 2009 г. в 14.30 на заседании совета по защите диссертаций К 02.07.01 при УО «Белорусский государственный экономический университет» по адресу: 220070, Минск, просп. Партизанский, 26, ауд. 407 (1-й учеб. корпус), тел. 209-79-82.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный экономический университет».

Автореферат разослан 5 января 2009 года.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций

Власова Г.М.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение качества отечественных товаров, способных заменять аналогичные импортные и быть конкурентоспособными на мировом рынке, является одной из важнейших задач легкой промышленности Беларуси.

Для производства боевой одежды пожарных-спасателей (БОПС) Министерства по чрезвычайным ситуациям (МЧС) Республики Беларусь использовались материалы на основе отечественных полиоксадиазольных (ПОД) волокон производства РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» в сочетании с нитями русар, импортируемыми из Российской Федерации. Применение нитей русар обусловлено необходимостью обеспечения требуемого уровня огнестойкости тканей, недостижимого при получении их только из волокон отечественного производства, которые имеют низкое значение основного показателя огнестойкости ПОД волокон — кислородного индекса (КИ).

В научных работах зарубежных и отечественных ученых (К.Е. Перепелкина, Э.А. Пакшвера, Р.А. Макаровой, Н.С. Зубковой, В.А. Родионова, А.Г. Кога-на, Ю.Г. Русецкого, В.В. Богдановой и др.) рассмотрены главные проблемы, связанные с улучшением свойств ПОД волокон, получением пряжи на их основе, пневмотекстурированием нитей, совершенствованием огнестойких тканей. Однако эти исследования практически не затрагивают вопросы влияния параметров технологического процесса на формирование потребительских свойств огнестойких тканей на этапах производства, начиная от модифицирования исходного волокна и получения нитей и заканчивая выработкой и отделкой тканей.

Из вышеизложенного следует, что формирование потребительских свойств ПОД нитей и тканей на их основе, удовлетворяющих предъявляемым к ним требованиям, является актуальной задачей. Получение отечественных тканей с требуемым уровнем КИ и более низкой, чем у тканей из импортируемых волокон, стоимостью обеспечит эффективную защиту пожарных-спасателей при выполнении работ и повлечет снижение стоимости БОПС. Это позволит снабдить подразделения МЧС Республики Беларусь новыми конкурентоспособными видами БОПС, сэкономить бюджетные средства, выделяемые на приобретение аналогичных материалов за рубежом, выйти на международный рынок с новыми конкурентоспособными тканями для БОПС.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами. Работа выполнена в рамках государственной научно-технической про-

граммы «Чрезвычайные ситуации», бюджетных НИР «Исследование качества и конкурентоспособности непродовольственных товаров, реализуемых на рынке Республики Беларусь» (№ ГР 20013138, 2001 г.) и «Формирование оптимальной структуры ассортимента, оценка качества и уровня конкурентоспособности непродовольственных товаров» (№ ГР 20062283, 2006 г.) в соответствии с договором о творческом сотрудничестве «Исследование свойств новых химических волокон с целью оптимизации технологии их производства» между УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» и РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» от 30.05.2002 г.

Цель и задачи исследования. Целью работы является формирование потребительских свойств ПОД нитей и тканей на их основе в процессе производства.

Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:

- разработать номенклатуру показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС с целью повышения объективности оценки их уровня качества и конкурентоспособности;
- экспериментально установить оптимальные параметры технологического процесса производства ПОД нитей арселон и арселон-С (избыток гидразинсульфата (ГС) при синтезе полимера, концентрацию серной кислоты в осадительной ванне, динамическую вязкость прядильного раствора, концентрацию полимера в прядильном растворе, концентрацию светостабилизатора), при которых показатели свойств нитей соответствуют требованиям НПБ 29—2000;
- исследовать потребительские свойства модифицированных термостойких нитей арселон и арселон-С, полученных при оптимизации параметров технологического процесса: КИ, термостойкость, устойчивость к воздействию светопогоды, удельную разрывную нагрузку, удлинение при разрыве, гигроскопичность;
- исследовать влияние структуры нитей и строения тканей на их потребительские свойства: функциональные, эргономические, эстетические, надежность;
- определить оптимальные варианты сочетаний структуры нитей и параметров строения огнетермостойких тканей для БОПС на основе модифицированного волокна арселон-С.

Объектами исследования являются термостойкие ПОД нити арселон и арселон-С, светостабилизированный арселоновый жгут, огнетермостойкие ткани на основе модифицированного волокна арселон-С. Предмет исследования —

технологический процесс получения ПОД нитей, параметры структуры огнетермостойких тканей, потребительские свойства ПОД нитей и огнетермостойких тканей на их основе.

Положения, выносимые на защиту.

1. Усовершенствованная номенклатура показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС, дополненная показателями, обеспечивающими комфортность (воздухопроницаемость, жесткость) и эстетичность (цвет, блеск, фактура, несминаемость, туше), позволяющая повысить объективность оценки их уровня качества и конкурентоспособности.

2. Зависимости механических и теплофизических свойств ПОД нитей от технологических параметров синтеза полимера и формования нитей (избытка ГС при синтезе полимера, концентрации серной кислоты в осадительной ванне, динамической вязкости прядильного раствора, концентрации полимера в прядильном растворе, концентрации светостабилизатора), позволяющие выбрать оптимальный режим их технологического процесса производства.

3. Оптимальный режим технологического процесса производства ПОД нитей, позволяющий получать нити с КИ, равным 30—32 % (об.): избыток ГС при синтезе — 6 %, концентрация серной кислоты в осадительной ванне — 740—760 г/л, динамическая вязкость прядильного раствора — 4200—4700 Пуаз, концентрация полимера в прядильном растворе — 5,4 %, концентрация светостабилизатора — 50 кг/т.

4. Параметры строения тканей для БОПС, придающие им комплекс оптимальных потребительских свойств: переплетения «неправильный атлас» с плотностью по основе (P_o) 300 нит/10 см и плотностью по утку (P_y) 174 и 184 нит/10 см, выработанные по основе и утку из пряжи в два сложения; саржевое переплетение с P_o 280 нит/10 см и P_y 189 нит/10 см, выработанное с использованием в утке крученых комплексных нитей в два сложения.

5. Новый ассортимент огнетермостойких тканей из пряжи и нитей на основе модифицированного волокна арселон-С с повышенным уровнем потребительских свойств, в том числе КИ, равным 28—28,6 % (об.), рекомендуемый для изготовления специальной защитной одежды людей, профессиональная деятельность которых связана с работой при высоких температурах и контактами с пламенем (пожарные-спасатели, нефтяники, металлурги и др.).

Личный вклад соискателя. Диссертация является научным трудом, выполненным соискателем самостоятельно на основе анализа научно-исследовательских работ по исследуемой проблеме и проведенных автором теоретических и экспериментальных исследований потребительских свойств ПОД нитей, огнетермостойких тканей на основе волокна арселон-С.

Под руководством В.В. Садовского соискателем определены закономерности влияния структуры нитей, плотности ткани, видов ткацких переплетений на

потребительские свойства огнетермостойких тканей. Под руководством В.Н. Докучаева автор принимал непосредственное участие в экспериментальном определении оптимальных параметров технологического процесса производства ПОД нитей, выработке партий экспериментальных тканей, разработке методики крашения и выборе видов специальной отделки огнетермостойких тканей, разработке рекомендаций по внедрению в производство на РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» новых огнетермостойких тканей специального назначения на основе модифицированного волокна арселон-С. Все положения, содержащиеся в диссертации и выносимые на защиту, разработаны соискателем лично и имеют научную новизну, практическую, экономическую и социальную значимость.

Апробация результатов диссертации. Результаты работы докладывались на международной научно-практической конференции курсантов и студентов «Чрезвычайные ситуации — 2003: теория и практика» (Гомель, 2003), международной научно-практической конференции «Международный экологический опыт и его использование в Беларуси» (Витебск, 2003), международной научно-технической конференции «Ресурсо-энергосберегающие технологии промышленного производства» (Витебск, 2003), международной научно-практической конференции «Проблемы формирования ассортимента, качества и конкурентоспособности товаров» (Гомель, 2004), XLIII международной конференции «Актуальные проблемы прочности» (Витебск, 2004), международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации. Теория. Практика. Инновации» (Гомель, 2006), международной научно-технической конференции студентов, магистрантов и аспирантов «Молодежь — производству» (Витебск, 2006), IV международной научно-практической конференции «Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация» (Минск, 2007), II и III региональных научно-технических конференциях молодых ученых «Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования» (Гомель, 2003, 2006), межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые — развитию текстильной и легкой промышленности» (ПО-ИСК—2004) (Иваново, 2004), научно-технических конференциях преподавателей и студентов УО «Витебский государственный технологический университет» (Витебск, 2003, 2006—2008), конференциях профессорско-преподавательского состава УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» (Гомель, 2003—2008).

Опубликованность результатов диссертации. По теме диссертации опубликовано 19 научных работ, в том числе 4 статьи в научных рецензируемых журналах, 7 — в материалах конференций и 8 тезисов докладов конференций. Общий объем публикаций — 4,15 авторских листа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, списка условных обозначений, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 230 страницах. Объем, занимаемый 24 рисунками, 35 таблицами и 16 приложениями, составляет 108 страниц. Библиографический список включает 232 наименования и занимает 20 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** и **общей характеристике работы** обоснована актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, отражены личный вклад соискателя, данные по апробации результатов исследований, степень опубликованности результатов, структура и объем диссертации.

В **первой главе** проведен анализ современного отечественного и зарубежного рынка огнетермостойких текстильных материалов для БОПС.

Выявлено, что огнетермостойкие текстильные материалы с высоким значением КИ производятся рядом фирм дальнего (США, Япония) и ближнего (Россия) зарубежья. Однако их стоимость значительно выше, чем выпускаемых в Республике Беларусь ПОД волокон (арселон и арселон-С), которые имеют высокие физико-механические показатели, отличаются простотой синтеза и формования волокон, низкой стоимостью сырья и уступают импортным лишь по величине КИ. Сделан вывод о том, что ассортимент тканей, выпускаемых на основе ПОД волокон, не в полной мере отвечает требованиям НПБ 29—2000 по величине КИ (не менее 28 % (об.)).

Выполнен обзор исследований, направленных на повышение огнестойкости ПОД волокон и материалов на их основе. Установлены три основных направления решения этой проблемы: галогенирование, введение антипиренов, оптимизация показателей строения нитей (увеличение крутки) и тканей (увеличение плотности).

Выявлено, что следствием решения проблемы повышения величины КИ путем галогенирования и введения антипиренов в прядильный раствор и на поверхность волокон и тканей являются экологическая опасность и высокая токсичность продуктов горения галогенсодержащих веществ, а также ухудшение физико-механических характеристик материалов. Повышение огнестойкости посредством увеличения крутки нитей и плотности ткани имеет ограниченные возможности, так как КИ при этом не достигает нормативного значения. Результатом проведенных в данном направлении работ стало увеличение времени

зажигания за счет увеличения количества (массы) поджигаемого материала. Определено новое направление работ по повышению КИ ПОД волокон, состоящее в оптимизации параметров технологического процесса получения волокон.

Во **второй главе** диссертации выбраны объекты и методы исследования. Объекты исследования — термостойкие ПОД нити арселон и арселон-С, светостабилизированный арселоновый жгут, экспериментальные огнетермостойкие ткани на основе модифицированного волокна арселон-С.

Проведен анализ требований, предъявляемых к материалам для БОПС отечественными и зарубежными техническими нормативными правовыми актами. Составлена трехуровневая классификация требований в соответствии с положениями товароведения. Экспертным методом усовершенствована номенклатура показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС. Обоснованы дополнительные показатели, обеспечивающие комфортность (воздухопроницаемость, жесткость) и эстетичность (цвет, блеск, фактура, несминаемость, туше) БОПС. Предложенная номенклатура показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС представлена на рисунке 1 и включает 17 единичных показателей.

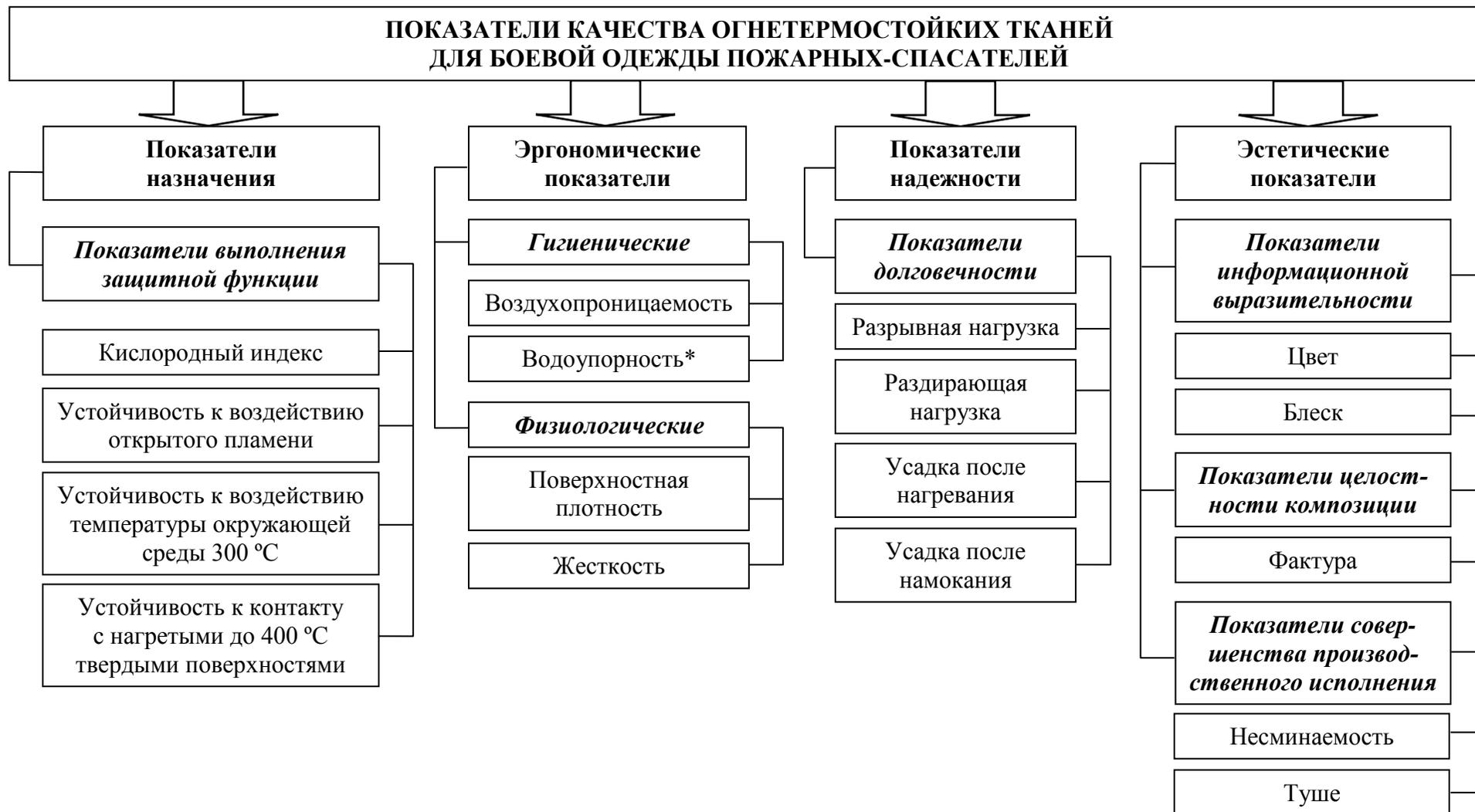
В экспериментах были применены стандартные методы определения показателей свойств огнетермостойких нитей и тканей на их основе. Устойчивость к факторам светопогоды исследовалась на приборе Q-U-V производства «The Q-Panel Company» (США) по схеме «УФ облучение — орошение водой» образцов при температуре 70 °С и 50 °С соответственно.

Для изучения структуры волокон использовались методы комбинационного рассеяния света (КР), электронного парамагнитного резонанса (ЭПР), рентгенографического анализа. Экспериментальные данные обрабатывались методами математической статистики с использованием стандартных компьютерных программ.

В **третьей главе** представлены результаты оптимизации потребительских свойств ПОД нитей в процессе производства.

Методом ранжирования определены технологические факторы, оказывающие наибольшее влияние на формирование свойств ПОД нитей: X_1 — избыток ГС при синтезе полимера; X_2 — концентрация серной кислоты в осадительной ванне; X_3 — динамическая вязкость прядильного раствора; X_4 — концентрация полимера в прядильном растворе; X_5 — концентрация светостабилизатора.

В качестве светостабилизатора применялась динатриевая соль 4,4-дикарбонксиазобензола.



7

Рисунок 1 — Номенклатура показателей качества огнестойких тканей для БОПС

Примечание — Знак «*» означает, что данный показатель применяется только для тканей с водоотталкивающей пропиткой.

На основании априорной информации и пробных экспериментов установлены уровни варьирования факторов (таблица 1).

Таблица 1 — Факторы и уровни их варьирования

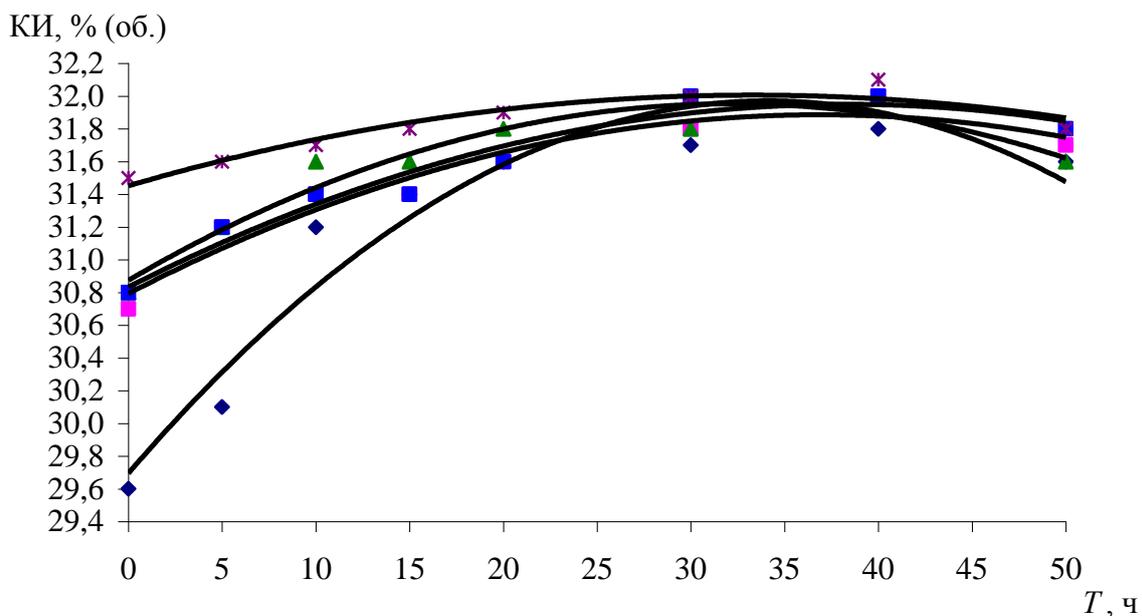
Фактор	Уровень варьирования			
	6	8	10	—
Избыток ГС при синтезе полимера (X_1), %				
Концентрация серной кислоты в осадительной ванне (X_2), г/л	720—740	740—760	760—780	—
Динамическая вязкость прядильного раствора (X_3), Пуаз	3700— 4200	4200— 4700	4700— 5200	5200— 5700
Концентрация полимера в прядильном растворе (X_4), %	4,8	5,1	5,4	—
Концентрация светостабилизатора (X_5), кг/т	43	45	50	—

Исследовано влияние технологических факторов на свойства ПОД нитей, выработанных в условиях производства на РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно». Установлено, что самыми высокими значениями показателей потребительских свойств обладают нити, полученные при следующих величинах технологических параметров: избыток ГС при синтезе полимера — 6 %, концентрация серной кислоты в осадительной ванне — 760—780 г/л, динамическая вязкость прядильного раствора — 4200—4700 Пуаз, концентрация полимера в прядильном растворе — 5,4 %, концентрация светостабилизатора — 50 кг/т (таблица 2).

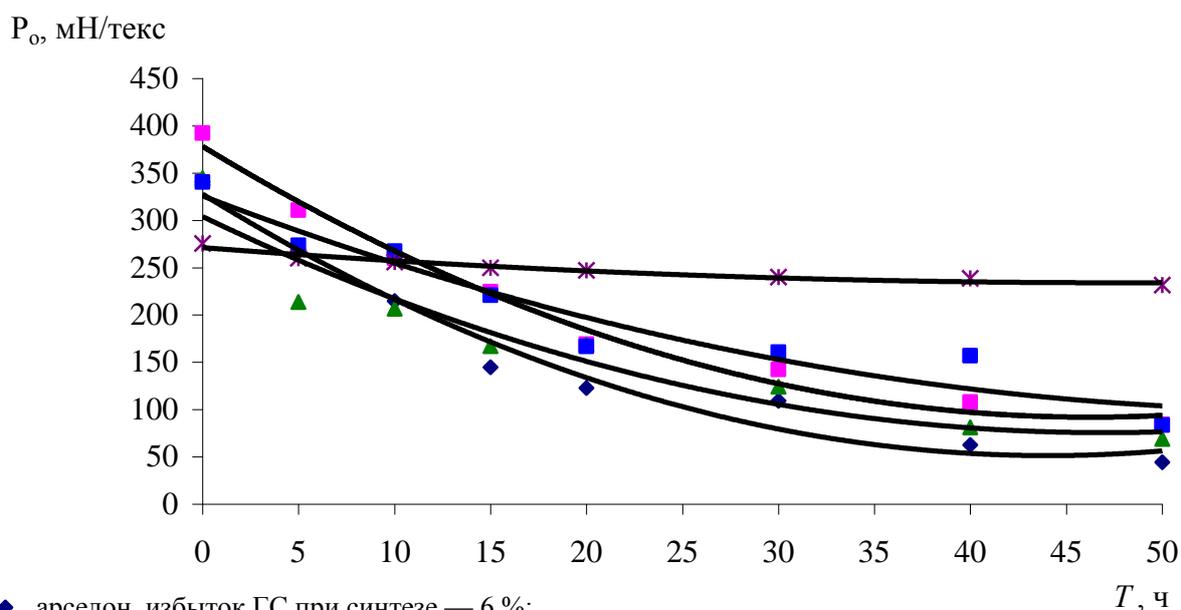
Таблица 2 — Показатели свойств ПОД нитей, полученных при оптимальном технологическом режиме

Показатель	Значение показателя
Кислородный индекс, % (об.)	31,5
Термостойкость, %	64,25
Устойчивость к факторам светопогоды после экспонирования в течение 50 ч, падение разрывной нагрузки, %	15,9
Удельная разрывная нагрузка, мН/текс	304
Удлинение при разрыве, %	41,0
Гигроскопичность, %	12,97

Исследовано влияние факторов светопогоды на КИ и удельную разрывную нагрузку ПОД нитей, выработанных при оптимальных величинах технологических факторов (рисунок 2).



а)



- ◆ арселон, избыток ГС при синтезе — 6 %;
- арселон, концентрация серной кислоты в осадительной ванне — 760—780 г/л;
- ▲ арселон, динамическая вязкость прядильного раствора — 4200—4700 Пуаз;
- арселон, концентрация полимера в прядильном растворе — 5,4 %;
- ✕ арселон-С, концентрация светостабилизатора — 50 кг/т

б)

Рисунок 2 — Зависимость а) КИ и б) удельной разрывной нагрузки (P_0) ПОД нитей, выработанных при оптимальных параметрах технологического процесса, от продолжительности воздействия (T , ч) факторов светопогоды

Установлено, что КИ нитей с самого начала экспонирования при воздействии УФ-облучения начинает повышаться, достигает максимальной величины

при 40 ч и составляет 31,8—32,1 % (об.), что на 0,6—2,2 % (об.) выше исходных показателей. При дальнейшем экспонировании нитей (до 50 ч) КИ несколько уменьшается, но остается выше исходного значения (рисунок 2, а). Анализ КР-спектров волокон, подвергнутых УФ-облучению, показал, что повышение КИ волокон происходит, вероятно, из-за увеличения транс-конформационных положений макромолекул при облучении, что обуславливает рост кристаллической упорядоченности и повышение плотности молекулярной структуры волокон.

Установлено, что удельная разрывная нагрузка нитей арселон (без добавки светостабилизатора) в течение 50 ч экспонирования уменьшается на 75,5—87,1 % от исходной величины, а нитей арселон-С (с добавкой светостабилизатора) — всего на 15,9 % (рисунок 2, б). Одной из причин повышения устойчивости к воздействию светопогоды является, вероятно, образование двойных мостиковых связей $-N = N-$ в структуре волокна арселон-С при добавке светостабилизатора. Исследование методом ЭПР образцов волокон арселон и арселон-С, облученных УФ-светом в течение различного времени, показало более низкую концентрацию свободных радикалов у волокна арселон-С, чем у волокна арселон, что способствует уменьшению скоростей термоокислительной и фотохимической деструкции.

В результате аппроксимирования экспериментальных данных получены математические уравнения зависимости КИ и удельной разрывной нагрузки от продолжительности воздействия факторов светопогоды, с применением которых можно прогнозировать изменение указанных параметров волокон в различные сроки эксплуатации БОПС.

Четвертая глава посвящена оптимизации потребительских свойств тканей на основе волокна арселон-С за счет структуры нитей, строения и отделки тканей. Исследования проведены с использованием математических методов планирования эксперимента.

Изучено влияние величины крутки крученых нитей арселон-С, состоящих из двух комплексных нитей, линейной плотностью 29,4 текс \times 2 (Н) на их термостойкость и механические свойства. Получены математические зависимости, с использованием которых можно прогнозировать значение относительной разрывной нагрузки (Y_1), коэффициента вариации по относительной разрывной нагрузке (Y_2), удлинения при разрыве (Y_3), коэффициента вариации по удлинению при разрыве (Y_4), а также термостойкости (Y_5) Н при различных величинах крутки комплексной нити (X_1) и крутки крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей (X_2):

$$Y_1 = 30,17 + 0,92X_1 + 0,66X_2 - 1,15X_1^2, \quad R^2 = 0,97; \quad (1)$$

$$Y_2 = 0,75 - 0,55X_1 - 0,59X_2 + 1,01X_1^2 + 0,62X_2^2, \quad R^2 = 0,98; \quad (2)$$

$$Y_3 = 8,57 - 0,67X_1 + 1,05X_2 + 2,87X_1^2, \quad R^2 = 0,96; \quad (3)$$

$$Y_4 = 6,00 + 2,08X_1 - 3,40X_2 - 3,98X_1X_2 + 7,51X_1^2 + 5,90X_2^2, \quad R^2 = 0,99; \quad (4)$$

$$Y_5 = 61,97 + 7,05X_1 + 7,70X_2 - 3,57X_1X_2 - 6,53X_1^2 + 4,65X_2^2, \quad R^2 = 0,99. \quad (5)$$

На основе уравнений (1)—(5) получены двумерные сечения поверхностей отклика критериев оптимизации, совмещением которых определена область оптимальных значений крутки (рисунок 3).

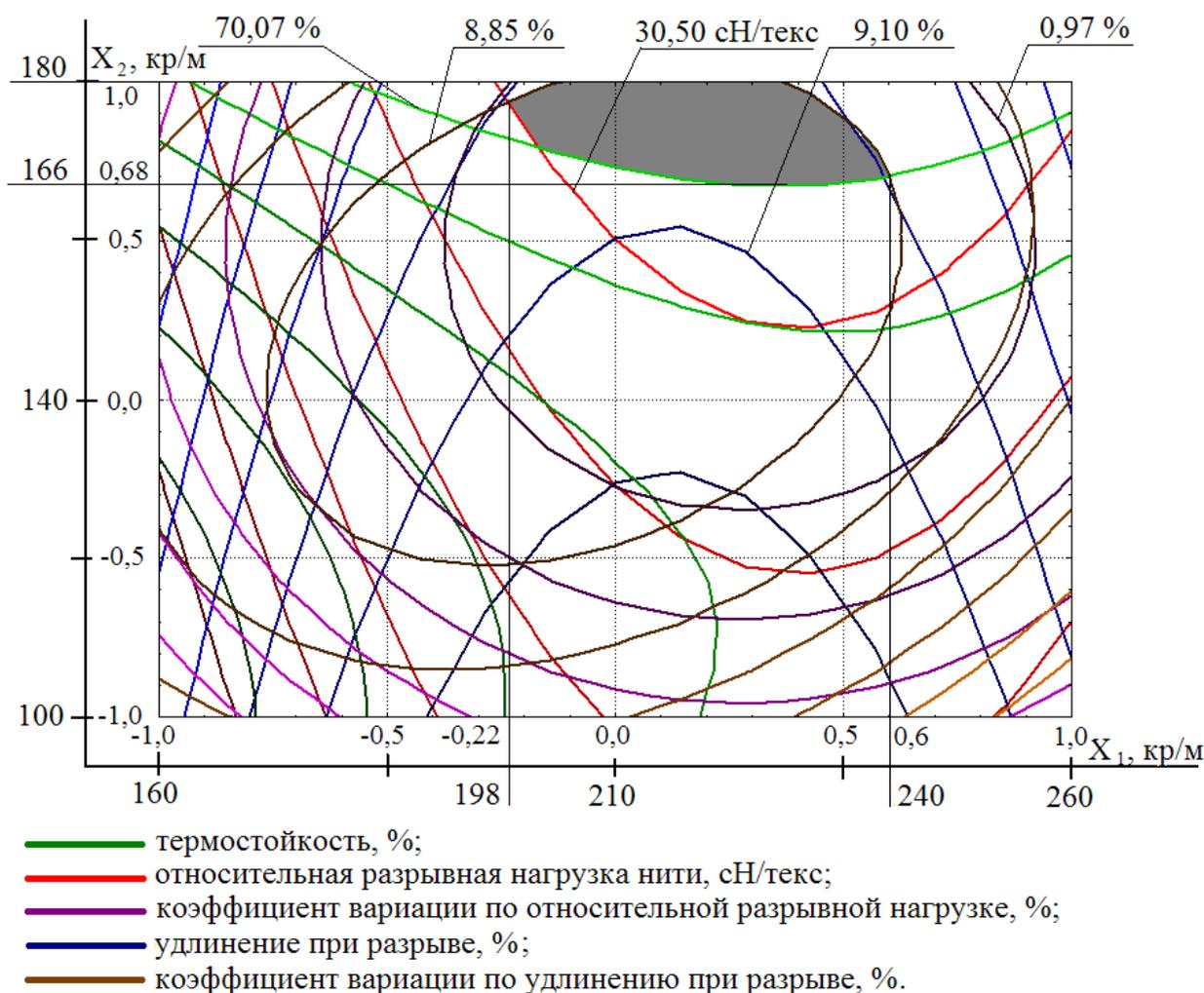


Рисунок 3 — Совмещение двумерных сечений поверхностей отклика критериев оптимизации для выбора оптимальных условий процесса крутки нитей арселон-С 29,4 текс × 2

Установлено, что наиболее высокими значениями показателей термостойкости и механических свойств обладают Н, полученные при следующих значениях крутки: комплексной нити — 198—240 кр/м; крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, — 166—180 кр/м.

Для исследования влияния строения тканей на их потребительские свойства были получены экспериментальные образцы трех видов переплетений:

саржевого 2/2, крепового на базе рогожки 2/2 с добавлением перекрытий, неправильного атласа с переменным сдвигом. Для каждого из указанных переплетений применялось два варианта систем нитей, полученных из волокна арселон-С в соответствии с оптимальными технологическими параметрами, выявленными в результате исследований, описанных в третьей главе диссертации. Первый вариант системы нитей — в основе и утке пряжа в два сложения 29 текс × 2 из штапельного волокна (Пр); второй вариант — в основе Пр, в утке Н. Плотность ткани изменялась на трех уровнях в соответствии с ортогональным центрально-композиционным планом второго порядка, где в качестве факторов были приняты: X_1 — плотность по основе (Π_0), нит/10 см; X_2 — плотность по утку (Π_y), нит/10 см (таблица 3). Выработано 54 образца экспериментальных тканей.

Таблица 3 — Матрица планирования эксперимента по исследованию влияния плотности тканей на основе волокна арселон-С на показатели их качества

№ опыта	Матрица планирования опытов		Рабочая матрица					
			переплетение саржа 2/2		креповое переплетение		переплетение «неправильный атлас»	
	X_1 — Π_0	X_2 — Π_y	X_1	X_2	X_1	X_2	X_1	X_2
1	-1	-1	260	162	260	174	260	164
2	-1	0	260	189	260	184	260	174
3	-1	+1	260	216	260	194	260	184
4	0	-1	280	162	280	174	280	164
5	0	0	280	189	280	184	280	174
6	0	+1	280	216	280	194	280	184
7	+1	-1	300	162	300	174	300	164
8	+1	0	300	189	300	184	300	174
9	+1	+1	300	216	300	194	300	184

В качестве выходных параметров эксперимента были приняты показатели ткани, которые по результатам исследования, описанного во второй главе диссертации, включены в номенклатуру основных показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС (рисунок 1): из показателей назначения — КИ (Y_1), устойчивость к воздействию открытого пламени (Y_2), устойчивость к воздействию температуры окружающей среды 300 °С (Y_3), устойчивость к контакту с нагретыми до 400 °С твердыми поверхностями (Y_4); из эргономических показателей — воздухопроницаемость (Y_5), поверхностная плотность (Y_6), жесткость по основе (Y_7), жесткость по утку (Y_8); из показателей надежности — разрывная нагрузка по основе (Y_9), разрывная нагрузка по утку (Y_{10}), раздирающая нагрузка по основе (Y_{11}), раздирающая нагрузка по утку (Y_{12}), усадка после нагревания

по основе (Y_{13}), усадка после нагревания по утку (Y_{14}), усадка после намочания и высушивания по основе (Y_{15}), усадка после намочания и высушивания по утку (Y_{16}). Кроме того, экспертным методом оценивались эстетические показатели тканей (цвет, блеск, фактура, несминаемость, туше).

Результаты исследований параметров Y_2 , Y_3 и Y_4 , которые оценивались посредством визуального осмотра состояния тканей после испытаний, показали, что все образцы соответствуют установленным требованиям, и ткани не имеют повреждений структуры после испытаний.

В результате исследования других параметров получены математические уравнения зависимости показателей тканей (Y_1 , Y_5 — Y_{16}) от Π_o (X_1) и Π_y (X_2), имеющие вид полинома второй степени:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{12}x_1x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2, \quad (6)$$

с применением которых можно прогнозировать значение потребительских свойств тканей с различными вариантами их строения.

Методом фильтрации выявлены образцы экспериментальных тканей, обладающие лучшим комплексом показателей качества. Установлено, что наилучшими потребительскими свойствами (в том числе значением КИ, равным 28—28,6 % (об.)) обладают ткани: 1) переплетения «неправильный атлас» с Π_o 300 нит/10 см и Π_y 174 и 184 нит/10 см, выработанные по основе и по утку из Пр; 2) саржевого переплетения с плотностью 280 нит/10 см по основе и 189 нит/10 см по утку, выработанные по основе из Пр, а по утку — из Н.

Проведены экспериментальные исследования по выбору вида и концентрации красителя тканей из волокна арселон-С. Установлено, что наиболее высокой устойчивостью к свету обладают ткани, окрашенные дисперсным красителем «Бемакрон Вlau S-BLG 200».

Сделан вывод о том, что полученные значения показателей строения и свойств выбранных лучших вариантов тканей для БОПС могут быть приняты за основу при выработке рекомендаций по проектированию новых видов тканей с наиболее высоким уровнем качества.

В **пятой главе** обоснована экономическая эффективность использования результатов исследований. Применение предложенных в диссертационной работе оптимальных режимов синтеза и формования ПОД нитей позволит сэкономить средства за счет уменьшения нормы вложения сырья в расчете на 1000 кг нити на сумму 375082,4 р. Ежегодная экономия бюджетных средств за счет использования отечественных тканей на основе волокна арселон-С для удовлетворения потребности подразделений МЧС в комплектах БОПС составит 501,12 млн р. при приобретении таких материалов в России и 756,72 млн р. — при их закупке в дальнем зарубежье.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации.

1. С применением экспертного метода усовершенствована номенклатура показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС, которая, в отличие от существующей, представлена тремя уровнями. Обоснованы дополнительные показатели, обеспечивающие комфортность (воздухопроницаемость, жесткость) и эстетичность (цвет, блеск, фактура, несминаемость, туше) БОПС [4, 9].

2. Выявлены основные технологические факторы процесса производства ПОД нитей, оказывающие наибольшее влияние на формирование их потребительских свойств. Установлено, что наиболее высокими значениями показателей потребительских свойств (в том числе КИ, равным 31,5 % (об.) обладают ПОД нити, полученные при следующих величинах технологических параметров: избыток ГС при синтезе полимера — 6 %, концентрация серной кислоты в осадительной ванне — 760—780 г/л, динамическая вязкость прядильного раствора — 4200—4700 Пуаз, концентрация полимера в прядильном растворе — 5,4 %, концентрация светостабилизатора — 50 кг/т [8, 16].

3. Выявлено, что при добавлении в полимерную композицию светостабилизатора устойчивость ПОД нитей к факторам светопогоды увеличивается за счет значительного торможения термоокислительной и фотохимической деградации молекулярных цепей. Экспериментально установлены закономерности влияния факторов светопогоды на удельную разрывную нагрузку и КИ ПОД нитей, аппроксимированные математическими уравнениями, с применением которых можно прогнозировать изменение указанных параметров в различные сроки эксплуатации БОПС. Показано, что удельная разрывная нагрузка нитей арселон (без добавки светостабилизатора) в течение 50 ч экспонирования уменьшается на 75,5—87,1 % от исходной величины, а нитей арселон-С (с добавкой светостабилизатора) — всего на 15,9 %. Установлено повышение КИ ПОД волокон после воздействия факторов светопогоды (по сравнению с его исходным значением) вследствие инициирования транс-конформационных превращений макромолекул при облучении. Это обуславливает рост кристаллической упорядоченности и повышение плотности молекулярной структуры волокон [2, 14].

4. Выявлены зависимости между значениями показателей потребительских свойств (относительной разрывной нагрузки, удлинения при разрыве, коэффициента вариации по относительной разрывной нагрузке, коэффициента вариации по удлинению при разрыве, термостойкости) крученых нитей арселон-С, состоящих из двух комплексных нитей, линейной плотностью 29,4 текс × 2 и величинами крутки комплексной нити и крутки крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, позволяющие определять значения по-

казателей основных свойств нитей при различных величинах крутки. Установлено, что лучшим комплексом потребительских свойств обладают нити, полученные при следующих величинах крутки: комплексной нити — 198—240 кр/м; крученой нити, состоящей из двух комплексных нитей, — 166—180 кр/м.

5. Выявлены закономерности влияния структуры нитей, переплетения и плотности ткани на основе волокна арселон-С на основные показатели ее качества. Получены математические уравнения зависимости потребительских свойств тканей от плотности по основе и утку, с применением которых можно прогнозировать значения потребительских свойств для различных вариантов строения тканей. Установлено, что наиболее высокими значениями потребительских свойств (в том числе КИ, равным 28—28,6 % (об.) обладают ткани: переплетения «неправильный атлас» с плотностью 300 нит/10 см по основе и 174 и 184 нит/10 см по утку, выработанные по основе и по утку из пряжи в два сложения; саржевого переплетения с плотностью 280 нит/10 см по основе и 189 нит/10 см по утку, выработанные с использованием в утке крученых комплексных нитей в два сложения. Оптимальные варианты тканей рекомендованы для внедрения в производство [10, 11, 15, 17, 18].

Рекомендации по практическому использованию результатов.

1. Оптимальные технологические параметры получения ПОД нитей целесообразно применять при производстве ПОД нитей опытно-промышленным цехом РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно», что подтверждено актом о внедрении. Это позволит сэкономить средства за счет уменьшения нормы вложения сырья в расчете на 1000 кг нити на сумму 375082,4 р.

2. Рекомендованные режимы процесса крутки ПОД нитей могут быть использованы в крутильно-ткацком цехе РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» при получении нитей арселон-С линейной плотностью 29,4 текс × 2, применяемых для производства огнетермостойких тканей для БОПС. Имеется соответствующий акт о внедрении при выпуске опытной партии таких тканей.

3. Результаты экспериментального выбора режимов крашения огнетермостойких тканей целесообразно использовать на красильно-отделочном участке РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» при крашении тканей на основе волокна арселон-С, применяемых для производства БОПС. Положительные результаты промышленного использования такой технологии подтверждены актом о внедрении.

4. Рекомендованы для внедрения в производство оптимальные варианты тканей с повышенным КИ. Использование тканей на основе волокна арселон-С для удовлетворения потребности подразделений МЧС в комплектах БОПС обеспечит ежегодную экономию бюджетных средств в размере 501,12 млн р.

при приобретении таких материалов в Российской Федерации и 756,72 млн р. — при их закупке в дальнем зарубежье.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в учебном процессе при изучении дисциплин «Товароведение и экспертиза одежно-обувных товаров», «Основы материаловедения и технологии изделий», «Производственные технологии», «Товароведение в отрасли», «Защита населения и объектов народного хозяйства в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность». Имеются соответствующие акты о внедрении в учебный процесс УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации».

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в научных рецензируемых журналах

1. Михалко, М.Н. Термостойкие волокна оксалон и арселон: производство, свойства, применение / М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев // Материалы, технологии, инструменты. — 2004. — Т. 9, № 2. — С. 47—51.

2. Михалко, М.Н. Повышение кислородного индекса и устойчивости к воздействию светопогоды полиоксадиазольных волокон / М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев, А.А. Якобук, Ю.Г. Русецкий // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. — 2004. — № 6 (16). — С. 200—209.

3. Михалко, М.Н. Перспективы применения термостойкого волокна оксалон / В.В. Садовский, М.Н. Михалко, В.Н. Докучаев // Вестн. УО «Витебск. гос. технол. ун-т». — 2004. — Вып. 6. — С. 25—28.

4. Михалко, М.Н. Разработка номенклатуры показателей качества огне-термостойких тканей для боевой одежды пожарных-спасателей / М.Н. Михалко // Потребительская кооперация. — 2005. — № 3. — С. 69—75.

Материалы конференций

5. Михалко, М.Н. Материалы боевой одежды пожарных-спасателей / М.Н. Михалко // Чрезвычайные ситуации: теория и практика : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф. курсантов и студентов, Гомель, 31 окт. 2003 г. / Гомел. высш. команд.-инженер. уч-ще ; редкол.: А.А. Поташкин [и др.]. — Гомель, 2003. — С. 136—140.

6. Михалко, М.Н. Проблема лесных пожаров и мировой рынок материалов для производства специальной защитной одежды пожарных-спасателей /

М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев // Міжнародны экалагічны до-свед і яго выкарыстанне на Беларусі : зб. навук. арт. міжнар. навук.-практ. канф., Віцебск, 18—19 лістапада 2003 г. / Ін-т сучасных ведаў, Віцебск. філ.; пад агул. рэд. У.К. Слабіна. — Віцебск, 2003. — С. 156—160.

7. Михалко, М.Н. Экономико-экологические аспекты производства и применения полиоксидазольных волокон / М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев // Ресурсо- и энергосберегающие технологии промышленного производства : материалы междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 20—21 нояб. 2003 г. : в 2 ч. / Витебск. гос. технол. ун-т ; редкол.: С.М. Литовский [и др.]. — Витебск, 2003. — Ч. 2. — С. 165—170.

8. Михалко, М.Н. Выбор факторов для оптимизации теплофизических и физико-механических свойств волокна арселон / М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев // Проблемы формирования ассортимента, качества и конкурентоспособности товаров : сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию БТЭУПК, Гомель, 15—16 апр. 2004 г. / Белорус. торг.-экон. ун-т потреб. кооперации ; редкол.: В.Е. Сыцко [и др.]. — Гомель, 2004. — С. 61—63.

9. Михалко, М.Н. Требования к материалам специальной защитной одежды пожарных-спасателей / М.Н. Михалко // Молодые ученые — развитию текстильной и легкой промышленности (ПОИСК—2004) : сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов, Иваново, 20—22 апр. 2004 г. : в 2 ч. / Ивановск. гос. текстил. акад. ; редкол.: Г.И. Чистобородов [и др.]. — Иваново, 2004. — Ч. 1. — С. 162—164.

10. Михалко, М.Н. Новый ассортимент огнестермостойких арселоновых тканей для боевой одежды пожарных-спасателей / М.Н. Михалко // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации : материалы докл. междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 27—28 сент. 2006 г. / Гомел. инженерн. ин-т ; редкол.: В.Л. Потеха [и др.]. — Гомель, 2006. — С. 307—308.

11. Михалко, М.Н. Оценка несминаемости огнестермостойких арселоновых тканей / М.С. Лежнюк, М.Н. Михалко // Молодежь — производству : сб. ст. междунар. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Витебск, 21—22 нояб. 2006 г. / Витебск. гос. технол. ун-т ; редкол.: С.М. Литовский [и др.]. — Витебск, 2006. — С. 68—71.

Тезисы докладов конференций

12. Михалко, М.Н. Области применения термостойкого волокна оксалон / В.В. Садовский, М.Н. Михалко, В.Н. Докучаев // Тезисы докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей и студентов университета,

Витебск, 23 апр. 2003 г. / Витебск. гос. технол. ун-т ; под ред. С.М. Литовского. — Витебск, 2003. — С. 83.

13. Михалко, М.Н. Оптимизация свойств термостойкого волокна оксалон / М.Н. Михалко // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : тез. докл. 2-й Региональн. науч.-техн. конф. молодых ученых, Гомель, 30—31 окт. 2003 г. / Ин-т механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси. — Гомель, 2003. — С. 54—56.

14. Михалко, М.Н. Изменение прочности полиоксидазольных волокон в результате воздействия светопогоды / М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев // Актуальные проблемы прочности : тез. докл. XLIII междунар. конф., Витебск, 27 сент. — 1 окт. 2004 г. : в 4 ч. / Витебск. гос. технол. ун-т. — Витебск, 2004. — Ч. 2. — С. 210.

15. Михалко, М.Н. Влияние волокнистого состава и вида переплетения на несминаемость арселоновых тканей / М.С. Лежнюк, М.Н. Михалко // Тезисы докладов XXXIX научно-технической конференции преподавателей и студентов университета, Витебск, апр. 2006 г. / Витебск. гос. технол. ун-т ; под ред. С.М. Литовского. — Витебск, 2006. — С. 116.

16. Михалко, М.Н. Оптимизация получения волокон со специальными свойствами / М.Н. Михалко, М.С. Лежнюк // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования : тез. докл. 3-й Гомел. регион. конф. молодых ученых, Гомель, 3—4 окт. 2006 г. / Ин-т механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси. — Гомель, 2006. — С. 33—34.

17. Михалко, М.Н. Современный рынок огнетермостойких тканей / Ю.А. Борисевич, М.Н. Михалко // Тезисы докладов XL научно-технической конференции преподавателей и студентов университета, Витебск, май 2007 г. / Витебск. гос. технол. ун-т ; под ред. В.В. Пятова. — Витебск, 2007. — С. 94—95.

18. Михалко, М.Н. Разработка арселоновых тканей для боевой одежды пожарных-спасателей и оценка их термических характеристик / М.Н. Михалко, В.В. Садовский, В.Н. Докучаев // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : сб. тез. докл. IV междунар. науч.-практ. конф., Минск, 6—8 июня 2007 г. : в 3 т. / НИИ пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций ; редкол.: Э.Р. Бариев [и др.]. — Минск, 2007. — Т. 2. — С. 337—338.

19. Михалко, М.Н. Анализ патентных разработок огнетермостойких тканей / Ю.А. Борисевич, М.Н. Михалко // Тезисы докладов XLI научно-технической конференции преподавателей и студентов университета, Витебск, май 2008 г. / Витебск. гос. технол. ун-т. — Витебск, 2008. — С. 104.

РЭЗІЮМЭ

Міхалка Марыя Мікалаеўна

Фарміраванне спажывецкіх уласцівасцей вогнетэрмаўстойлівых поліаксадыяльных нітак і тканін на іх аснове для баявога адзення пажарных-выратавальнікаў на этапе вытворчасці

Ключавыя словы: поліаксадыяльныя (ПАД) вогнетэрмаўстойлівыя ніткі арселон і арселон-С, вогнетэрмаўстойлівыя тканіны, баявое адзенне пажарных-выратавальнікаў (БАПВ), кіслародны індэкс, наменклатура паказчыкаў якасці.

Мэта работы: фарміраванне спажывецкіх уласцівасцей ПАД нітак і тканін на іх аснове ў працэсе вытворчасці.

Метады даследавання: стандартныя метады вызначэння паказчыкаў нітак і тканін, метады даследавання структуры валокнаў, метады матэматычнай статыстыкі, матэматычнага планавання эксперыменту, экспертны метад, графічныя метады, метад фільтрацыі.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: удасканалена наменклатура паказчыкаў якасці вогнетэрмаўстойлівых тканін для БАПВ, якая дазваляе павысіць аб'ектыўнасць ацэнкі ўзроўню іх якасці і канкурэнтаздольнасці; выяўлены залежнасці ўласцівасцей ПАД нітак ад тэхналагічных параметраў працэсу вытворчасці; вызначаны аптымальны рэжым тэхналагічнага працэсу вытворчасці ПАД нітак, які дазваляе атрымаць ніткі з кіслародным індэксам, які раўны 30—32 % (аб.); выяўлены аптымальныя параметры будовы тканін для БАПВ па крытэрыю іх уплыву на спажывецкія ўласцівасці тканін; прапанаваны новы асартымент вогнетэрмаўстойлівых тканін з пражы і нітак на аснове мадыфікаванага валакна арселон-С з павышаным узроўнем спажывецкіх уласцівасцей.

Рэкамендацыі да выкарыстання: сфармуляваныя ў дысертацыі прапановы мэтазгодна выкарыстоўваць у практычнай дзейнасці РУП «Светлагорскае вытворчае аб'яднанне «Хімвалакно» пры вытворчасці вогнетэрмаўстойлівых ПАД нітак, атрымання кручаных нітак на аснове валакна арселон-С, вырабкі і апрацоўцы тканін для БАПВ на аснове валакна арселон-С.

Галіна выкарыстання: вогнетэрмаўстойлівыя тканіны для спецыяльнага адзення людзей, чыя прафесійная дзейнасць звязана з працай пры высокіх тэмпературах і кантактамі з полымем (пажарныя-выратавальнікі, работнікі нафтавай прамысловасці, зваршчыкі, металургі і інш.). Практычныя і тэарэтычныя вынікі, асноўныя вывады могуць быць выкарыстаны пры выкладанні некаторых тэм курсаў таваразнаўства нехарчовых тавараў у вну і каледжах адпаведнага профілю.

РЕЗЮМЕ

Михалко Мария Николаевна

Формирование потребительских свойств огнетермостойких полиоксадиазольных нитей и тканей на их основе для боевой одежды пожарных-спасателей на этапе производства

Ключевые слова: полиоксадиазольные (ПОД) огнетермостойкие нити арселон и арселон-С, огнетермостойкие ткани, боевая одежда пожарных-спасателей (БОПС), кислородный индекс, номенклатура показателей качества.

Цель работы: формирование потребительских свойств ПОД нитей и тканей на их основе в процессе производства.

Методы исследования: стандартные методы определения показателей нитей и тканей, методы исследования структуры волокон, методы математической статистики, математического планирования эксперимента, экспертный метод, графические методы, метод фильтрации.

Полученные результаты и их новизна: усовершенствована номенклатура показателей качества огнетермостойких тканей для БОПС, позволяющая повысить объективность оценки уровня их качества и конкурентоспособности; выявлены зависимости свойств ПОД нитей от технологических параметров процесса производства; определен оптимальный режим технологического процесса производства ПОД нитей, позволяющий получить нити с кислородным индексом, равным 30—32 % (об.); выявлены оптимальные параметры строения тканей для БОПС по критерию их влияния на потребительские свойства тканей; предложен новый ассортимент огнетермостойких тканей из пряжи и нитей на основе модифицированного волокна арселон-С с повышенным уровнем потребительских свойств.

Рекомендации к использованию: сформулированные в диссертации предложения целесообразно использовать в практической деятельности РУП «Светлогорское производственное объединение «Химволокно» при производстве огнетермостойких ПОД нитей, получении крученых нитей на основе волокна арселон-С, выработке и отделке тканей для БОПС на основе волокна арселон-С.

Область применения: огнетермостойкие ткани для специальной защитной одежды людей, чья профессиональная деятельность связана с работой при высоких температурах и контактами с пламенем (пожарные-спасатели, работники нефтяной промышленности, сварщики, металлурги и др.) Практические и теоретические результаты, основные выводы могут быть использованы при изложении некоторых тем в курсах товароведения непродовольственных товаров в вузах и колледжах соответствующего профиля.

SUMMARY

Mikhalko Maria Nikolaevna

The formation of consumer properties of fire-resistant polyoxadiazole threads and fabrics on their basis for fighting clothing of firemen-rescuers at the production stage

Key words: polyoxadiazole (POD) fire-heat resistant arcelon and arcelon-C threads, fire-heat resistant fabrics, fighting clothing of firemen-rescuers (FCFR), oxygen index, nomenclature of quality indices.

The object under research: is the formation of consumer properties of POD threads and fabrics on their basis in the process of production.

Methods of investigation: standard methods of determining the indices of threads and fabrics, methods of examining the structure of fabrics, methods of mathematical planning of experiment, expert method, graphic method, filtration method.

The results obtained and their novelty: the nomenclature of quality indices of fire-heat resistant fabrics for FCFR, enabling to increase the objectiveness of estimating their level of quality and competitiveness has been improved; the dependence of POD threads quality on technological parameters of production process has been revealed; the optimal regime of technological process of POD threads production enabling to obtain threads with oxygen index 30—32 % has been determined; the optimal parameters of the structure of fabrics for FCFR based on the criterion of the influence on consumer properties of fabrics have been revealed; a new range of fire-heat resistant fabrics from yarns and threads based on modified fiber arcelon-C with a higher level of consumer properties has been suggested.

Recommendations for application: suggestions stated in the thesis can be used in production at «Svetlogorsk production amalgamation «Chemical Fiber» while producing fire heat resistant POD threads obtained on the basis of arcelon-C fiber, production and finishing of fabrics for FCFR on the basis of arcelon-C fiber.

Fields of application: fire-heat resistant fabrics for special productive clothing of people whose professional activity is connected with work at higher temperatures and contacts with fire (firemen rescuers, oil industry workers, welders, metallurgists). Practical and theoretical results, principal conclusions can be used while teaching some themes of the science of manufactured goods course at higher educational establishments and colleges.

Редактор *Г.В. Андропова*
Корректор *Е.И. Кожушко*
Технический редактор *О.В. Амбарцумова*
Компьютерный дизайн *Ю.Н. Лац*

Подписано в печать 30.12.2008. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Офсетная печать. Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 70 экз. Заказ

УО «Белорусский государственный экономический университет».
Лицензия издательская № 02330/0056968 от 30.04.2004.
220070, Минск, просп. Партизанский, 26.

Отпечатано в УО «Белорусский государственный экономический университет».
Лицензия полиграфическая № 02330/0148750 от 30.04.2004.
220070, Минск, просп. Партизанский, 26.