

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

На правах рукописи



ХАЛИЛОВА АЛИНА АДИКОВНА

**ВОДООТТАЛКИВАЮЩИЕ ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ С
УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ
ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ**

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой
промышленности

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой
степени кандидата
технических наук

Научный руководитель: доктор
технических наук, доцент
Тихонова Наталья Васильевна

Казань – 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список условных сокращений и обозначений	4
Введение	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ	15
1.1 Анализ современного состояния рынка легкой промышленности и классификация рабочей одежды для защиты от общих вредных производственных факторов	15
1.2 Современные водоотталкивающие целлюлозосодержащие текстильные материалы, предназначенные для производства рабочей одежды, обеспечивающей защиту от общих производственных факторов	24
1.3 Современные способы гидрофобизации материалов в текстильной промышленности	33
1.4 Гидрофобная отделка целлюлозосодержащих текстильных материалов с использованием кремнийорганических соединений	44
1.5 Задачи диссертации	58
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	61
2.1 Выбор объектов исследования	61
2.2 Методы определения эксплуатационных свойств водоотталкивающих текстильных материалов	66
2.3 Методы и оборудование для исследования состава и структуры водоотталкивающих текстильных материалов	76
2.4 Методы статистической обработки результатов экспериментальных исследований	78

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ	82
3.1 Результаты экспериментальных исследований текстильных материалов с водоотталкивающими свойствами и оценка влияния гидрофобизирующего состава на их эксплуатационные характеристики	82
3.2 Исследование влияния водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на эксплуатационные характеристики текстильных материалов	98
3.3 Механизм взаимодействия водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина с целлюлозными волокнами	118
3.4 Результаты исследований потребительских свойств водоотталкивающих текстильных материалов	128
ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИЕЙ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ	139
4.1 Разработка технологических рекомендаций по производству водоотталкивающих текстильных материалов	139
4.2. Обоснование экономической эффективности производства текстильных материалов с водоотталкивающей композицией	146
Заключение	153
Список использованной литературы	155
Приложения	179
Приложение А. ИК-спектры: силан А-1100, ХП-470, ВО композиция на основе силана и ХП	180
Приложение Б. Акты внедрения и испытания	183

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

Сокращения

ВО	–	водоотталкивающий,
ВТМ	–	водоотталкивающий текстильный материал,
ОП	–	огнестойкая пропитка,
ОПФ	–	общие производственные факторы,
ПФ	–	производственные факторы,
РО	–	рабочая одежда,
СИЗ	–	средства индивидуальной защиты,
УРО	–	универсальная рабочая одежда,
ХП	–	хлорпарафин.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В условиях современных экономических реалий и роста производственных рисков разработка рабочей одежды (РО), адаптированной к различным условиям труда и видам производственных опасностей, приобретает стратегическое значение. Такой вид одежды должен надёжно защищать от влаги и кратковременного воздействия открытого пламени, сохранять воздухопроницаемость и гигроскопичность, обеспечивать достаточный комфорт при эксплуатации и при этом оставаться экономически доступным. Однако существующие разработки отличаются ограниченным ассортиментом волокнистого состава и специальных пропиток, которые либо не в полной мере удовлетворяют одновременно требованиям влагостойкости, и огнестойкости, либо производятся с использованием импортных технологий и компонентов, что повышает издержки и снижает доступность качественной продукции. Проектирование универсальной рабочей одежды (УРО) представляет собой комплексную задачу, включающую выбор базового волокнистого состава и функциональных добавок, разработку технологических режимов обработки, а также создание эргономичной конструкции изделий. Приоритетным направлением является разработка текстильных материалов, модифицированных водоотталкивающими и защитными пропитками, придающими устойчивые гидрофобные свойства, сохраняющими при этом ключевые эксплуатационные характеристики материала. Разработка данной инновационной УРО позволит создавать конкурентоспособную продукцию в соответствии с отечественными и международными стандартами, повысить безопасность труда, оптимизировать ресурсозатраты и укрепить позиции российских предприятий на внутреннем и внешнем рынках, решая ключевые социально-экономические задачи современного производства.

Степень разработанности темы исследования.

Существенный вклад в развитие гидрофобных текстильных материалов внесли отечественные ученые и исследователи Киселев А.М., Измайлов Б.А., Одинцова О.И., Владимирцева Е.Л., Кольцова Ю.А., Кумеева Т.Ю., Климов В.В., Соболевский М.В., Воронков М.Г., Пашенко А.А., Семянников В.А., Голиков И.В, Евсюкова Н.В., зарубежные ученые: Xu L, McHale G., Park S.

Несмотря на значительное количество исследований, направленных на изучение отдельных защитных свойств текстильных материалов, отсутствуют научные работы, исследующие комплексное воздействие совокупности компонентов, обеспечивающих одновременно защиту от разных видов рисков при минимизации экономических издержек.

Работа выполнена в Казанском национальном исследовательском технологическом университете. Автором при работе над диссертацией использовались методики и аналитическое оборудование центра коллективного пользования «Нанотехнологии и наноматериалы» (ЦКП «Нанотехнологии и наноматериалы») и комплексной лаборатории «Наноаналитика» (ЛК Наноаналитика) ФГБОУ ВО «КНИТУ».

В диссертационной работе изложены результаты научных исследований автора с 2016 по 2026 год в области разработки и исследования водоотталкивающих текстильных материалов для рабочей одежды с улучшенными эксплуатационными свойствами.

Область исследования соответствует паспорту научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности: п.2. Проектирование структуры и прогнозирование показателей свойств и качества волокон, нитей, материалов и ИТЛП; п.3. Технологии (в том числе, нанотехнологии) волокон, нитей, материалов и ИТЛП; п.19. Разработка новых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства ИТЛП.

Цель и задачи исследования.

Целью работы является разработка водоотталкивающих текстильных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами для универсальной рабочей одежды с применением композиции на основе силана и хлорпарафина.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проведение анализа современного состояния и перспектив развития производства водоотталкивающих текстильных материалов для рабочей одежды, классификации вредных производственных факторов, действующих в различных отраслях промышленности.

2. Выбор и обоснование объектов, методов исследования структуры, методик и компонентов для получения водоотталкивающих текстильных материалов.

3. Экспериментальные исследования влияния композиции на основе силана и хлорпарафина на эксплуатационные и потребительские свойства водоотталкивающих текстильных материалов.

4. Разработка технологии изготовления водоотталкивающих текстильных материалов для производства универсальной рабочей одежды.

Научная новизна работы.

1. Разработана концепция создания универсальной рабочей одежды с улучшенными эксплуатационными свойствами, адаптированной к различным условиям труда, заключающаяся в обоснованной классификации видов профессиональной деятельности и присущих им вредных производственных факторов, что позволило осуществить научный подход к выбору материала и аппретирующего состава, обеспечивающих необходимые функциональные и защитные свойства.

2. Разработана водоотталкивающая композиция на основе силана и хлорпарафина, придающая материалу повышенные значения краевого угла

смачивания (на 32–39%); водоупорность (на 80–93 %); огнестойкость (на 100–120%) за счет формирования модифицирующего слоя на поверхности целлюлозных волокон.

3. Установлен механизм закрепления водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на целлюлозосодержащих текстильных материалах, заключающийся в фиксации продуктов гидролиза аминопропилтриэтоксисилана на метилольных группах целлюлозы, а также закреплении хлорпарафина путем нуклеофильного замещения хлора аминогруппой силана, а также процессами физической адсорбции.

4. Установлено, что целлюлозосодержащие текстильные материалы, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина обладают выраженными фунгицидными и антибактериальными свойствами, а также улучшенной устойчивостью комплекса свойств к эксплуатационным воздействиям и стирке.

5. Разработаны подходы к усовершенствованию технологии получения водоотталкивающих текстильных материалов для универсальной рабочей одежды с улучшенными огнезащитными свойствами, воздухопроницаемостью и гигиеническими характеристиками, включающей применение отделочной композиции на основе силана и хлорпарафина.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы заключается в раскрытии закономерностей влияния водоотталкивающей пропитки на основе силана и хлорпарафина на свойства текстильных материалов и установлении механизма закрепления композиции на целлюлозосодержащих материалах.

Практическая значимость работы заключается в том, что:

1. Разработана экспериментальная методика обработки текстильных материалов водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина.

2. Установлены технологические параметры обработки текстильных

материалов водоотталкивающей композицией, обеспечивающие устойчивые гидрофобные и огнезащитные свойства: водная композиция содержит 50 ± 5 г/л силана марки А-1100, 25 ± 5 г/л хлорпарафина марки ХП-470; пропитка ткани осуществляется при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, сушка – при температуре $110\text{ }^{\circ}\text{C}$, термофиксация – при температуре $140\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3. Получены водоотталкивающие текстильные материалы для универсальной рабочей одежды, обработанные композицией на основе силана и хлорпарафина, обладающие повышенной водоупорностью, огнестойкостью, фунгицидными и антибактериальными свойствами.

4. Усовершенствована технология производства текстильных материалов с водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина для универсальной рабочей одежды, обеспечивающая улучшение эксплуатационных свойств.

Результаты диссертационной работы успешно прошли производственные испытания и внедрены в АО «Казанский химический научно-исследовательский институт» (г. Казань).

Проведена оценка экономической целесообразности промышленного производства разработанного материала. Ожидаемый экономический эффект от внедрения составляет 12 197 952 руб. в год при объеме производства 576 000 пог. м в год.

Объекты и методы исследований.

В качестве объектов исследования выбраны: целлюлозосодержащий текстильный материал «Саржа» из 100% хлопка, саржевого переплетения, арт. Ц4098 производства ООО «Балтийский текстиль», г. Санкт-Петербург; целлюлозосодержащий текстильный материал «Брезент» из смесового сырья (60% хлопок, 40% лен) полотняного переплетения, арт. 11135 производства ООО «ТканиТЕКС», г. Иваново; аминопропилтриэтоксисилан марки А-1100 и g-глицидилоксипропилтриметоксисилан марки А-187 производства ООО «Пента-91», г. Москва; парафин хлорированный марки ХП-470, АО

«КАУСТИК», г. Волгоград. В качестве аналогов для проведения сравнительного анализа использовали следующие материалы: «Саржа-240» из 100% хлопка, саржевого переплетения с ВО пропиткой, ООО «Балтийский текстиль», г. Санкт-Петербург; «Премьер Cotton 250» из 100% хлопка, саржевого переплетения с ВО пропиткой, ГК «Чайковский текстиль», г. Чайковский; «Канвас» из 100 % хлопка, саржевого переплетения с ВО пропиткой, Китай; «Брезент» из 60% хлопка, 40% льна, полотняного переплетения с ВО пропиткой, ООО «Балтийский текстиль», г. Санкт-Петербург.

Для исследования показателей комплекса свойств водоотталкивающих текстильных материалов (ВТМ) использовались стандартные и специальные методики. Водоупорность определяли по ГОСТ Р 51553-99, водопоглощение по ГОСТ 3816-81, испытания при удлинении и сопротивление материалов раздиру – по ГОСТ 3813-72, измерение напряжения электрического поля – по ГОСТ 32995-2014, огнестойкость – по ГОСТ Р 12.4.200-99, гигроскопичность и влагоотдачу – по ГОСТ 3816-81, определение паропроницаемости – по ГОСТ 22900-78, исследование воздухопроницаемости – по ГОСТ ISO 9237-2013, определение антибактериальной активности – по ГОСТ Р ИСО 2074–2012.

В рамках исследования структуры и физико-химических свойств компонентов, входящих в состав ВТМ использованы следующие аналитические методики: ИК-Фурье спектроскопия, конфокальная лазерная сканирующая микроскопия, комплексный дифференциальный термический анализ (ТГ-ДТГ-ДТА).

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Концепция создания универсальной рабочей одежды с улучшенными эксплуатационными свойствами, обеспечивающей защиту от комплекса производственных факторов.
2. Методика получения текстильных материалов, обработанных с водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина.

3. Результаты экспериментальных исследований влияния водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на значения показателей эксплуатационных свойств текстильных материалов.

4. Механизм закрепления водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на текстильном материале.

5. Технология производства текстильных материалов, обработанных водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Достоверность полученных результатов и выводов обеспечена проведением испытаний по утвержденным методикам, регламентированным ГОСТ и использованием высокоточного современного оборудования для измерения физико-химических свойств, а также сопоставлением полученных результатов с известными теоретическими и экспериментальными данными других авторов. Анализ экспериментальных данных проводился с помощью методов математической статистики и программного обеспечения «Statistica 10.0».

Апробация работы и публикации. Результаты работы обсуждались на: 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых «Молодежь и наука: шаг к успеху» (Курск, 2019); Международной научно-практической конференции «Текстильная химия: традиции и новации-2019» (Иваново, 2019); Всероссийской научно-технической конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности» (Казань, 2019); XVI, XVIII, XIX, XX Всероссийской научно-практической конференции с элементами научной школы для студентов и молодых ученых «Новые технологии и материалы легкой промышленности» (Казань, 2020, 2022-2024); E3S Web of conferences «2020 Topical problems of agriculture, civil and environmental engineering, tracee 2020» (Москва, 2020); XIII International scientific conference «Architecture and

construction 2020» (Новосибирск, 2020); Международной научно-практической конференции «Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы» (Омск, 2022); I Всероссийской научной конференции с международным участием «Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности» (Казань, 2023); Всероссийском молодежном конкурсе ЛЕГПРОМНАУКА, проводимом в рамках XXVII МНПФ SMARTEX и проекта «Акселератор молодой науки легпрома» (Иваново, 2024); VII Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии» (Иваново, 2024).

Личный вклад автора заключается в последовательном выполнении ключевых этапов исследования: формулировании целей и задач, подборе и обосновании методик, проведении экспериментальных работ, а также анализе, интерпретации, обработке и обобщении экспериментальных данных. На основе полученных результатов разработаны практические рекомендации по производству ВТМ, обработанных ВО композицией на основе силана и хлорпарафина. Основные выводы исследования опубликованы автором в ведущих отечественных научных журналах.

Публикации. Результаты работы отражены в 22 печатных работах, в том числе в 6 статьях, входящих в перечень научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, в 3 статьях в научных журналах, индексируемых международной базой данных Scopus, остальные – в материалах конференций различного уровня.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений. Работа изложена на 187 страницах машинописного текста, содержит 50 рисунков и 24 таблиц. В тексте приведены ссылки на 195 литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлено обоснование актуальности темы диссертационной работы, поставлена цель и определены задачи для ее достижения, представлены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, приведена структура диссертационной работы.

В первой главе представлен обзор современного состояния рынка средств индивидуальной защиты и дана систематизация отраслей экономики, видов профессиональной деятельности и соответствующих вредных производственных факторов. Проведён анализ современных водоотталкивающих целлюлозосодержащих текстильных материалов, используемых для изготовления рабочей одежды, и их основных эксплуатационных характеристик. Рассмотрены современные способы гидрофобизации в текстильной промышленности и оценка их эффективности и экономической целесообразности. Подробно проанализирована гидрофобная отделка целлюлозосодержащих тканей с использованием кремнийорганических соединений, в том числе механизмы их взаимодействия с волокном и влияние технологических параметров на формирование устойчивого гидрофобного слоя. На основе проведенного анализа сформулированы основные цели и задачи диссертационного исследования.

Во второй главе обоснован выбор объектов исследования и подробно изложены методики их испытаний: приведены подходы к определению защитных и эксплуатационных свойств водоотталкивающих текстильных материалов. Описаны инструментальные методы и оборудование для анализа состава и микроструктуры образцов. Представлены статистические методы обработки экспериментальных данных.

В третьей главе представлены экспериментальные исследования, включающие оптимизацию состава и технологии обработки текстильных материалов водоотталкивающей (ВО) композицией на основе силана и

хлорпарафина, а также оценка влияния ВО композиции на защитные характеристики текстильных образцов. Изучено влияние ВО композиции на основе силана и хлорпарафина на эксплуатационные и защитные свойства материалов. Выявлен механизм взаимодействия ВО композиции с волокнами текстильных материалов и микроструктурой материалов, обеспечивающий устойчивость гидрофобных свойств.

В четвертой главе на основе экспериментальных данных сформулированы технологические рекомендации по производству ВТМ, обработанных ВО композицией на основе силана и хлорпарафина. Проведён комплексный расчёт экономической эффективности внедрения данной технологии, включающий оценку затрат, рентабельности и сроков окупаемости производства нового вида водоотталкивающих текстильных материалов.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ

В настоящей главе проведен анализ современного состояния рынка рабочей одежды, предназначенной для защиты от общих вредных производственных факторов. В рамках исследования произведена классификация рабочей одежды по различным отраслям экономики, рассмотрены современные водоотталкивающие текстильные материалы, ассортимент которых позволяет выявить основные тенденции и инновации в данной области. Изучены традиционные и современные способы гидрофобизации и методы получения водоотталкивающих материалов.

1.1 Анализ современного состояния рынка легкой промышленности и классификация рабочей одежды для защиты от общих вредных производственных факторов

Лёгкая промышленность является важным сектором экономики России, объединяющим несколько ключевых отраслей, включая текстильную, швейную, кожевенную, меховую и обувную. Данные отрасли играют важную роль в производстве товаров, востребованных как на внутреннем, так и на внешнем рынках, и имеют значительное влияние на различные секторы экономики государства. Поэтому развитие лёгкой промышленности рассматривается как стратегический ресурс для стимулирования экономического роста и обеспечения национальной безопасности страны [1].

С началом глобальной пандемии COVID-19 в 2020 году мир столкнулся с беспрецедентными изменениями, которые оказали существенное влияние на международную экономику. Лёгкая промышленность, как и многие другие сектора, подверглась серьёзным испытаниям. Пандемия затронула не только крупные корпорации, но и малый и средний бизнес [2].

Первоначальный кризис проявился особенно остро в среде производителей и поставщиков продукции, которые зависели от импортного сырья и комплектующих. Это вызвало значительное снижение темпов производства, сокращение объемов импорта и экспорта товаров, а также падение продаж и как следствие, доходов [3].

Тема будущего легкой промышленности России стала особенно актуальной в 2022 году, когда введение ограничительных санкций и массовый уход иностранных производителей привели к значительным трудностям в импорте технологического оборудования, специализированных химических средств и комплектующих, необходимых для организации производственного процесса. В результате возникла высокая зависимость в текстильной и швейной промышленности РФ от импортного сырья, технологий и оборудования, что усугубило падение объемов производства: в 2022 году – в 4,3 раза, а в 2023 году – в 4 раза по сравнению с предыдущим периодом. В частности, число новых вязаных и трикотажных чулочно-носочных изделий сократилось на 34% по сравнению с предыдущим годом. Производство меховых изделий уменьшилось на 17%, сегмент кожаных изделий и товаров из кожи сократился на 14%. Также стоит отметить, что ассортимент одежды сократился на 12%, что указывает на сокращение разнообразия предлагаемых моделей и типов продукции [4, 5].

Важно подчеркнуть, что подавляющее большинство новых производств, около 75%, представляют собой малые частные предприятия, которые сталкиваются с особыми трудностями в условиях рыночной нестабильности. Данная ситуация подчеркивает необходимость поддержки производителей для восстановления ассортимента и объемов производства в условиях изменяющегося рынка. Поэтому для отечественного рынка изделий легкой промышленности возникла необходимость сосредоточить внимание на развитии собственного производства [6].

На рисунке 1.1 представлена схема, описывающая ключевые проблемы, препятствующие развитию лёгкой промышленности в РФ.



Рисунок 1.1 – Ключевые проблемы, препятствующие развитию лёгкой промышленности в РФ

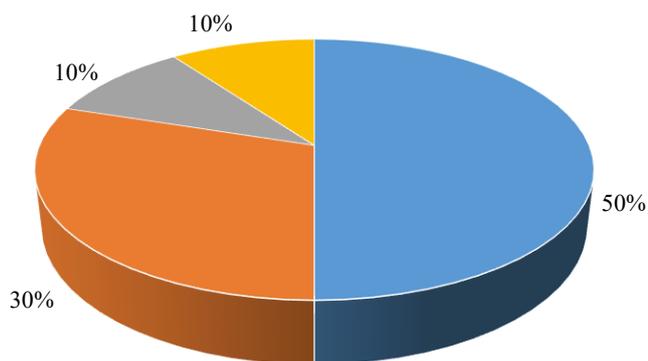
По данным рисунка 1.1 можно сделать вывод о том, что современное состояние лёгкой промышленности России требует комплексного подхода к решению ряда ключевых проблем, а также разработки необходимых стратегических рычагов для обеспечения устойчивого роста и максимального использования появляющихся возможностей, включая механизмы государственной поддержки, инновационные технологии и адаптацию к изменениям на рынке. Тщательный анализ этих вызовов и оптимизация существующих процессов помогут создать прочную основу для развития отрасли в будущем. Изыскивая пути решения описанной проблемы, следует отметить, что лишь небольшая часть предприятий получает государственную помощь. В то же время компании, работающие в сфере гособоронзаказа и производства специальной экипировки, находятся в более выгодном положении, чем предприятия, ориентированные на потребительский сегмент, которые сталкиваются с недостаточной поддержкой. В условиях кризиса им

особенно необходимы программы масштабной государственной поддержки, направленные на развитие инновационной деятельности и стимулирование импортозамещения [7].

К мерам государственной поддержки можно отнести стимулирование бизнеса в ключевых для государства отраслях и реализацию политики диверсификации [8], что включает внедрение различных форм поддержки, таких как долгосрочные и доступные кредитные продукты для предприятий, налоговые льготы и субсидии на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Также важно обеспечить доступ к экономически эффективной аренде производственных площадей. Такие меры помогут стимулировать предпринимательскую активность и создать новые рабочие места, что, в свою очередь, будет способствовать укреплению экономики и развитию лёгкой промышленности в России [8, 9].

Вышеописанные проблемы, связанные с состоянием лёгкой промышленности в России, напрямую затрагивают и рынок средств индивидуальной защиты (СИЗ). Убытки, вызванные недостаточным уровнем государственной поддержки и замедлением роста производства, оказывают негативное влияние на данный сегмент, отвечающий за безопасность и сохранение здоровья работников в различных сферах деятельности.

В настоящее время в РФ производят: рабочую одежду (включающую в себя одежду, используемую на производственных предприятиях, в строительстве и в других областях), защитную одежду (изолирующего, фильтрующего и комбинированного типов), форменную одежду (включающую в себя специализированную одежду, используемую в сфере здравоохранения, общественного питания и обслуживания, а также в других специфических отраслях) и обувь специального назначения [10]. Объём выпуска СИЗ по перечисленным сегментам, представлен на рисунке 1.2.



■ рабочая одежда ■ защитная одежда ■ форменная одежда ■ обувь специального назначения

Рисунок 1.2 – Объем выпуска средств индивидуальной защиты по сегментам

По данным рисунка 1.2 видно, что наибольший объем производства отмечается в сегменте производства рабочей одежды. Данное обстоятельство связано с тем, что в условиях современной политической ситуации предприятия увеличили объемы производства в ответ на возросшие потребности, что, в свою очередь, обусловлено ростом численности рабочей силы. Поэтому спрос на рабочую одежду значительно вырос, и задача по разработке качественной рабочей одежды стала особенно актуальной. Тем не менее доля легкой промышленности в общей экономике страны остается невысокой и составляет всего порядка 3%.

На сегодняшний день в РФ различные отрасли экономики охватывают широкий спектр профессий, каждая из которых предъявляет особые требования к рабочей одежде в связи с разнообразием производственных факторов (ПФ). Так, например, в промышленных секторах работники подвергаются рискам воздействия химических загрязнителей, механических травм и высоких температур; на строительных площадках сталкиваются с разнообразием вредных факторов, таких как строительная пыль, механические воздействия и высокие шумовые нагрузки; в сельском хозяйстве присутствуют биологические загрязнения и химические риски, связанные с

использованием пестицидов и гербицидов; в службе коммунального хозяйства работники взаимодействуют с различными видами отходов и могут испытывать биологическое и химическое загрязнение [11-13].

Разнообразие встречающихся ПФ влечет за собой необходимость использования различных материалов для рабочей одежды, что, в свою очередь, приводит к увеличению материальных затрат на ее производство. В условиях современных экономических реалий, когда оптимизация расходов становится ключевой задачей для большинства предприятий, чрезмерные затраты на специальные материалы могут оказаться экономически неоправданным для предприятия. Поэтому актуален поиск рациональных решений, которые позволят достичь необходимого уровня безопасности и защиты работников при одновременной минимизации финансовых затрат, что требует разработки универсальных подходов и технологий в производстве материалов для рабочей одежды.

Таким образом, целесообразно разработать общую классификацию, которая включает в себя соответствия и требования для реализации концепции универсальной рабочей одежды (УРО), позволит выявить укрупненные сферы деятельности и возникающие вредные производственные факторы (рисунок 1.3).

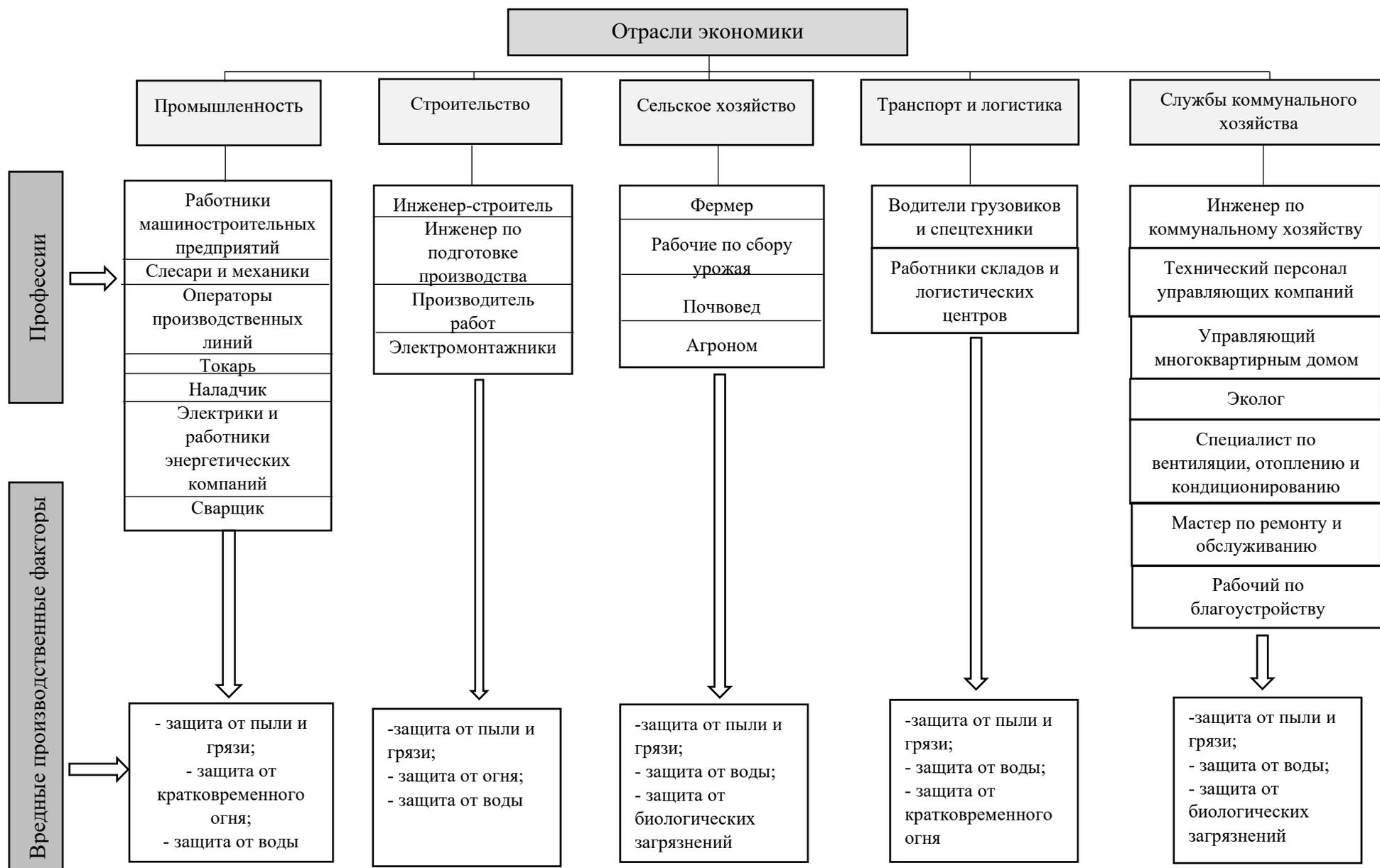


Рисунок 1.3 – Систематизация отраслей экономики, профессиональной деятельности и соответствующих факторов производства

Составление схемы классификации сфер деятельности и связанных с ними вредных производственных факторов (рисунок 1.3) позволило получить четкое представление о специфических рисках и требованиях, касающихся использования рабочей одежды в различных профессиональных областях. Данная классификация выявила ключевые аспекты, которые следует учитывать при разработке универсальной рабочей одежды. Кроме того, она дает представление о возможности более детально рассмотреть каждую сферу деятельности и соответствующие ей ПФ. Такой подход не только гарантирует безопасность и защиту здоровья работников, но и способствует улучшению условий труда, повышению производительности и общей удовлетворённости сотрудников. Экономическая значимость разработки одного вида рабочей одежды для различных предприятий заключается в том, что УРО снижает затраты на проектирование и производство, хранение и обслуживание различных комплектов.

Таким образом, создание УРО, адаптированной к разнообразным условиям труда и рискам, становится важным шагом в обеспечении эффективной защиты работников, соблюдении стандартов безопасности на современном производстве и повышении общей экономической эффективности предприятия. В конечном итоге такой подход не только будет способствовать защите здоровья сотрудников, но и позволит существенно укрепить положение компании на рынке, обеспечивая ее конкурентоспособность и стабильность.

Проектирование УРО представляет собой процесс решения комплексной задачи, включающей выбор материалов, технологий их обработки и разработку эргономичной конструкции, что позволяет создать продукт, способный удовлетворить потребности работников различных сфер деятельности. Учитывая необходимость адаптации рабочей одежды к специфическим условиям применения, создание таких решений, как специализированные текстильные материалы с водоотталкивающими и защитными свойствами, становится приоритетным направлением в области разработки эффективных средств защиты. Одним из ключевых преимуществ УРО является способность

соответствовать специфическим требованиям к одежде в разных профессиональных областях при сокращении ассортимента существующих материалов на каждый вид рабочей одежды для различных сфер деятельности.

Основным требованием к материалам для УРО являются обеспечение водоотталкивающих свойств. Данные характеристики особенно важны, поскольку работники различных отраслей промышленности сталкиваются с необходимостью контакта с водой, погодными условиями и повышенной влажностью на отдельных производственных участках. Помимо водоотталкивающих характеристик, материал также должен обладать низкой электризуемостью. Данное требование обусловлено тем, что на некоторых предприятиях, где работают с легковоспламеняющимися веществами, минимизация электростатического напряжения становится критически важной для предотвращения возникновения искр и потенциальных возгораний. Материал также должен обладать высокой устойчивостью к кратковременному воздействию огня, что связано с различными производственными факторами и условиями труда. Данная характеристика играет ключевую роль в обеспечении дополнительной защиты работников, гарантируя их безопасность в ситуациях, связанных с потенциальным возникновением открытого пламени.

Немаловажным аспектом является также наличие соответствующих гигиенических свойств УРО. В ряде отраслей, таких как текстильная промышленность, на определенных этапах производства в помещениях может наблюдаться высокая температура воздуха и повышенная влажность. Перечисленные условия требуют использования материалов, которые обеспечивают комфорт, способствуют отведению влаги из пододежного слоя и не создают дискомфорта для работников.

Совокупность перечисленных требований составляет фундаментальную основу для разработки эффективной и безопасной УРО, адаптированной к разнообразным специфическим условиям промышленного производства. УРО должна обеспечивать комплексную защиту работников, включая надежное водоотталкивающее покрытие, низкий уровень электризуемости, устойчивость к

кратковременному воздействию огня и соответствие санитарно-гигиеническим стандартам, что способствует поддержанию комфортных условий труда и высокой работоспособности сотрудников в условиях повышенной температуры и влажности. Представленные критерии определяют приоритет выбора натурального сырья, в частности, целлюлозосодержащих волокон, обладающих природной антистатичностью и положительными гигиеническими свойствами, что обеспечивает их оптимальное применение в целях разработки УРО.

1.2 Современные водоотталкивающие целлюлозосодержащие текстильные материалы, предназначенные для производства рабочей одежды, обеспечивающей защиту от общих производственных факторов

Анализ современного состояния рынка водоотталкивающих текстильных материалов (ВТМ) показывает, что внедрение инновационных технологий, обеспечивающих специальные свойства материалов, является одним из ключевых направлений развития текстильной и лёгкой промышленности. Данные технологии должны соответствовать современным требованиям безопасности, комфорта и функциональности. Востребованность ВТМ напрямую связана с ростом цен на сырьё, изменениями в потребительских предпочтениях и влиянием глобальных экономических условий, что, в свою очередь, отражает уровень развития экономики и различных секторов промышленности [14-17].

Негативные последствия влияния глобальных экономических и политических кризисов, в частности, санкции оказали значительное влияние на производство ВТМ. Данные изменения затронули не только Россию, но и всю мировую индустрию текстильной промышленности, что привело к увеличению цен на сырьё и дефициту высококачественных компонентов, необходимых для производства ВТМ [18-25].

Современный рынок текстильных материалов характеризуется высоким уровнем инноваций и активным внедрением новых технологий, что обусловлено растущими требованиями потребителей к функциональности и защитным

свойствам текстильных материалов. В последние годы наблюдается значительный интерес к ВТМ, которые обеспечивают защиту от влаги, грязи и других негативных факторов окружающей и производственной среды. Данные материалы находят широкое применение в различных областях, включая производство рабочей одежды, спортивной экипировки, а также в производстве текстильных материалов для автомобильной промышленности, строительной отрасли и туризма [26-35].

В данном разделе представлен обзор текущего состояния рынка ВТМ с акцентом на основные направления развития, инновационные технологии и факторы, формирующие спрос и предложение в этой сфере, рассматриваются современные научные исследования, и анализ конкурентоспособности различных решений, использующих технологии для придания материалам водоотталкивающих свойств.

В настоящее время в области проектирования и производства рабочей одежды используют различные материалы как зарубежных, так и отечественных производителей.

Английская корпорация «Carrington» производит материалы под маркой «Tombo», которые представляют собой ткани саржевого переплетения с волокнистым составом 65% полиэстера и 35% хлопка, предназначенные для изготовления корпоративной формы, форменной одежды и спецкостюмов. Основными достоинствами этих материалов являются высокая износостойкость и формоустойчивость, что позволяет им длительно сохранять первоначальный внешний вид и функциональные характеристики даже при интенсивной эксплуатации [36-37]. Кроме того, ткани «Tombo» обладают хорошими водоотталкивающими свойствами благодаря специальной обработке, что делает их пригодными для использования при различных погодных условиях. Тем не менее, недостатком является низкая воздухопроницаемость по сравнению с чисто хлопковыми тканями, что может вызывать дискомфорт носчика при высоких температурах воздуха и физической активности. Высокое содержание

полиэстера в составе материала приводит к повышенной электризуемости, что ограничивает их применение.

Материал «Грета», производимый белорусской компанией «Моготекс», состоит из 49% полиэстера и 51% хлопка и применяется в производстве рабочей одежды. Синтетические волокна обеспечивают материалам высокую устойчивость к механическим повреждениям, разрывам и истиранию, что позволяет сохранять их свойства и внешний вид даже после многократных стирок и активной эксплуатации. Эти волокна создают барьер для воды и других жидкостей, что делает материал «Грета» водоотталкивающим. Использование натуральных волокон в производстве материала обеспечивает гипоаллергенные свойства и исключает раздражение кожи. Материал «Грета» сохраняет цвет и форму в течение длительного времени. Недостатками материала являются низкая воздухопроницаемость и возможность повышения влажности пододежного пространства. Кроме того, синтетические волокна могут накапливать статическое электричество. Из-за особенностей производства материал имеет ограниченный выбор цветов и рисунков [38].

Итальянская компания «Kloran» занимает одну из ведущих позиций в Европе в сфере разработки и производства текстильных материалов для специальной и рабочей одежды. Ассортимент включает в себя, прежде всего, смесовые ткани на основе полиэстера и хлопка, а также материалы из волокон Tencel. При этом к недостаткам данных тканей можно отнести заметную усадку после стирки, ограниченную эластичность структуры материала, а также сравнительно высокую стоимость, что может сдерживать их широкое промышленное применение [39, 40].

Американская компания «WESTEX» разработала специализированную технологию получения защитных текстильных материалов на основе хлопковых волокон с водоотталкивающей пропиткой, предназначенных для использования в средствах индивидуальной защиты работников энергетической, сварочной, металлургической и нефтегазовой отраслей. Однако для данных тканей характерны повышенная сминаемость и недостаточная стойкость окраски, что

требует дополнительной финишной обработки специальными химическими препаратами. Указанные модификации могут сопровождаться повышенным риском развития нежелательных кожных реакций у пользователей [41,42].

Американская компания «ХМ Textiles™» производит хлопковые ткани для специальной одежды, модифицированные нитрилсодержащим водоотталкивающим покрытием, предназначенным для защиты от влаги, загрязнений и неблагоприятных метеорологических факторов. Такие материалы отличаются гладкой поверхностью, повышенными прочностными показателями, удовлетворительной стойкостью окраски и длительным сопротивлением износу в процессе эксплуатации [43].

Текстильная компания «Gorina» является одним из ведущих поставщиков материалов для форменной одежды. Продукция компании отличается высоким качеством, износостойкостью и долговечностью, что гарантирует надёжную эксплуатацию форменной одежды в течение длительного времени. К недостаткам относится низкая воздухопроницаемость и защита от влаги, что негативно сказывается на комфорте пользователя при высокой физической активности [44].

Китайская компания «OKS Poly Co., Ltd.» производит брезенты, отличающиеся высокой прочностью и плотностью, что обеспечивает надёжную защиту от неблагоприятных внешних условий. Данный вид материала справляется с воздействием влаги, ультрафиолетового излучения и механических повреждений, что делает его идеальным для использования в различных сферах. Недостатки: высокая стоимость и необходимость специальных методов хранения для предотвращения повреждений при длительном использовании [45].

Материалы серии «Канвас» (Canvas) зарекомендовали себя на рынке как широко используемые текстильные решения для различных целей в зависимости от поверхностной плотности материала. Данные материалы массово производятся компанией «Ningbo Yizheng Textiles Co., Ltd.» (Китай). В ассортименте компании представлены ткани из 100% хлопка, льна, а также

смесовые варианты с синтетическими волокнами. Особенностью материалов является наличие защитных покрытий, в том числе водоотталкивающих и огнестойких. Одним из главных преимуществ является их конкурентная стоимость по сравнению с изделиями других зарубежных производителей [46].

Следовательно, одним из существенных недостатков большинства зарубежных текстильных материалов для рабочей одежды выступает обширное использование полимерных соединений, потенциально оказывающих негативное влияние на состояние здоровья пользователей. Помимо этого, удорожание указанных материалов обусловлено высокими затратами на химические обработки (около 40%), привлечением дорогих природных ресурсов и дополнительными расходами, связанными с логистическими операциями и оформлением таможенных процедур при импорте в Российскую Федерацию (до 16%) [47-50].

Отечественным лидером по производству тканей для рабочей, профессиональной, специальной и форменной одежды является ГК «Чайковский текстиль». Компанией для защиты работников предлагаются материалы линейки «Премьер» [51], данные материалы содержат различные смесовые и хлопковые волокна. Так, например, материал под маркой «Премьер Стандарт 250» с водоотталкивающей пропиткой состоит на 65% из хлопка и на 35% из полиэстера, что обеспечивает высокую прочность и износостойкость, обладает хорошей воздухопроницаемостью и терморегуляцией, материал сохраняет цвет и форму даже после многократных стирок. К недостаткам относятся повышенная электризуемость, потенциально низкие гигиенические свойства по сравнению с чисто хлопковыми материалами и возможная усадка при неправильном уходе. В целом «Премьер Стандарт 250» является универсальным вариантом для различных условий эксплуатации, но важно учитывать ограничения его применения. В ассортименте линейки представлены текстильные материалы марки «Премьер Cotton 250», изготовленные из 100% хлопка с саржевым переплетением и водоотталкивающей пропиткой (ВО). Данные материалы относятся к классу защиты от общих производственных факторов, обеспечивая

защиту работников от механических повреждений, загрязнений и влаги, и соответствуют всем предъявляемым требованиям к рабочей одежде [52].

Компания ООО «Балтийский текстиль» предлагает широкий ассортимент защитных материалов для рабочей одежды, в том числе следующие группы: «Балтекс-1», используемый для изготовления корпоративной одежды в различных отраслях экономики; «Марк», применяемый при пошиве специальной, рабочей и форменной одежды, предназначенной для сфер деятельности, связанных с риском загрязнения и неблагоприятными климатическими условиями; «Палатка», предназначенная для пошива туристической одежды или «Престиж», используемый для производства профессиональной форменной одежды. Особый интерес представляет смесовая ткань «Престиж», которая отличается высоким содержанием хлопка и использованием синтетической нити на лицевой стороне. Такое сочетание повышает физико-механические, эстетические свойства материала, а хлопок на изнаночной стороне обеспечивает улучшенные гигиенические характеристики. Кроме того, в ассортименте компании представлены материалы из 100% целлюлозы, такие как «Саржа-240» и «Брезент» с водоотталкивающей отделкой. Эти материалы обладают высокой прочностью, устойчивостью к механическим повреждениям, отличной воздухопроницаемостью и гигиеническими свойствами, что делает их надёжным выбором для защиты от внешних факторов и обеспечивает комфорт при эксплуатации [53, 54].

ООО «ТЕКС-ЦЕНТР» предлагает материал серии «СПЕКТР» [55]. Материал широко используется для изготовления специальной и рабочей одежды в строительной, нефтеперерабатывающей, химической и других отраслях промышленности. Для улучшения эксплуатационных и потребительских свойств ткани серии «СПЕКТР» имеют двухстороннюю структуру. На лицевой стороне преобладают синтетические нити, а на изнаночной – хлопчатобумажные. Это обеспечивает повышенную износостойкость при хороших гигиенических свойствах. Кроме того, ткани

выпускаются с различными видами отделок: водоотталкивающей, маслонепропускающей, кислотозащитной, грязеотталкивающей и др.

Среди ведущих российских производителей брезентовых текстильных материалов с полимерными пропитками следует отметить предприятия ООО «НПФ Фабитекс», «Фаворит-Текстиль» (г. Иваново) и ООО «ТканиТЕКС+» [56-58]. Научно-исследовательская лаборатория ООО «НПФ Фабитекс» (Иваново) разработала широкий спектр современных высокофункциональных текстильных материалов с комплексом защитных свойств, включая огнестойкость, термостойкость и морозостойкость, сохраняющиеся при температурах до минус 70 °С, а также барьерные свойства. На базе предприятия реализована отечественная технология огнезащитной дискретно-полимерной отделки хлопковых и полиэфирных материалов, позволяющая сочетать требуемый уровень огнестойкости с сохранением комфортных и гигиенических характеристик текстильных изделий. Такой подход исключает необходимость применения традиционных непрерывных огнеупорных пропиток и одновременно способствует повышению эксплуатационной надежности и долговечности материалов.

ООО «Владимирский текстиль» [59] представляет собой производственное объединение, в состав которого входят ОАО «Вязниковский льнокомбинат», ОАО «Меленковский льнокомбинат» и ООО «Волжский текстиль». Предприятия специализируются на выпуске льняных и полульняных брезентовых тканей, подвергаемых различным видам функциональной отделки, в том числе водоотталкивающей, огнезащитной и тропикостойкой. Указанные материалы широко используются для изготовления специальной, рабочей и производственной одежды для работников нефтегазовой отрасли, военнослужащих, сотрудников МЧС и МВД, а также специалистов, чья работа сопряжена с высоким риском (сварщиков, сталеваров, взрывотехников, пиротехников), в том числе для пошива перчаток и защитных курток типа макинтош.

Производство основано преимущественно на экологически чистых натуральных видах сырья и осуществляется в строгом соответствии с требованиями действующих государственных стандартов ГОСТ [57]. Барнаульский меланжевый комбинат (БМК Текстиль) является крупным предприятием текстильной отрасли в России и единственным производителем хлопчатобумажных тканей восточнее Уральской горной системы, организовавшим полный производственный цикл. Компания выпускает специализированные ткани для рабочей одежды, обладающие водоотталкивающими и огнезащитными свойствами [60]. Данные материалы широко применяются в производстве спецодежды для работников отраслей народно-хозяйственного комплекса, а также для сотрудников жилищно-коммунального хозяйства. Среди основных достоинств продукции можно выделить высокие санитарно-гигиенические свойства, прочностные и защитные характеристики.

Компания «Текстайм» специализируется на разработке высокотехнологичных тканей и материалов для спецодежды, а также для спортивной и специальной экипировки, предлагает широкий ассортимент материалов для средств индивидуальной защиты, в том числе огнестойкие и мембранные ткани, которые отличаются высоким качеством благодаря использованию современных технологий и соответствуют требованиям ГОСТ. Однако, в контексте производства универсальной рабочей одежды, предназначенной для защиты от нескольких производственных факторов, данный ассортимент имеет недостатки, так как не включает 100% натуральные материалы и отличается высокой ценой, что может ограничивать целесообразность его массового применения [61].

Компания «Ивановский меланжевый комбинат» осуществляет производство обширного спектра текстильных изделий различного назначения, включая ткани, применяемые в изготовлении унифицированной, специализированной и деловой одежды корпоративного стиля. В производстве используются как натуральные, так и смесовые ткани. В ассортимент продукции

входят такие материалы, как «Молескин» с огнестойкой пропиткой (ОП) с сатиновым переплетением, «Палатка» полотняного переплетения с ВО, а также бязь «Уводь», обработанная малосмываемым аппретом на основе термопластичных смол. Преимущества данных материалов заключаются в высокой износостойкости, защите от неблагоприятных условий эксплуатации [62].

Текстильные материалы отечественного производства, предназначенные для изготовления рабочей одежды, отличаются уникальными защитными характеристиками, превосходящими зарубежные аналоги. В текущих геополитических условиях, характеризующихся санкционными ограничениями и усложнившимися внешнеэкономическими отношениями, особое значение приобретает задача повышения конкурентоспособности отечественной продукции через совершенствование ее качественных параметров.

Современные подходы включают внедрение передовых технологий обработки, таких как нанотехнологические и прогрессивные отделочные процессы, направленные на стимулирование развития высокопроизводительных отраслей и обеспечение конкурентных позиций отечественных компаний как внутри страны, так и на международном рынке [63].

Анализируя рынок продукции, поставляемой зарубежными производителями, обнаруживаем ряд серьезных проблем. Основная из них – преобладание синтетических волокон, которые способны неблагоприятно воздействовать на организм пользователя. Помимо этого, при оценке иностранной продукции возникают проблемы, связанные с завышенной стоимостью товара, транспортными расходами и необходимостью соблюдения сложных таможенных процедур при доставке в Россию. В настоящее время выпускающиеся материалы не в полной мере удовлетворяют требованиям к защитным и эксплуатационным характеристикам рабочей одежды и соответствующим отраслевым стандартам. В связи с этим текстильные компании активизируют свои усилия по совершенствованию ассортимента универсальных текстильных материалов, применяя инновационные технологии

и пропиточные составы, производимые на территории России [64-68]. Поэтому, необходимость производства высококачественных и конкурентоспособных материалов для рабочей одежды является безусловной.

Анализ современного состояния рынка материалов для рабочей одежды, предназначенной для защиты от общих производственных загрязнений, показал, что используются материалы с различными смесовыми составами. Важно отметить, что присутствие синтетических волокон в таком материале может приводить к накоплению статического электричества, что противоречит концепциям разработки универсальной рабочей одежды. Данное становится особенно актуальным в некоторых отраслях промышленности, где существует риск взрыва из-за искр, возникающих от статического напряжения. В связи с этим целесообразно использовать рабочую одежду, изготовленную преимущественно из натуральных волокон. Одним из наиболее экономически выгодных вариантов являются материалы из 100% целлюлозных волокон. Тем не менее следует учитывать, что такие материалы по своей природе обладают гидрофильными свойствами, что может негативно сказаться на их эксплуатационных характеристиках. Таким образом, для соответствия современным требованиям материалы для рабочей одежды необходимо подвергать гидрофобизации.

1.3 Современные способы гидрофобизации материалов в текстильной промышленности

Одним из наиболее активно развивающихся направлений является создание материалов с водоотталкивающей пропиткой. В последнее время, значительно возрос интерес к изучению и разработке гидрофобных текстильных материалов [69].

Водоотталкивающие свойства важны для тканей различного назначения, например, для производства палаток, зонтов, плащей и специальной одежды. Одним из ключевых преимуществ нанесения водоотталкивающей пропитки на

ткани является способность сохранять фактуру, физические свойства, плотность и цвет исходного материала [70].

В текстильной промышленности применяются различные методы придания текстильным полотнам, имеющим разный состав, водоотталкивающих свойств с помощью гидрофобизирующих препаратов [71,72]. Гидрофобизирующие препараты можно разделить на две основные категории. Первая категория включает растворы, образующие эмульсии, которые наносятся на ткань методом погружения. При взаимодействии с влажной средой такие препараты остаются на поверхности материала, проникая в его поры и капилляры и заполняя их. В результате закрепления полимера на волокнах формируется полимолекулярное покрытие, обладающее высокой адгезией к материалу и придающее ему водоотталкивающие свойства. Вторая категория гидрофобизирующих составов включает разнообразные растворы, эффективность которых обусловлена более высоким поверхностным натяжением по отношению к воде. Поскольку сила адгезии между тканью и водой в этом случае равна нулю, когезионные силы воды приводят к образованию мелких капель, которые быстро скатываются с поверхности материала [73-77].

Традиционно наибольшее практическое применение в качестве гидрофобизаторов находят следующие препараты, представленные на рисунке 1.4.

Эмульсии парафинов и восков в сочетании с солями алюминия и циркония, такие препараты как «Аламин 520», «ПерсистолеЕ», «Перлит 40178», используются не только для создания водоотталкивающих, но и водонепроницаемых отделок текстильных материалов. На практике применяется двухванная технология осаждения мыла на ткань. Сначала на текстильный материал наносят раствор мыла, после чего его обрабатывают в другой ванне солью алюминия. В результате происходит обменная реакция, формирующая нерастворимую гидрофобную пленку. Основными недостатками является нестабильность гидрофобной пленки при эксплуатации или стирке; ухудшение

воздухопроницаемости материалов; использование парафинов и восков может вызывать экологические проблемы, связанные с их биоразлагаемостью и возможными загрязнениями; ограниченная совместимость с волокнистым составом текстильных материалов [78].

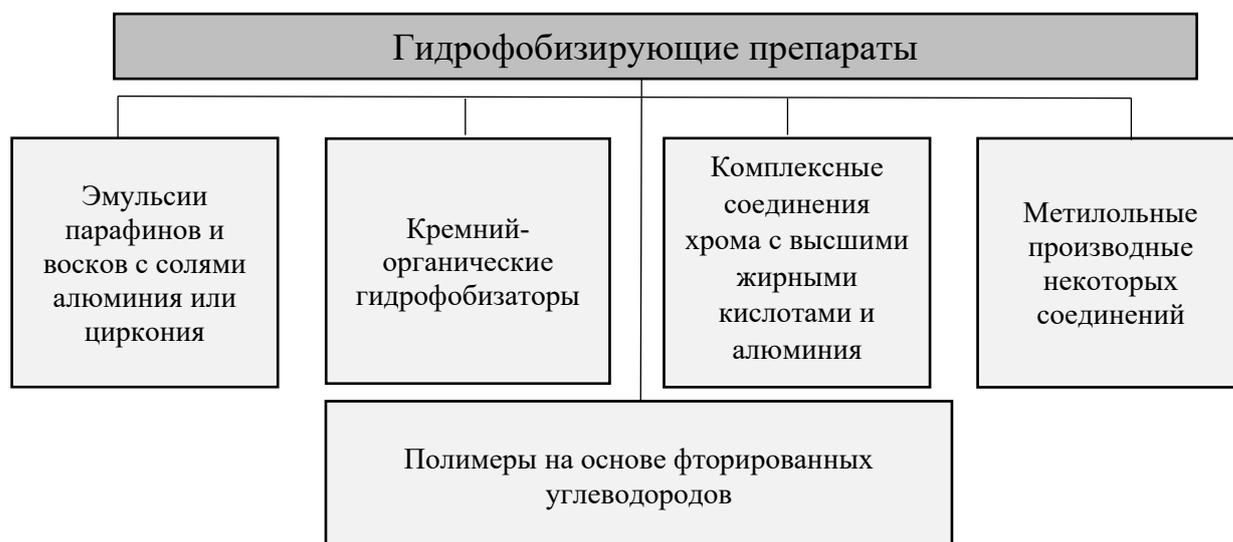


Рисунок 1.4 – Традиционные химические соединения для формирования гидрофобной поверхности текстильных материалов

Метод получения водоотталкивающих свойств текстильных материалов с использованием комплексных соединений хрома с высшими жирными кислотами и алюминия («Хромолан», «Импермин G») представляет собой перспективную технологию для создания эффективных защитных покрытий [78]. Данный подход основывается на образовании стабильных композитов, которые обеспечивают гидрофобные характеристики тканей. Комплексные соединения хрома, взаимодействуя с высшими жирными кислотами, такими как олеиновая или пальмитиновая, способствуют образованию органических пленок на поверхности текстильных материалов [79]. Пленки снижают смачиваемость материалов, что является важным показателем водоотталкивающих свойств. Заполнение волокон хромсодержащими соединениями обеспечивает хорошую адгезию и прочность покрытия, что, в свою очередь, увеличивает долговечность функциональных свойств. Включение алюминия как одного из компонентов

позволяет улучшить механические свойства образующихся покрытий и их устойчивость к внешним воздействиям. Алюминиевые соединения усиливают гидрофобный эффект и создают дополнительный защитный барьер, препятствующий проникновению влаги. Преимущества данного метода включают долговечность обработанных материалов и высокую эффективность в условиях различных климатических воздействий. Однако, несмотря на эти достоинства, технология требует специализированного оборудования и может привести к увеличению производственных затрат [80-83]. Комплексные соединения хрома и алюминия в настоящее время выводятся из производства в связи с их негативным влиянием на экологию.

Препараты «Фоботекс ФТЦ», «Аламин С», «Байгард АFF», «AG-4000» на основе метилольных производных некоторых соединений обладают хорошей устойчивостью к изменению температуры и воздействию различных химических веществ, что делает их оптимальными для обработки тканей, требующих защиты от влаги и загрязнений [78]. Остатки высших жирных кислот обеспечивают дополнительную масляную гидрофобность, увеличивая общий защитный эффект материала. Недостатки: материалы требуют особых условий применения, например, строгого соблюдения температурного режима при нанесении, что может увеличить стоимость и продолжительность технологического процесса, не устойчивы к стирке.

В качестве альтернативного подхода к приданию водоотталкивающих свойств текстильным материалам широкое распространение получили кремнийорганические модификаторы, в том числе гидрофобизирующие кремнийорганические жидкости (ГКЖ). Данные соединения способны химически фиксироваться на поверхности волокон, формируя стойкий гидрофобный слой без существенного ухудшения воздухопроницаемости и паропроницаемости текстильной структуры.

Для гидрофобной отделки особенно востребованы полиалкилсилоксаны и полиалкилгидросилоксаны (марок ГКЖ-94, ГКЖ-94М, ГКЖ-13), обеспечивающие длительный водоотталкивающий эффект. Использование

кремнийорганических соединений при финишной обработке тканей позволяет не только повысить их водоотталкивающие свойства, но и одновременно улучшить износостойкость и биостойкость материалов [78].

Полимеры на основе фторированных углеводов, препараты: ЛФМ-3, ЛРМ-Н, «Скотчгард», «Нува», образуют прочные химические связи с волокнами, что обеспечивает высокую степень устойчивости материалов к влаге и загрязнениям [78]. Фторсодержащие соединения обладают высоким уровнем электроотрицательности, что приводит к образованию прочных связей между атомами фтора и углерода, создавая в структуре неполярные зоны, и уменьшает силы взаимодействия между молекулами воды и поверхностью ткани. В результате образуется гидрофобная пленка, которая препятствует проникновению влаги в материал. При обработке текстильных волокон фторсодержащими соединениями происходит проникновение химического аппрета в структуру ткани в процессе заключительной отделки материалов. Покрытие улучшает водоотталкивающие свойства за счет создания щадящего барьера, который не позволяет каплям воды адсорбироваться на поверхности волокон [84].

Фторсодержащие соединения характеризуются рядом недостатков, среди которых выделяются высокие экономические затраты и технологическая сложность их применения. Эти модификации эффективно растворяются в органических растворителях, таких как уайт-спирит, трихлорэтилен, тетрахлорэтилен, перхлорэтилен и бензин, что способствует достижению оптимальных характеристик покрытий [85]. Тем не менее, значительное негативное воздействие на окружающую среду вызывает потребность перехода к экологически безопасным технологиям, основанным на применении водных эмульсионных систем и дисперсий. Основная проблема заключается в ограниченной совместимости фторорганических препаратов с водой, вследствие чего в промышленных процессах обработки волокон используют водные суспензии, включающие эмульгаторы и стабилизирующие добавки. Этот подход

сопровождается загрязнением обрабатываемых поверхностей и ухудшением адгезионных свойств формируемых пленочных структур [86].

Важно подчеркнуть, что указанные соединения обладают способностью аккумулироваться в экосистемах и живых организмах, представляя угрозу здоровью населения.

Для разработки устойчивых и эффективных покрытий проводятся работы по улучшению существующих препаратов и созданию новых. В последних публикациях швейцарской компании «Клариант» [87], одного из мировых лидеров в текстильной химии, представлены новые фторсодержащие препараты для гидро- и олеофобной отделки под названием «Нува» [88]. Данные показывают, что использование этих препаратов придаёт тканям отличные водо- и маслоотталкивающие свойства, однако они дорогостоящие и требуют высоких концентраций (20–40 г/л).

Цель исследования [89] заключалась в разработке методов повышения водоустойчивости материалов на основе полиамида, полиэстера и хлопково-полиэстеровых композиций посредством нанесения покрытий, содержащих дисперсии 3-глицидоксипропилтриэтоксисилана, алкилтриалкоксисилана и фторпроизводных полисилоксанов. Экспериментально установлено, что уровень гидрофобизации возрастает пропорционально увеличению концентрации алкилсиланов и удлинению углеродной цепи молекул модификаторов. Максимальные показатели устойчивости к проникновению влаги достигнуты использованием покрытий на основе гидрофобизированных полисилоксанов и фторзамещенных силанов, примером которых является гексадецилсилан. Дополнительно проведен детальный анализ полимеризационных процессов сополимеров метилметакрилата и фторалкилметакрилатов, выявивший прямую корреляционную связь между содержанием атомов фтора и уровнем статической гидрофобности сформированной полимерной пленки, оказывающей влияние на подвижность жидких частиц на обработанной поверхности.

В Американском патенте [90] представлен состав для финишной обработки текстильных материалов, основным компонентом которого выступает

полимер, обладающий двумя или большим числом карбоксильных функциональных групп, пространственно ориентированных таким образом, чтобы формировать стабильные пяти- либо шестичленные циклические структуры ангидрида. Помимо этого, указанный полимер дополнительно обогащён полностью или частично фторированными функциональными группами, дополняющими композицию ангидридным катализатором и мягким гидрофобным агентом, имеющим эластомероподобную природу. Гидрофобные группы включают разнообразные мономеры, олигомеры или полимеры, полученные из изопрена, хлоропрена, бутадиена, этилена, изопропилена, этиленоксида, изобутилена, пропилена, полидиметилсилоксана, а также сополимеры стирола и бутадиена. Полученный продукт предназначен для поверхностной обработки нитей, тканей и нетканых полотен, наделяя их комплексом ценных эксплуатационных качеств, таких как повышенная мягкость, выраженная гидрофобность, стойкое сопротивление воздействию масел, увеличенное противодействие износу и сопротивляемость эффекту пиллинга.

В исследовании [91] авторами в качестве модифицирующего агента использован фторсодержащий силан N-[3-(триэтоксисилил)пропил]-2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,7-тридекафторгептанамид. Нанесение этого агента из сверхкритической углекислоты, за которым следует термообработка, позволяет обеспечить текстильным материалам устойчивые гидро- и олеофобные свойства. Исследователи подчеркивают, что изменение температуры технологического процесса оказывает существенное влияние на формирование гидрофобных свойств поверхности, которое обусловлено совокупностью двух ключевых факторов: существованием обратимых межфазных связей между фторсодержащими олигомерными структурами и подложкой, а также возможностью переориентации фторированных фрагментов внутри надмолекулярной организации материала.

В патенте [92] представлен уникальный состав для создания гидрофобных покрытий с высокими значениями краевого угла смачивания. Данный состав

включает различные сочетания растворов, среди которых основным компонентом первой композиции является фторуглеродный силан, применяемый в концентрации от 0,1 до 10% от общей массы. Вторая композиция состоит из минеральной кислоты в объёме от 1 до 10% и деионизированной воды в количестве от 5 до 25%. Метод получения покрытия включает смешивание вышеупомянутых композиций и их нанесение на поверхность изделия, а также возможность последовательного нанесения каждой из композиций. Результатом этого процесса является достижение значительных углов смачивания с высокой скоростью формирования гидрофобного слоя без необходимости дополнительной термической стабилизации после обработки субстрата. Однако, следует отметить, что такие покрытия обладают низкой механической прочностью и устойчивостью к механическим повреждениям, а также требуют наличия в составе перфторированных поверхностно-активных веществ.

В патенте [93] представлены различные типы изделий и материалов с водоотталкивающими свойствами, таких как газодиффузионные слои, газовые сенсоры, хроматографические колонки, молекулярные сита и оптические линзы, а также элементы, изготовленные из ткани или бумаги. Гидрофобное покрытие наносится на участки шероховатых и пористых поверхностей или на элементы сложной формы. Получение гидрофобного покрытия осуществляется путём нанесения на различные поверхности и использования различных соразтворителей, таких как вода, спирт или алифатические, перфторированные и органические растворители, в зависимости от конкретного применения.

В изобретении [94] разработан метод, позволяющий наделять волокнистый материал водоотталкивающими свойствами, а также охарактеризованы полученные гидрофобные материалы. Процесс включает пропитку волокна суспензией, содержащей наночастицы гидрофобного компонента и цианоакрилат в органическом растворителе, с последующей сшивкой цианоакрилата. В предложенном способе используются два варианта: в первом варианте применяется алкилцианоакрилат с алкильной цепью длиной от 1 до 8 атомов углерода, во втором варианте гидрофобный компонент выбирается

среди фторированных полимеров, природных или синтетических восков, полимеров или сополимеров α -олефинов, циклоолефинов и полимеров полиметилсилоксана. Однако, раствор для обработки ткани остаётся нестабильным.

Патент [95] посвящен методу получения и создания гидрофобного покрытия с использованием кремнийорганических сополимеров в качестве модификаторов. Главным техническим результатом является разработка новых сополимеров, которые производятся с соблюдением технологических требований, гидрофобное покрытие, созданное с их помощью, характеризуется высокими эксплуатационными характеристиками и простотой производства. Однако данный метод не подходит для промышленной обработки тканей, поскольку требует сушки на воздухе в течение нескольких часов.

Авторами [96] предложен метод получения нетканых текстильных материалов с сорбционными и гидрофобными свойствами с использованием олигоэтоксисилоксанов. Данное изобретение касается технологии создания нетканых текстильных материалов для очистки воды от нефтепродуктов. Процесс включает пропитку волокна спиртовым раствором или водной эмульсией, содержащей 0,5-10,5% олиго(3-аминопропил)(октил)этоксисилоксана, с последующей сушкой на воздухе и иглопробиванием. Чтобы зафиксировать олигоэтоксисилоксан на поверхности волокон, проводится термообработка при температуре 100-140 °C в течение 5-10 минут. В результате такого подхода нетканый материал демонстрирует высокие прочностные характеристики, а также хорошие сорбционные свойства, намокаемость и промокаемость. Однако к недостаткам этого метода следует отнести низкую скорость обработки.

В публикациях [97, 98] рассматриваются современные зарубежные разработки коллоидных наноразмерных препаратов, демонстрирующих многофункциональность и обеспечивающих одновременное достижение эффектов гидрофобизации, стабилизации эмульсий, улучшения окрашивания тканей, придания требуемого внешнего вида (грифа) и повышение

долговечности изделия в процессе эксплуатации. Ключевыми компонентами указанных препаратов служат наночастицы фторорганических и аминокислосиликоновых эмульсий.

В исследовании [99] рассматривается улучшение гидрофобных свойств целлюлозных материалов путем нанесения полимера, содержащего парафин в боковых участках полимерной цепи, на поверхности материалов. Для снижения гидрофильности целлюлозы к базовому материалу присоединены 2-этилгексилакрилат и 2-этилгексилметакрилат посредством одновременной прививки. В результате этой обработки зафиксировано уменьшение разбухания образцов при уровне прививки 40%. Введение в структуру атомов фтора, обладающих небольшими атомными радиусами и высокой электроотрицательностью, способствует значительному снижению поверхностной энергии, что делает фторированные полимеры особенно привлекательными для научных исследований. Однако из-за низкой растворимости многих фторированных материалов они часто не применяются в чистом виде, а используются в результате их присоединения или смешивания с другими материалами, для которых модификация поверхности осуществляется более легко для достижения эффекта гидрофобности.

Группа ученых провела исследования [100], посвященные применению фторсодержащих гидрофобизаторов – трифторэтиловых эфиров жирных кислот, полученных в результате модификации растительных масел, таких как касторовое, пальмовое и соевое, через их гидролиз 2,2,2-трифторэтанолом. В рамках работы авторами сделан вывод о получении высоких гидрофобных характеристик на хлопчатобумажных тканях, при этом модифицированное пальмовое масло продемонстрировало наилучшие свойства среди исследуемых образцов. Эффективность аппрета сохраняется даже после пяти циклов стирки.

В исследовании [101] авторами разработан метод формирования супергидрофобного покрытия на хлопковой ткани с помощью сополимера глицидилметакрилата и лаурилметакрилата. После обработки ткани раствором сополимера и последующей термообработки формируется прочное ковалентное

соединение с поверхностью ткани, обеспечивающее высокие показатели гидрофобности: контактный угол с водой достигает 160° спустя 25 часов контакта и сохраняется на уровне 154° после 120 часов экспозиции.

Несмотря на научные разработки по созданию новых гидрофобизаторов для отделки текстильных материалов, коммерческие препараты занимают стабильную нишу в данном сегменте рынка. Ведущие зарубежные химические компании (Rudolf Chemicals, Huntsman, BASF, СНТ Bezema и др.) предлагают целый ряд гидрофобизаторов, пользующихся спросом, при этом не раскрывая их химического состава. Одними из наиболее часто применяемых гидрофобных препаратов являются Tubicoat HP 27 (СНТ Bezema, Германия), Rucostar DDD (Rudolf Chemicals, Германия) и Oleophobol ZSR (Huntsman, США) [102-104].

Tubicoat HP 27 представляет собой фторсодержащее средство, обеспечивающее превосходную гидрофобизацию тканей, включая хлопок и синтетические волокна. Оно создает защитное покрытие, предотвращающее проникновение воды, с сохранением воздухопроницаемости материала и устойчивостью к многократным стиркам.

Rucostar DDD – препарат с комбинацией активных ингредиентов, обеспечивающий защиту от влаги и загрязнений для как натуральных, так и синтетических текстильных волокон. Он обладает высокой устойчивостью к механическому воздействию, что делает его подходящим для использования в производстве рабочей и технической одежды.

Oleophobol ZSR сочетает гидрофобные и олеофобные свойства, формируя прочный защитный слой на ткани. Этот препарат активен против масел и загрязнений, что делает его оптимальным для специализированной одежды [105].

Таким образом, анализ научных исследований и коммерческих препаратов в области водоотталкивающих пропиток показал, что значительно улучшаются характеристики материалов, обеспечивая необходимые свойства текстильным материалам в зависимости от конкретного применения, и тем самым занимает ключевое место в процессе отделки текстильных изделий.

Положительным результатом ряда исследований являются высокие показатели углов смачивания, отличные механические характеристики. Кроме того, отмечены простота и экономичность методов обработки.

Некоторые исследователи указывают на сложность реализации таких технологий в промышленных масштабах из-за необходимости использования специализированного оборудования. В других исследованиях отмечается вероятность снижения прочностных характеристик (прочность на разрыв и раздир), а для достижения более высоких результатов потребуется дополнительное оборудование. Наконец, некоторые разработки могут оказаться совершенно непригодными для применения в текстильной промышленности. Таким образом, существующие разработки не обеспечивают полного раскрытия темы и требуют дальнейших исследований [106].

Важным обстоятельством является то, что использование зарубежных препаратов связано с высокими затратами и вызвано текущими экономическими санкциями, что делает их применение менее доступным для отечественных производителей. В связи с этим возникает необходимость разработки собственных отечественных гидрофобных средств, способных конкурентоспособно заменять импортные аналоги и удовлетворять потребности внутреннего рынка. Такие исследования могут не только снизить затраты, но и повысить устойчивость текстильной отрасли к внешним экономическим вызовам.

1.4 Гидрофобная отделка целлюлозосодержащих текстильных материалов с использованием кремнийорганических соединений

Гидрофобизация текстильных материалов используется с целью предотвращения их насыщения влагой, поскольку контакт водной среды с поверхностью приводит к ослаблению физико-механических характеристик полотна и стимулирует рост патогенной микрофлоры. Для уменьшения капиллярного поглощения влаги необходимо снизить удельную свободную

поверхностную энергию волокон до значений, значительно уступающих аналогичной характеристике увлажняющего агента. Реализация указанной задачи становится возможной благодаря внедрению в поверхностный слой материала специализированных гидрофобизирующих эмульсий, способствующих формированию устойчивого барьерного покрытия [107].

В роли гидрофобизирующих эмульсий целесообразно применять кремнийорганические соединения, характеризующиеся наличием активных функциональных группировок. Напротив, полиорганосилоксаны, лишённые таких реактивных центров и свободных атомов, неспособны сформировать эффективные гидрофобные защитные слои. Механизм гидрофобизации основывается на направленной хемосорбции гидрофобизирующего реагента на материале, сопровождающейся формированием упорядоченных монослоев или полимолекулярных образований. Поверхностные гидрофильные полярные фрагменты гидрофобизатора обращены внутрь субстрата, тогда как гидрофобные алкильные цепочки направлены наружу, контактируя с внешней средой, что обеспечивает снижение уровня гидрофильной активности обрабатываемой поверхности. Феномен превращения первоначально гидрофильного материала в гидрофобный, возникающий в результате адсорбционного взаимодействия с гидрофобизирующим веществом, именуется моментом инверсии смачивания.

Импregnация текстильных материалов кремнийорганическими соединениями представляет собой несложный технологический процесс, реализуемый как методом эмульсионного пропитывания, так и погружением в растворы силиконовых соединений, приготовленных на водной или органической основе. Использование растворов силиконовых смол в органических растворителях требует оснащённости специальными техническими средствами. Эмульсионный способ гидрофобизации является упрощённым вариантом и схож с традиционными методами заключительной отделки текстиля. Процедура обработки водными эмульсиями подразделяется на два основных этапа: нанесение состава (плюсование) и последующее

экстрагирование (замачивание материала в растворе определённое время для эффективного проникновения молекул силиконового препарата вглубь текстильного материала) [108].

Гидрофобизаторы из кремнийорганических соединений делятся на три группы:

- водорастворимые соединения;
- соединения, не входящие в реакцию с водой;
- соединения, входящие в реакцию с водой, образуя органосиланы, и преобразующиеся далее в органосилоксаны [108].

Первая категория водорастворимых соединений представлена натриевыми органосиликонатами $\text{RSi}(\text{OH})_2\text{ONa}$, многоатомными спиртами, этилцеллюзой и алкоксипроизводными метилов. Среди них особое внимание уделяют метилсиликонатам, винилисиликонатам, этилсиликонатам и алкилсиликонатам натрия [109].

Вторую категорию составляют полиорганогидросилоксаны и полиорганосилоксанола, которые не вступают в реакцию с водой. Они демонстрируют хорошую растворимость в органических средах, таких как бензол, уайт-спирит, ацетон, метиленхлорид и спиртовые растворы [110].

Третью группу формируют органосиланы, отличающиеся наличием специфичных функциональных групп у атома кремния, обозначаемые общей формулой $\text{R}_n\text{SiX}_{4-n}$, где – X может представлять алкоксигруппу, атом галогена, ацилоксигруппу и прочие аналоги. В данную классификационную подгруппу включены также алкилгидросилоксаны, характеризующиеся присутствием функциональных групп $\text{R}_n\text{SiHX}_{3-n}$, а также полиалкилсилазаны, легко подверженные процессу гидролиза.

Кремнийорганические соединения подразделяются на мономеры и олигомеры. Первые фиксируются на волокнах посредством химического связывания, вторые удерживаются силами физической сорбции [111].

Среди водорастворимых солей алкилсиланов важное место занимают алкилсиликонаты натрия, относящиеся к классу мономерных

кремнийорганических соединений. Их существенным недостатком является высокое значение рН, достигающее 13. Уменьшение щелочной реакции раствора добавлением уксусной кислоты провоцирует выпадение осадка, негативно отражающегося на эффективности гидрофобизирующей композиции. Ассортимент гидрофобизаторов на основе кремнийорганических соединений, доступный как на отечественном, так и на зарубежном рынках, является весьма разнообразным. Основные виды препаратов представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные гидрофобизирующие препараты на основе кремнийорганических соединений применяемые в текстильной промышленности

Наименование препарата	Страна производителя	Применение	Специфические свойства
1	2	3	4
А-4, ГКЖ-1, ГКЖ-94, ГКЖ-94М и др.	Россия	Для текстильных материалов (хлопок, синтетика)	Обеспечивают высокие показатели краевого угла смачивания, что указывает на выраженные гидрофобные характеристики и инертность к воздействию влаги за счет полимерных цепей
ПМС-200, 300, 400, ПМС-200А и др.	Россия	Для материалов спортивной и активной одежды	Формируют на поверхности тканей прочные гидрофобные пленки с низким коэффициентом поверхностного натяжения, что предотвращает капиллярное поднятие влаги и сохраняет «дышащие» свойства
ПЕНТА®	Россия	Для материалов защитной рабочей одежды	Обладают способностью повышать водоотталкивающую эффективность благодаря образованию трехмерных структур, которые препятствуют адгезии молекул воды к текстурным волокнам
Ucelon F, Ucelon ST, Ucelon 696, Ucelone ET	Бельгия	Для натуральных и синтетических материалов	Содержат фторсодержащие полимеры, формирующие низкий показатель поверхностной энергии, что позволяет значительно снижать смачиваемость и загрязняемость тканей.

Окончание таблицы 1.1

1	2	3	4
MS-148, M-471, M-476, M-492, MS-2202, MS-2212, MS-2238, DP-2262, F-132	Великобритания	Для материалов функциональной одежды и outdoor-активностей	Обеспечивают высокую гидрофобность и олеофобность, обеспеченные архитектурой полимерных цепей, что предохраняет ткани от воздействия как воды, так и масел
Rhodorsil 10606, Rhodorsil 10809	Франция	Для материалов защитной рабочей одежды	Способствуют образованию водоотталкивающих пленок за счет силиконовых групп, увеличивающих механическую прочность и устойчивость к смачиваемости.
Persistol	Германия	Для материалов защитной рабочей одежды	Обладают способностью формировать прочные и долговечные гидрофобные покрытия, что увеличивает срок службы текстильных материалов, а также стойкость к механическим повреждениям.

Отечественные препараты А-4, ГКЖ-1, ГКЖ-94, ГКЖ-94М и др. представляют собой кремнийорганические соединения, содержащие цепочки полисилоксанов, которые обеспечивают водоотталкивающие свойства. Их химическая структура включает атомы кремния (Si) и кислорода (O), которые формируют прочные связи, что способствует образованию гидрофобных пленок на поверхности текстильных материалов [112].

Полиметилсилоксановые жидкости ПМС-200, ПМС-300, ПМС-400, ПМС-200А и др. являются производными полиметилсилоксана, с молекулярной формулой $(C_2H_6OSi)_n$. Они содержат длинные цепочки кремний-кислородных полимеров, которые образуют гидрофобные покрытия. Полимеры обладают хорошей стабильностью и устойчивы к влиянию внешней среды [113].

Препараты серии ПЕНТА® состоят из сложных полимеров, модифицированных противозагрязняющими добавками. Химический состав может включать как органические, так и неорганические компоненты, придавая материалам высокие гидрофобизирующие свойства [114].

Композиции Ucelon F, Ucelon ST, Ucelon 696, Ucelone ET содержат помимо кремнийорганических соединений, фторированные полимеры, которые обеспечивают отличные гидрофобные и олеофобные свойства. Фторированные соединения в структуре помогают снизить поверхностное натяжение, что приводит к созданию гидрофобного эффекта [115].

Гидрофобизаторы MS-148, M-471, M-476, M-492, MS-2202, MS-2212, MS-2238, DP-2262, F-132 содержат различные полимерные соединения, такие как акрилаты, метакрилаты, а также кремнийорганические компоненты, что способствует улучшению защиты от влаги и загрязнений [116,117].

Препараты Rhodorsil 10606, Rhodorsil 10809 основаны на полисилоксанах и содержат функциональные группы, которые обеспечивают высокую степень гидрофобизации. Химически активные группы, такие как силиконовые или фторированные, усиливают защитные свойства текстильных материалов [116].

Гидрофобизатор Persistol имеет в своем составе кремнийорганические полимеры, которые формируют прочные и устойчивые к влаге пленки на поверхности текстильных материалов, обеспечивая долговечность и водоотталкивающие свойства [117].

Каждый из представленных гидрофобизаторов, обладающих специфическими физико-химическими свойствами и уникальной молекулярной архитектурой, играет значимую роль в текстильных технологиях, обеспечивая эффективную защиту материалов от воздействия воды и загрязнения. Применение данных веществ способствует существенному улучшению функциональных характеристик текстильных изделий, что делает их незаменимыми в производстве специализированных и высокотехнологичных видов одежды.

Исследовательские работы сосредоточены на изучении перспективных возможностей применения кремнийорганических олигомеров и олигоалкилгидросилоксанов в текстильной отрасли в качестве высокоэффективных гидрофобизаторов. Важнейшей особенностью рассматриваемых соединений является их абсолютная нерастворимость в водной

фазе. Решение вопроса доступности данных соединений для технологических операций реализуется путем включения поливинилового спирта в качестве активного эмульгатора. Технологическая процедура гидрофобизации предусматривает обработку текстильных материалов водными эмульсиями, состоящими из кремнийорганических ингредиентов с концентрацией 2–6%, последующую стадию сушки в интервале температур 70–110 °С и финальную термоактивацию при температурах 140–170 °С продолжительностью 3–5 минут. Результатом описанной процедуры является формирование на поверхности материала высокопрочного покрытия, прочно ассоциированного с поверхностью волокон за счёт явлений физической адсорбции. Индукция процесса полимеризации олигомерных структур облегчается возникновением специфических водородных связей вблизи атомов кремния в ходе высокотемпературной обработки.

Ведущую роль в функционировании гидросилоксанов исполняют водородные связи, критичным образом влияющие на эксплуатационные характеристики применяемых реагентов. Проведённые экспериментальные исследования подтверждают факт, что максимальные гидрофобные свойства достигаются на текстильных изделиях при сохранении доли атомов водорода в диапазоне 0,7–0,9%. Выход за пределы указанного интервала приводит к качественному изменению гидрофобных характеристик обработанных материалов: превышение концентрации увеличивает водоотталкивающий эффект, тогда как падение концентрации водорода ниже порогового уровня резко снижает эффективность гидрофобизации.

Улучшение гидрофобных свойств растворов с низким содержанием водорода достигается путем введения алкоксигрупп непосредственно в состав препарата. Например, высоким гидрофобизирующим эффектом обладает аппрет олигометил(этил)этоксигидридсилоксан (ПЕНТЭМ) [118], который демонстрирует значительное повышение защитных свойств текстильных материалов.

Текстильные материалы, подвергнутые обработке гидросилоксаном, демонстрируют снижение гидрофобных характеристик после стирки, однако сам аппрет сохраняется на поверхности материала. После термообработки текстильных материалов происходит восстановление гидрофобных свойств материала. Обуславливается такое изменение тем, что в щелочной среде происходит реакция образования силанолов. Резкое снижение водоотталкивающих свойств после стирки объясняется образованием ОН-группы (гидрофильной группы). Восстановление водоотталкивающих свойств материалов происходит при термической обработке за счет процесса конденсации по силанольным группам [119].

Сохранение стойкости отделки материала кремнийорганическими соединениями к различным родам воздействиям достигаются использованием катализаторов. По данным различных авторов в качестве катализаторов выступают органические соли олова, циркония, титана, свинца [120, 121]. Например, при использовании органической соли титана наблюдается присоединение с одной стороны с полисилоксаном, с другой с поверхностью волокна.

Для упрощения технологической схемы (одновременное крашение и гидрофобная отделка) обработки текстильных материалов разработано соединение на основе органоалкоксисилана, органического растворителя, азокрасителя и динитрилазоизомасляной кислоты. Рассматриваемое химическое соединение обладает ограниченностью сферы применения и предназначено преимущественно для обработки материалов, изготовленных из полиэфирных, полиамидных и ацетатных волокон. Его внедрение в технологию аппретирования обеспечивает заметное улучшение устойчивости окрашенных поверхностей к фотодеструкции и механическим воздействиям сухого и влажного трения [122].

Одними из наиболее универсальных и действенных гидрофобизирующих агентов признаны олигоалкилгидросилоксаны и олигометил(этил)гидросилоксаны. Их ключевое преимущество заключается в

возможности обеспечить текстильным материалам повышенные гидрофобные характеристики даже при сравнительно низких температурах термоактивации.

Кроме того, разработан альтернативный подход к созданию гидрофобных текстильных материалов, исключая стадию термообработки [123]. Данный метод предполагает поэтапное выполнение двух этапов, включающих взаимодействие с органическими растворителями:

1. Стадия предварительной обработки, осуществляемая с использованием алкиламиносилана.
2. Стадия обработки полиметил(этил)гидросилоксановой жидкостью с последующим этапом сушки при комнатной температуре (20°C) в течение от 10 до 30 минут.

Такой подход рекомендуется для широкого спектра текстильных материалов, включая натуральные и синтетические волокна, и позволяет добиться повышенной стабильности покровного слоя к воздействиям влажной химической среды.

Придание гидрофобного эффекта материалам в основном зависит от параметров обработки. Обработка хлопчатобумажных материалов пропиткой на основе полиэтилгидросилоксана в перхлорэтилене повышает гидрофобный эффект на 20 % при обработке перегретым паром в процессе запаривания по сравнению с обработкой в водной среде.

Зарубежом в качестве гидрофобной отделки используют водные эмульсии (на основе метил-, этилгидрополисилоксанов) [124-126]. Описанный в немецком патенте [124] метод отделки текстильных материалов позволяет образовать гидрофобную поверхность материала с такими характеристиками как водопоглощение 8-10 %, водоотталкивание 90 усл.ед.). Для экономичного расхода силиконовых аппретов предложена замена их на 30-65% на окисленный полиэфир. С помощью такой обработки материалы могут противостоять влаге и растворителям, сохраняя прочность и воздухопроницаемость.

Исследование [127] описывает новый подход к закреплению гидрофобизирующих агентов на текстильных поверхностях материалов,

предусматривающий фиксацию наносимого аппрата с помощью ультрафиолетового излучения. Результаты эксперимента подтвердили сопоставимую эффективность данного метода с классическими технологиями гидрофобизации.

Анализ современной патентной базы, касающейся методик гидрофобизации текстильных материалов, демонстрирует преобладающее распространение способов, основанных на применении комбинаций полигидридсилоксанов с поливинилсилоксановыми составляющими [128-130]. Например, одним из перспективных примеров служит композиция, включающая диорганополисилоксан, имеющий винильные группировки, совместно с органогидридсилоксаном в органическом растворителе. Согласно источнику [130], данная технология предполагает проведение двухступенчатой обработки полиэфирных и полиамидных материалов. Первый этап включает предварительное покрытие материалом, содержащим смесь диметилполисилоксанов, имеющих в своем составе атомы кремния, в органическом растворителе. Следующим шагом выступает реакция с раствором полиизоцианатного соединения (смеси толуилендиизоцианатов, диазосодержащего этилацетата в трихлорэтилене, триметилпропана). Подобная последовательность процедур позволяет достичь желаемого уровня водоотталкивания даже после многократных стирок (до 70–80 %), сохраняя высокий коэффициент воздухопроницаемости и долговечность материалов.

Большое количество научных исследований посвящено гидрофобным отделочным составам на основе полиорганосилоксанов [131-134]. Наибольшее признание получили составы на основе полиорганобутоксисилоксанолов с разнообразными каталитическими системами [131]. Практическое применение таких составов, совмещённых с предварительным конденсатом меламина- или мочевиноформальдегидных смол, характерно для целлюлозосодержащих текстильных материалов, позволяя получать материалы с высокими показателями гидрофобности (уровень водопоглощения достигает всего 39 %, водоупорность варьируется в пределах 175–200 мм.вод.ст.).

Для модифицирования материалов из полиамида, полиакрилонитрила и хлопка с целью придания антистатичности, безусадочности и водоотталкивания применяют хлорсодержащие метилполисилоксановые жидкости [134]. Положительный результат наблюдается при содержании хлора в растворе 20-22 мас. %. Одним из основных параметров обработки является сильнощелочная среда. Использование метода обработки материалов из синтетических волокон придает им формоустойчивые, водостойкие и антистатические свойства. Для хлопчатобумажных материалов, помимо перечисленных выше показателей, разработанный метод позволяет обеспечить такие характеристики, как безусадочность и несминаемость.

Авторами патентов [135-137] для придания текстильным материалам помимо гидрофобных и олеофобных характеристик, предложена смесь из фтор- и кремнийсодержащих продуктов. Полисилоксаны с различными функциональными группами используют в качестве кремнийорганического агента, а вместо фторсодержащего – кремний-фторорганические соединения или агент с перфторалкильными группами.

В работах [138, 139] разработана пропитка на основе олигомера силанов с фторалкильными концевыми группами. Данный метод используется для придания гидрофобных свойств целлюлозным текстильным материалам. Авторами установлено снижение поверхностной энергии целлюлозных волокон на 3 мДж/м², которое происходит за счет олигомеров с концевыми группами C₃F₇. Снижение поверхностной энергии на 10-20 мДж/м² достигается олигомерами с более длинными концевыми перфторалкильными группами.

Толуольные растворы гексил-, полиизобутил-, изопропилсилазанов придают высокие гидрофобные характеристики капроновым и шерстяным материалам. Исследования показывают, что использование данного препарата для хлопчатобумажных и льняных тканей не повышает устойчивость покрытия к многократным стиркам. Препараты ГКЖ-8 и ГКЖ-16 (силазановые жидкости) обладают повышенной реакционной способностью, которые определяются быстротой полимеризации раствора на материалах. Значительным недостатком

данных гидрофобизирующих препаратов является содержание большого количества органических растворителей.

Авторами [140] исследовано применение полиалкилсилазанов с высшими алифатическими радикалами в качестве гидрофобизирующего препарата для текстильных материалов при различных условиях: влияние термообработки на гидрофобные свойства, применение растворов в виде водных эмульсий или в органических растворителях, проведение синтеза в толуоле и бензине. Материалы, обработанные силазанами приобретают высокую водоупорность (160-180 мм вод.ст.) без этапа термообработки. Установлено, что вид растворителя не имеет никакого значения в придании гидрофобных свойств материалу. Некоторое повышение в показателе водоупорности возможно при нагревании обработанных материалов при 100 °С в течение 10 мин. Однако исследования показали, что пропитка не устойчива после стирки. Также следует отметить, что при применении полиалкилсилазанов в качестве гидрофобизаторов, наилучшие результаты получены при обработке в виде водных эмульсий. Так, для гидрофобизации хлопчатобумажных материалов пропитками из полиизобутил- и полиизононилсилазанов последние могут быть использованы по несложной схеме обработки. Модификацию материалов проводят в водных эмульсиях при концентрации 0,5-2,0 % и сушке в сушильных агрегатах при 90-100 °С. При данной отделке хлопчатобумажных материалов обеспечиваются высокие гидрофобные свойства и устойчивость к стиркам.

Авторами [141] предложено добавлять эмульсию эфира кремневой кислоты к соединению полиорганосилоксана с двумя концевыми гидроксильными группами (соотношение составляет 5:1). Данное соединение разработано для модификации текстильных материалов из натуральных и смешанных волокон.

Авторами [142] отмечается некоторое улучшение гидрофобизирующих свойств олигосилоксанов после введения в их структуру длинноцепочных жирных алифатических радикалов, связанных с атомами кремния через оксиметиленовые фрагменты. Разработанные препараты как в виде растворов,

так и в виде водных эмульсий обладают повышенной гидрофобизирующей способностью по сравнению с промышленным полиэтилгидросилоксаном.

В работе [143] представлено исследование формирования супергидрофобных поверхностей на хлопчатобумажных материалах и гидрофобных поверхностей на полиэфирных текстильных материалах. Методика включает золь-гель процесс, основанный на гидролизе и последующей конденсации тетраэтоксисилана (TEOS) в щелочной среде, с последующей химической модификацией поверхности гидролизированным гексадецилтриметоксисиланом. Полученные результаты демонстрируют значительное повышение гидрофобности: угол контакта с водой достигает 155 град. для хлопковых и 143 град. для полиэфирных образцов, что свидетельствует об эффективности предложенного метода в создании водоотталкивающих текстильных материалов.

В исследовании [144] предложен метод создания гидрофобных текстильных материалов посредством золь-гель технологии с одновременной модификацией гидрофильными и гидрофобными компонентами. В качестве гидрофобных модификаторов использовались алкоксисиланы, функционализированные алкильными цепями, а в качестве гидрофильных – алкоксисиланы с аминогруппами. Максимальный показатель угла смачивания, достигнутый на обработанных текстильных материалах, составил 151 град., что указывает на успешное формирование гидрофобной поверхности посредством контролируемой модификации золь-гелевого покрытия.

В работе [145] исследована модификация текстильных материалов с целью придания им гидрофобных свойств посредством комбинированного использования золя диоксида кремния (SiO_2) и перфтороктилированного четвертичного аммонийсиланового связующего агента. Установлено, что наночастицы диоксида кремния увеличивают шероховатость поверхности ткани, в то время как связующий агент, содержащий перфтороктилированные группы, способствует снижению свободной энергии поверхности. В результате такой обработки наблюдалось значительное улучшение гидрофобных характеристик:

угол контакта с водой возрастал со 133 град. для хлопчатобумажных тканей, обработанных только связующим агентом, до 145 град. при предварительной обработке силикагелем.

В исследовании работе [146] также сообщается об успешном создании гидрофобных хлопчатобумажных тканей с показателем угла смачивания более 130 град. Авторами разработана методика получения супергидрофобных материалов путем комбинированного применения наночастиц диоксида кремния, синтезированных золь-гель методом, и экономичного водоотталкивающего агента, состав которого не сообщается.

В ряде исследований [147-152] рассматривалось получение гидрофобных покрытий на отбеленных хлопчатобумажных тканях с использованием золь-гель метода. В работе [147] получены покрытия SiO_2 золь-гель методом из модифицированного гидрозоль SiO_2 . В качестве модификаторов использовались додецилбензолсульфонат натрия, гидроксид аммония, метилтриметоксисилан и гексадецилтриметоксисилан. В результате аппретирования образцы, характеризующиеся полным растеканием воды по поверхности (угол смачивания 0 град.), приобретали выраженные гидрофобные свойства. В частности, в работах [148, 150] сообщается о достижении угла смачивания в 152 град., а в исследовании [152] значения углов смачивания находились в диапазоне 145–155 град.

Одним из подходов к формированию гидрофобных свойств на текстильных материалах является модификация поверхности с целью создания определенной шероховатости или формирования иерархических микро- и наноструктур. В работе [151] сообщается о получении супергидрофобного хлопчатобумажного текстиля с двойной иерархической структурой, сформированной путем осаждения частиц диоксида кремния (SiO_2), синтезированных полимеризацией тетраэтилортосиликата по методу Штебера, с последующей гидрофобизацией стеариновой кислотой. В результате данной обработки исходно гидрофильные образцы приобретали супергидрофобные

свойства, демонстрируя угол смачивания до 168 град., а после дополнительной обработки стеариновой кислотой – до 170 град.

В работе [153] предложен альтернативный метод формирования гидрофобных поверхностей путем распыления раствора на основе нанопорошка SiO_2 на текстильные материалы. Полученные покрытия обеспечивали гидрофобный характер поверхности с углами смачивания в диапазоне от 126 до 146 град.

Ассортимент кремнийорганических агентов, направленных на придание текстильным материалам гидрофобных свойств, неуклонно пополняется новыми разработками. Вместе с тем предъявляемые требования к современным гидрофобизаторам становятся всё более строгими: помимо обеспечиваемой ими эффективной водоупорности, они должны гарантировать сохранность исходных физико-механических характеристик текстильных материалов, проявлять достаточную стойкость к интенсивным бытовым нагрузкам, таким как многократные стирки, а также поддерживать необходимую степень открытости пор на поверхности материалов, поскольку первостепенную важность при создании качественной универсальной рабочей одежды имеют её высокие гигиенические и физиологические показатели.

Высокие издержки производства гидрофобных текстильных материалов, широко востребованных в производстве рабочих костюмов, настоятельно требуют активизации дальнейших фундаментальных и прикладных исследований в сферах синтеза новых типов кремнийорганических соединений, модернизации существующих и разработки принципиально новых технологических подходов к производству текстильных материалов, обладающих уникальными характеристиками.

1.5 Задачи диссертации

Проведенный анализ научной литературы в области разработки ВТМ продемонстрировал значительную востребованность создания универсальной рабочей одежды, предназначенной для защиты от общих производственных

факторов (ОПФ). Основной особенностью этой одежды является возможность снижения разнообразия производимого ассортимента, что позволяет минимизировать затраты на производство и оптимизировать технологические процессы на предприятиях легкой и текстильной промышленности.

Современный рынок водоотталкивающих текстильных материалов, используемых для изготовления рабочей одежды с защитой от ОПФ, характеризуется широким ассортиментом продукции как отечественного, так и зарубежного производства. При этом, под ОПФ традиционно подразумевается защита преимущественно от влаги, загрязнений и пыли.

УРО обеспечивает защиту от негативных факторов, включая влагу, загрязнения, кратковременное воздействие пламени, при этом учитывая такие аспекты, как электризуемость материалов, и сохраняя высокие гигиенические характеристики. Данные выдвигаемые требования делают её эффективным решением для широкого спектра отраслей, включающий целый ряд отраслей экономики таких как: промышленность, строительство, сельское хозяйство, транспорт и логистика, службы коммунального хозяйства, где работники могут сталкиваться с разнообразными рисками. Кроме того, УРО способствует повышению конкурентоспособности на рынке за счет снижения общих затрат, что в современных условиях становится крайне актуальным. Таким образом, создание универсальной рабочей одежды является стратегически обоснованным шагом к повышению эффективности и безопасности труда в различных отраслях.

Анализ существующих водоотталкивающих текстильных материалов выявил ряд проблем:

- ограниченность функциональности: большинство представленных на рынке материалов предназначены для конкретной защиты от ПФ (защита от влаги, загрязнения, пыли), в то время как многофункциональные материалы, способные отвечать сразу нескольким требованиям одновременно (например, защита от статического электричества, кратковременного горения, бактериологического заражения), малораспространены и отличаются высокой

стоимостью.

- состав материалов: широко применяются смесовые ткани с преобладанием синтетических волокон, которые характеризуются значительным накоплением статического заряда, что делает их непригодными для многих отраслей промышленности, где подобные материалы запрещены по правилам техники безопасности. Высокая электризуемость данных материалов препятствует их использованию в концепции универсальной рабочей одежды.

- технологический аспект: зависимость от дорогостоящих пропиточных составов зарубежного производства, что увеличивает себестоимость продукции и снижает конкурентоспособность отечественных предприятий. Целью работы является разработка водоотталкивающих текстильных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами для универсальной рабочей одежды с применением композиции на основе силана и хлорпарафина.

Целью работы является разработка водоотталкивающих текстильных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами для универсальной рабочей одежды с применением композиции на основе силана и хлорпарафина.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Проведение анализа современного состояния и перспектив развития производства водоотталкивающих текстильных материалов для рабочей одежды, классификации вредных производственных факторов, действующих в различных отраслях промышленности;

2. Выбор и обоснование объектов, методов исследования структуры, методик и компонентов для получения водоотталкивающих текстильных материалов.

3. Экспериментальные исследования влияния композиции на основе силана и хлорпарафина на эксплуатационные и потребительские свойства водоотталкивающих текстильных материалов.

4. Разработка технологии изготовления водоотталкивающих текстильных материалов для производства универсальной рабочей одежды.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной главе приведен выбор объектов исследования, описание их главных характеристик и применяемых методов исследования. Описаны промышленно выпускаемые аналоги водоотталкивающих текстильных материалов из натуральных волокон, применяемые для создания рабочей одежды. Обоснован выбор методик, инструментов и оборудования для определения характеристик и свойств исследуемых объектов.

2.1 Выбор объектов исследования

Постоянное развитие науки и производства требует внедрения отечественных инновационных технологий, направленных на повышение качества продукции, снижение производственных затрат, уменьшение экологической нагрузки и расширение ассортимента товаров. Широкий спектр применения текстильных материалов предполагает использование множества технологических процессов отделки, однако высокая стоимость химических реагентов и оборудования, а также их потенциальная токсичность делают традиционные методы улучшения конкурентоспособности текстильной продукции весьма затруднительными, особенно учитывая экономическую ситуацию в стране. В этой связи возникает необходимость разработки текстильных материалов с водоотталкивающей поверхностью, обеспечивающих комплекс требуемых характеристик, соответствующих их назначению.

Для обеспечения эффективной защиты работников ОПФ материалы для рабочей одежды должны строго соответствовать установленным требованиям нормативных документов. Данные стандарты определяют не только физико-механические, но и гигиенические и гидрофобные свойства материалов, необходимые для обеспечения безопасности и комфорта пользователей в различных производственных условиях. В частности, соблюдение требований ГОСТ гарантирует надежность, долговечность и соответствие материалов современным требованиям, что особенно актуально в условиях повышенной

опасности [154]. В таблице 2.1 представлены допустимые физико-механические показатели материалов для защиты от ОПФ.

Таблица 2.1 – Предельно допустимые нормы показателей защитных свойств материалов рабочей одежды для защиты от ОПФ в соответствии ГОСТ 12.4.280-2014

Наименования показателя	Норма
Поверхностная плотность, г/м ² , не менее	200
Разрывная нагрузка, Н, не менее	
по основе	400
по утку	600
Раздирающая нагрузка, Н, не менее	
по основе	20
по утку	25
Стойкость к истиранию, цикл, не менее	2500
Изменение размеров после мокрой обработки или химической чистки, %, не более	
по основе	-3,5
по утку	±2,0
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с, не менее	20
Гигроскопичность, %, не менее	5
Водоупорность, Па	2000

Для разработки ВТМ для рабочей одежды выбраны два типа отечественных текстильных материалов: на основе хлопчатобумажных волокон, предназначенные для защиты от общих производственных факторов, и на основе хлопко-льняных волокон, применяемые для разработки рабочей одежды для сварщиков (например, плащей), средств индивидуальной защиты рук, а также используемых в качестве укрывных материалов, палаток, тентов, рюкзаков и защитных чехлов.

Образец №1:

- «Саржа» из 100% хлопка, саржевого переплетения, арт. Ц4098, «Балтийский текстиль», Россия;

Образец №2.

- «Брезент» из смесового сырья 60% – хлопок, 40% – лен, полотняного переплетения, арт. 11135 , ООО «ТканиТЕКС», Россия

Основные характеристики материалов, используемые в качестве объектов исследований представлены в таблице 2.2.

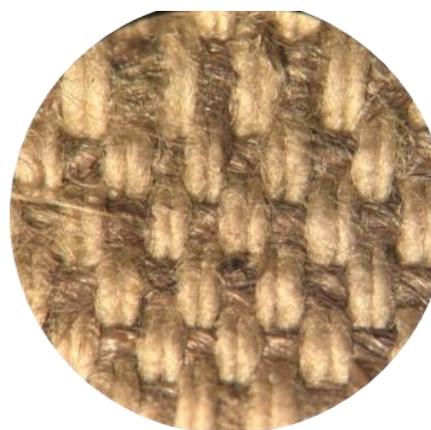
Таблица 2.2 – Характеристики материалов, используемые в качестве объектов исследования

Наименование материала	Поверхностная плотность, г/м ²	Вид переплетения	Волокнистый состав, %
«Саржа», Балтийский текстиль	240	саржевое	хлопок - 100
«Брезент», ООО «ТканиТЕКС»	340	полотняное	лен - 60, хлопок - 40

Оптические микрофотографии поверхности контрольных образцы представлены на рисунке 2.1.



а)



б)

Рисунок 2.1 – Оптическая микроскопия поверхности (x28) контрольных образцов: а – «Саржа»; б – «Брезент»

На основе литературных и патентных источников, описанных в главе 1, в качестве промышленных водоотталкивающих материалов-аналогов рассматривались материалы отечественного и зарубежного производства:

- ткань «Саржа-240» из 100% хлопка, саржевого переплетения с ВО пропиткой, «Балтийский текстиль», г. Санкт-Петербург;

- ткань «Премьер Cotton 250» из 100% хлопка, саржевого переплетения с ВО пропиткой, «Чайковский текстиль», г. Чайковский;

- ткань «Канвас» из 100 % хлопка, саржевого переплетения с ВО пропиткой, Китай;

- ткань «Брезент» из 60% хлопка, 40% льна, полотняного переплетения с ВО пропиткой, «Балтийский текстиль», г. Санкт-Петербург.

Общие технические характеристики материалов, используемых в качестве промышленных водоотталкивающих материалов-аналогов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Общие технические характеристики промышленных материалов-аналогов

Общие технические характеристики	Наименование материалов			
	«Саржа-240», Балтийский текстиль, г. Санкт-Петербург	«Премьер Cotton 250», Чайковский текстиль, г. Чайковский	«Канвас», Ningbo Yizheng Textiles Co., Ltd., Китай	Брезент «Балтийский текстиль», г. Санкт-Петербург
Волокнистый состав, %	хлопок - 100	хлопок - 100	хлопок - 100	хлопок - 60 лен - 40
Вид пропитки	ВО	ВО	ВО	ВО
Переплетение	саржевое	саржевое	саржевое	полотняное
Поверхностная плотность, г/м ²	240	260	270	340
Разрывная нагрузка, Н по основе по утку	784 268	787 598	808 458	936 570
Назначение материалов	для форменной или корпоративной спецодежды с повышенными требованиями гигиены	для спецодежды повышенной гигиеничности и комфортности, защиты от общепроизводственных загрязнений (строительного и оборонно-промышленного комплекса)	для спецодежды повышенной гигиеничности и комфортности, защиты от общепроизводственных загрязнений, а также сумок, рюкзаков, обуви	для тентов, пожарных рукавов, палаток, военного и туристического снаряжения

Оптические микрофотографии поверхности материалов-аналогов и контрольных образцов представлены на рисунке 2.2.

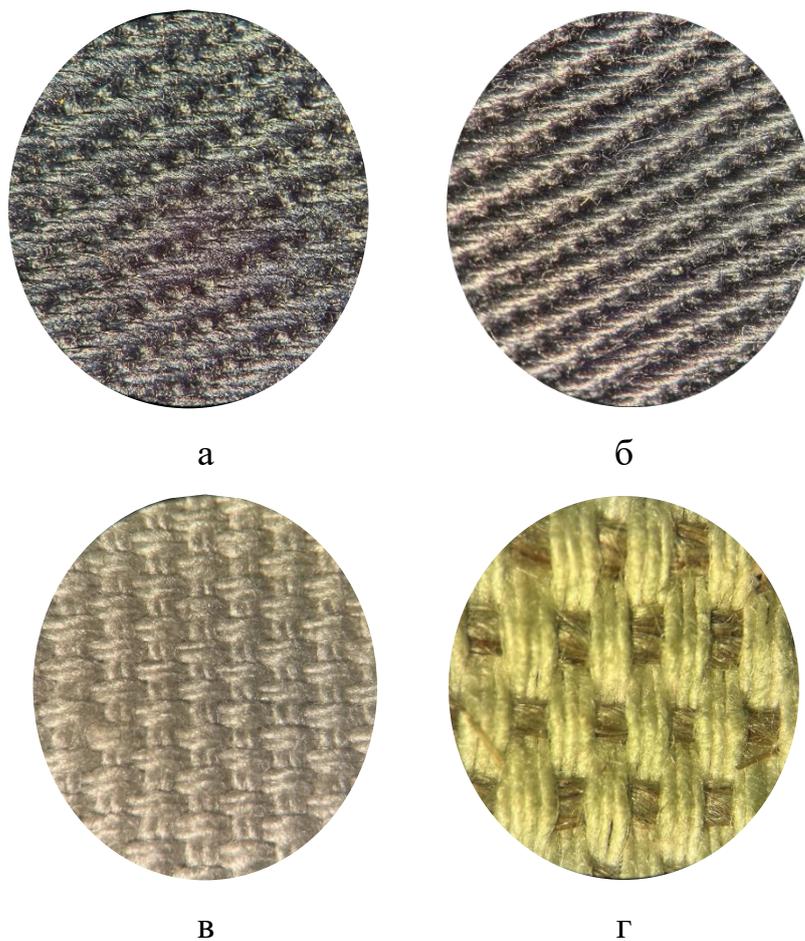


Рисунок 2.2 – Оптическая микроскопия поверхности (x28) материалов-аналогов: а) «Саржа-240», б) «Премьер Cotton 250», в) «Канвас», г) «Брезент»

В качестве гидрофобизирующего агента текстильных материалов выбраны отделочные материалы силан марки А-1100 (аминопропилтриэтоксисилан), А-187 (g-глицидилоксипропилтриметоксисилан) [155] и парафин хлорированный марки ХП-470 [156]. В таблицах 2.4 и 2.5 приведены технические характеристики силанов и ХП-470.

Таблица 2.4 – Технические характеристики силианов марок А-1100 и А-187

Наименования показателя	Силан марки А-1100	Силан марки А-187
Внешний вид раствора	Светло-соломенный	Светло-соломенный
Молекулярная масса, ед.	179,29	231,1
Удельная масса при 25 °С, ед.	0,946	1,069
Коэффициент преломления $n_D^{25\text{ °С}}$, ед.	1,420	1,427
Температура вспышки, закрытая чашка, °С	96 (205)	110 (230)
Температура кипения, °С, (°F)	217 (423)	290 (554)

Таблица 2.5 – Технические характеристики хлорпарафина марки ХП-470

Наименования показателя	ХП-470
Внешний вид раствора	Желтый
Плотность при 20 С, кг/м ³	1185–1235
Массовая доля хлора (Cl), %, в пределах	45–49
Массовая доля кислот в пересчете на HCl, %, не более	0,0005
Массовая доля железа, %, не более	0,004
Термостабильность в пересчете на отщепленный HCl, %, не более	0,2
Цветность по йодной шкале, мг I ₂ /100 см ³ , не более	4

2.2 Методы определения эксплуатационных свойств водоотталкивающих текстильных материалов

Время впитывания капли. Для оценки гидрофобных свойств поверхности текстильного материала использовался экспресс-метод, заключающийся в определении времени впитывания капли. Каплю воды наносили на обработанный текстильный материал и по секундомеру определяли время впитывания капли. Появление ореола вокруг капли считали за окончание

испытания. Эксперимент проводили в эксикаторе. Проведение испытаний более 30 мин считали нецелесообразным в связи с потерей массы капли из-за испарения [89].

Краевой угол смачивания измерялся с использованием автоматизированного оптического анализатора OCA 15 Pro (Германия). Прибор оснащен светосильным измерительным объективом с шестикратным увеличением, плавной регулировкой фокуса и настраиваемым углом обзора, а также измерительной видеосистемой с USB-камерой, обеспечивающей скорость съемки до 52 кадров в секунду. Максимальная допустимая габаритная величина образца составляет $220 \times \infty \times 70$ мм. Для повышения точности определения контура капли система управления анализатором OCA дополнена следующими аксессуарами: герметичный шприц DS 500/GT, одноразовый шприц объемом 1000 мл DS-D 1000 SF, дозирующая игла SNS 052/026 для метода сидячей капли и одноразовая игла SNS 051/025 (производства Германии).

Водоупорность материалов проводили по ГОСТ Р 51553-99 [157]. Данный метод заключается в создании гидростатического давления для оценки способности ткани противостоять просачиванию воды. Точечный образец подвергается воздействию возрастающего давления воды с лицевой стороны до момента появления капель воды в трёх различных местах при соблюдении стандартных условий. Фиксируется значение давления, при котором образуется третья капля воды на поверхности испытуемого образца. В протоколе испытаний указывается способ подачи воды – либо снизу, либо сверху точечного образца. Тестирование проводится на автоматическом оборудовании для гидростатической проверки FX 3000 HydroTester III. Исследование осуществляется на участке площадью 100 см^2 точечного образца. Образец фиксируется удерживающим кольцом устройства FX 3000 HydroTester III [158] в горизонтальном положении без образования складок, лицевой стороной вниз, поскольку вода подается снизу. Лицевая сторона образца должна находиться в контакте с водой, чтобы исключить возможность её проникновения сквозь ткань. В областях зажима образца возможно возникновение незначительного

просачивания воды, однако протекание воды через стыковые соединения в ходе исследования исключено.

В испытании используется дистиллированная или полностью деионизированная вода при температуре 20 ± 2 °С или 27 ± 2 °С. Скорость повышения давления воды устанавливают на уровне $10 \pm 0,5$ или 60 ± 3 см водного столба в минуту. Исследование проводят с использованием как минимум пяти точечных образцов.

Водопоглощение текстильных материалов проводили по ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильные. Методы определения гигроскопических и водоотталкивающих свойств» [159]. Элементарные пробы материалов взвешиваются в специальных стаканчиках, после чего их накалывают на крючок с грузом и опускают в емкость с дистиллированной водой. Для хлопчатобумажных тканей время выдержки составляет 1 минуту, а для тех же тканей с водоотталкивающим покрытием – $(60+1)$ минута. Затем пробу извлекают из воды, кладут на трехслойный лист фильтровальной бумаги, накрывают еще тремя слоями той же бумаги и прокатывают валиком для удаления излишков жидкости. Сразу после этого пробу повторно взвешивают в тех же стаканчиках.

Испытания на разрывную нагрузку, удлинение и сопротивление материалов раздиру выполняются на универсальной испытательной машине Shimadzu серии AGS-X (Япония) [160]. Данная машина предназначена для проведения механических испытаний различных материалов. Устройство оснащено единым узлом подключения для выполнения тестов на растяжение и сжатие (для рам с усилием от 20 до 300 кН). Испытания проводятся согласно ГОСТ 3813-72 «Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия» [161]. Отбор точечных проб осуществляется путем вырезания полос во всю ширину материала. Пробы берутся из любой части полотна, кроме его краев. Материал, предназначенный для испытаний, должен удовлетворять требованиям нормативной документации, регулирующей минимально допустимые размеры образца в составе целого куска. Пробы штучных изделий могут быть взяты из

любого участка изделия. Они вырезаются вдоль и поперек изделия без повреждения структуры материала. Отобранные пробы не должны содержать видимых дефектов. Из каждой точечной пробы выделяют элементарные пробы размером 200×40 мм для последующих испытаний на разрывную нагрузку и удлинение. Элементарные пробы закрепляются в зажимах универсальной тест-машины таким образом, чтобы расстояние между ними составляло 100 мм. Проба должна быть установлена строго вертикально, без перекосов и напряжений. Предварительно создается начальное натяжение величиной 49 сН. Результаты измерений автоматически записываются программным обеспечением машины, которое также строит график зависимости нагрузки от удлинения. Относительная погрешность в данном случае не превышает 1%.

Исследования сопротивления материалов раздиру осуществляются в соответствии с ГОСТ ISO 13937-2-2022 «Материалы и изделия текстильные. Определение усилия раздира» [162]. Для испытаний методом одинарного раздира изготавливаются точечные пробы прямоугольной формы размером 50×200 мм, вырезанные вдоль и перпендикулярно направлению нити основы из любой части отреза материала, исключая крайние участки. Пробы подвергаются продольному рассечению до середины их длины. Длина зажима устанавливается равной 100 мм, скорость растяжения машины – 100 мм/мин. Каждая разрезанная сторона точечной пробы помещается в отдельный зажим с выравниванием разреза вдоль центральной оси зажимов. Непрорезанный конец точечной пробы остается свободным. В процессе испытаний программное обеспечение регистрирует пики изменения усилий и проводит расчет сопротивления раздиру в ньютонах для каждого испытанного направления.

Определение стойкости к истиранию полотен по методу Мартиндейла. Проба круглой формы, установленная в держателе для проб, с приложенной к нему нагрузкой при 1814 г трется об абразивный материал, совершая движение по фигуре Лиссажу. Держатель пробы свободно вращается вокруг собственной оси, перпендикулярной к плоскости пробы. Степень стойкости к истиранию

текстильных полотен определяется потерей массы испытуемых образцов при 300 циклов [163].

Измерение напряжения электрического поля в водоотталкивающих материалах. Измерение напряжения электрического поля в материалах проводят в соответствии с ГОСТ 32995-2014 [164] с помощью прибора СТ-01, который имеет диапазон замера напряженности электростатического поля от 0,3 до 180 кВ/м и допустимую относительную погрешность не более $\pm 15\%$. Испытуемый образец размещают на поверхности плоского металлического электрода. Измерительную пластину устанавливают по центру образца в соответствии с инструкцией к прибору, при этом стойки-изоляторы должны упираться в поверхность образца. Проводят измерение напряженности электростатического поля образца в покое до тех пор, пока его значение не станет менее 0,35 кВ/м. Удаляют прибор с поверхности образца. Проводят валиком пять раз по поверхности образца так, чтобы давление на образец осуществлялось только за счет веса валика. Измерительную пластину устанавливают по центру образца и осуществляют измерение напряженности электростатического поля после воздействия валиком в течение 1 мин. Результатом испытания считают максимальное значение напряженности электростатического поля после воздействия валиком. Каждое последующее измерение необходимо проводить после того, как напряженность электростатического поля плоского металлического электрода будет составлять менее 0,35 кВ/м. Измерения проводят в пяти точках образца. Количество измерений в каждой точке образца равно четырем [165]. Напряженность электростатического поля на поверхности образца, кВ/м, вычисляют по формуле 2.1:

$$E = E_B - E_{\Pi}, \quad (2.1)$$

где E_B – максимальное значение напряженности электростатического поля после воздействия на образец валиком, кВ/м;

E_{Π} – максимальное значение напряженности электростатического поля в покое, кВ/м.

Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля на поверхности текстильных материалов и изделий из них не должен превышать 15 кВ/м [170].

Огнестойкость водоотталкивающих текстильных материалов оценивали по ГОСТ Р 12.4.200-99 [166]. Для проведения испытания на подготовленные образцы с помощью шаблона нанесены метки, обозначающие расположение штифтов держателя. Испытуемые образцы устанавливали на штифты держателя таким образом, чтобы штифты проходили через точки, отмеченные с помощью шаблона, а проба находилась на расстоянии (20 ± 1) мм от прямоугольной металлической рамы держателя. Затем держатель с пробой закрепляли на установочной раме. Горелку устанавливали перпендикулярно к поверхности испытуемых образцов таким образом, чтобы ось горелки располагалась на 20 мм выше линии нижних штифтов и направлена к вертикальной центральной линии лицевой стороны испытуемой пробы. Кончик горелки должен находиться на расстоянии (17 ± 1) мм от поверхности пробы. На рисунке 2.6 представлена схема расположения горелки.

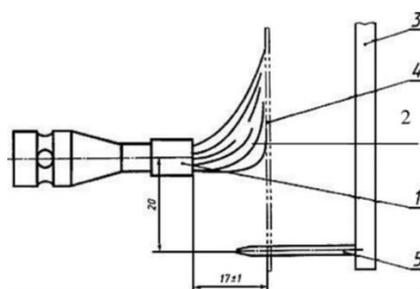


Рисунок 2.3 – Схема расположения горелки при регулировании пламени:
1 - горелка; 2 - пламя; 3 - рама держателя; 4 - элементарная проба; 5 – штифт

Испытания проводились ступенчатым методом: последовательно увеличивали время экспозиции образца в пламени, начиная с минимальной продолжительности. Зафиксированный временной интервал оставался постоянным, если после истечения установленного времени пламя прекращало гореть самостоятельно. Продолжая увеличивать период теплового воздействия,

определили критический промежуток времени, при котором текстильный материал способен выдерживать воздействие пламени без самовоспламенения.

Согласно данным специализированной литературы, текстильные материалы оценивались по показателям качества, определяющим их основные свойства и качества. Поскольку основное внимание данной работы обращено на хлопчатобумажные материалы, при выборе показателей качества, подлежащих исследованию, учитывались специализированные нормативные документы. Также для оценки санитарно-гигиенических и биостойких свойств текстильных материалов использованы стандарты правил, методов исследований и измерений, необходимые для применения и исполнения требований технологического регламента Таможенного союза «О безопасности продукции легкой промышленности» (ТР ТС 017/2011) [167]. Таким образом, гигиенические свойства текстильных материалов оценивались по показателям гигроскопичности, влагоотдачи, паропроницаемости, воздухопроницаемости и определение антибактериальной активности.

Гигроскопичность текстильных водоотталкивающих материалов проводилась стандартным методом по ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) [159]. Гигроскопичность определяется увеличением массы образца, выдержанного при относительной влажности воздуха. Из исследуемых образцов текстильных материалов вырезали пробы, взвешивали их на электронных весах с точностью 0,00001 г, закреплялись на металлической рамке и помещались в эксикатор с водой на 16 часов. По истечении указанного времени образцы взвешивались. Гигроскопичность (Н, %) вычисляли по формуле (2.2)

$$H = \frac{(m - m_0)}{m_0 100\%}, \quad (2.2)$$

где m_0 – масса образца до испытания, г;

m – масса образца после испытания, г.

Влагоотдача текстильных водоотталкивающих материалов проводилась по ГОСТ 3816-81 (ИСО 811-81) «Полотна текстильные. Методы

определения гигроскопичности и влагоотталкивающих свойств» [159]. В процессе определения влагоотдачи исследуемые образцы, взвешенные после определения гигроскопичности, выдерживали в эксикаторе с серной кислотой в вертикально подвешенном состоянии в течении 8 часов. Далее образцы взвешивали на электронных весах с точностью до 0,0001. Влагодотдачу (V_0 , %) определяли по формуле (2.3):

$$V_0 = \frac{(m_B - m_{CK}) \cdot 100}{m_B - m_C}, \quad (2.3)$$

где m_B – масса элементарной пробы после выдерживания в эксикаторе с водой, г;

m_{CK} – масса элементарной пробы после выдерживания в эксикаторе с серной кислотой, г;

m_C – масса элементарной пробы после высушивания до постоянной массы, г.

За окончательный результат исследований принимали среднее арифметическое результатов трех определений, вычисленное с погрешностью не более 0,01% и округленное до 0,1%.

Определение паропроницаемости текстильных материалов проводилось в соответствии с ГОСТ 22900-78 [168]. Этот показатель характеризует количество водяного пара, проходящего через единичную площадь материала за определенный промежуток времени. Перед проведением эксперимента образцы выдерживали в стандартных условиях окружающей среды, после чего переносили в термостат. В термостате устанавливали специальные емкости, содержащие (25 ± 1) мл дистиллированной воды, и включали нагревание до температуры (32 ± 1) °С. Поверх емкости укладывалась полимерная пластина с исследуемым образцом, которую сверху покрывали металлической пластиной. Затем емкость герметично закрывали крышкой. Масса каждой емкости измерялась до начала испытаний и после завершения процедуры. Экспозиция образцов в термостате составляла 8 часов. Паропроницаемость (I) определяли по формуле (2.4)

$$\Pi = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10^3}{160}, \quad (2.4)$$

где m_1 – масса стакана с образцом ткани до испытания, г;

m_2 – масса стакана с образцом ткани после испытания, г;

160 – коэффициент, равный $S \cdot t$, где S – рабочая площадь образца (10 см^2), t – время испытания (8 часов).

Измерение паропроницаемости проводилось с погрешностью $\pm 1,2\%$.

Исследование воздухопроницаемости материалов проводили согласно ГОСТ ISO 9237-2013 «Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости» [169] на приборе A0003-PC IDM Instruments AIR, который представлен на рисунке 2.12 [170]. Размер образцов для данного испытания должен составлять не менее 20 см^2 с дополнительным краевым запасом для обеспечения герметичности. Исследования проводились при постоянном давлении 100 Па [169]. Перепад давления, создаваемый воздушным потоком на противоположных сторонах образца (лицевой и тыльной), измерялся для определения воздухопроницаемости рабочей области. Образец помещался между верхней и нижней испытательными головками, после чего с использованием специального рычага производилось его зажимание до момента включения вакуумного вентилятора и принятия испытательной головкой рабочего положения. По завершении теста и снятия вакуума рычаг давления автоматически возвращался в начальное состояние. Каждый образец подвергался тестированию не менее пяти раз.

Определение антибактериальной активности образцов проводили согласно ГОСТ Р ИСО 2074–2012 «Материалы текстильные. Определение антибактериальной активности изделий с антибактериальной обработкой». Исследования микробной обсемененности образцов контрольных, обработанных водоотталкивающей композицией материалов проведены в трехкратном повторении общеизвестным микробиологическим методом путем серийных разведений с последующим посевом вытяжек из образцов на плотные

агаризованные среды и подсчетом единичных колоний. Для культивирования бактериальных форм микроорганизмов использовали питательную среду ГМФ-агар, для выделения плесневых грибов – среду Сабуро (агар) [171].

Исследование влияния процесса стирки на текстильные материалы выполнялось в соответствии с регламентом стандарта ГОСТ ISO 6330-2014 [172]. Экспериментальные образцы материалов подвергались процессу стирки в проточной водопроводной воде с добавлением порошкообразного моющего средства на нефосфатной основе, не содержащего ферменты, при температурном режиме 60 °С. По завершении цикла стирки испытуемые образцы подвергались сушке на горизонтальной поверхности. Полученные образцы сопоставлялись с исходными и обработанными образцами по показателям времени впитывания капли и огнестойкости.

Оценка закрепления ВО композиции на текстильных материалах. Оценка проводилась в два этапа. Первый этап заключался в определении изменения показателя рН водного раствора. Образцы текстильных материалов размером 5 × 5 см предварительно взвешивались на аналитических весах модели AND GR-300. Далее каждый образец помещали в лабораторный стеклянный стакан объемом 200 мл, содержащий 100 мл дистиллированной воды с исходным показателем рН = 6,5 ± 0,1. Стаканы устанавливались на магнитную мешалку, обеспечивающую равномерное перемешивание жидкости частотой вращения 60 Гц. Экспозиция контакта образцов с жидкостью составляла 5 мин. По истечении указанного периода производился замер значения рН с помощью рН-метра фирмы Mettler-Toledo AG S220. На втором этапе проведена оценка потери массы образцов после стирки. Для измерения изменений массы после стирки использовался метод гравиметрии. Образцы после стирки высушивались и повторно взвешивались на аналитических весах модели AND GR-300. Разница значений массы до и после стирки служили количественным показателем потерь аппрета.

2.3 Методы и оборудование для исследования состава и структуры водоотталкивающих текстильных материалов

Для разработки и оценки эффективности новых водоотталкивающих композиций необходимо детальное изучение химического состава и микроструктуры обработанных материалов. В рамках данного исследования применялись современные физико-химические методы анализа, такие как инфракрасная Фурье-спектроскопия (ИК-Фурье), конфокальная лазерная сканирующая микроскопия (КЛСМ) и комплексный дифференциальный термический анализ (термогравиметрия (ТГ), дифференциальная термогравиметрия (ДТГ), дифференциальный термический анализ (ДТА). Данные методы позволяют получить исчерпывающую информацию о химическом составе, морфологии поверхности и термической стабильности исследуемых образцов. Выбор указанных методов обусловлен их высокой чувствительностью, точностью и возможностью выявления ключевых характеристик, влияющих на водоотталкивающие свойства материалов.

ИК-Фурье спектроскопия. ИК-спектры обработанных водоотталкивающей композицией и необработанных образцов текстильных материалов получали на универсальном инфракрасном Фурье-спектрометре марки ФСМ-1202 (Россия) с приставкой для зеркального и диффузного отражения и спектров МНПВО. Прибор позволяет получать данные в спектральном диапазоне от 400 до 7800 см⁻¹ со спектральным разрешением не более 0,5 см⁻¹. Обработка спектров проводилась с помощью пакета программного обеспечения FSpec. Предел допустимой абсолютной погрешности шкалы волновых чисел ± 0,05 см⁻¹. Исследования строения химических компонентов (силана марки А-1100 и ХП-470) и водоотталкивающей композиции на их основе проводились на спектрометре Frontier (Perkin Elmer) с использованием приставки нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Спектральные данные получены в диапазоне от 400 до 4000 см⁻¹ со спектральным разрешением 4 см⁻¹. Обработка результатов осуществлялась с помощью специализированного программного

обеспечения Spectrum 10. Измерения проводились при температуре окружающей среды (23 ± 2) °C и относительной влажности воздуха (40 ± 5) %.

Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия. Исследование морфологии поверхности текстильных материалов, обработанных водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина, осуществлялось методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии. Микроскопические изображения получали с помощью конфокального микроскопа Olympus LEXT-4000 (Япония) в режиме увеличения $\times 300$. Данный метод позволил визуализировать распределение покрытия на поверхности волокон, выявить особенности микроструктуры и оценить степень однородности нанесенного слоя.

Оптическая микроскопия объектов исследования осуществлялась с помощью стереоскопического микроскопа МБС-10. Данный прибор оснащен двумя окулярами, позволяющими получать объемное изображение изучаемого объекта. Увеличение микроскопа регулируется плавно в диапазоне от $\times 6,3$ до $\times 85$, что позволяет детально исследовать строение поверхности, выявить дефекты, структуру плетения нитей и другие морфологические признаки. Визуализация проводилась визуально через окуляры прибора.

Комплексный дифференциальный термический анализ (ТГ-ДТГ-ДТА). Термическая стабильность и фазовые переходы текстильных материалов, обработанных водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина, изучались методом комплексного дифференциального термического анализа. Исследования проводились на синхронном термоанализаторе STA 6000 (PerkinElmer, США). Этот метод позволил одновременно регистрировать изменения массы образца (термогравиметрия – ТГ), скорость потери массы (дериwативная термогравиметрия – ДТГ) и теплоту фазовых превращений (дифференциальная термическая калориметрия – ДТА). Анализ полученных данных дал возможность оценить термическую устойчивость покрытия, определить температуру деструкции и установить влияние обработки на общие тепловые характеристики материала.

2.4 Методы статистической обработки результатов экспериментальных исследований

Определение погрешности прямых измерений осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 8.736-2011 [173]. Систематическая погрешность при измерении значений показателей характеристик текстильных водоотталкивающих материалов минимизировалась с помощью регулярной поверки и калибровки оборудования, использованного для измерений. Анализ результатов экспериментальных данных представлен примером измерения краевого угла смачивания текстильных материалов, обработанных водоотталкивающей композицией на основе силана и ХП. Для проведения измерений использовали автоматизированный оптический анализатор ОСА 15 Pro (Германия). Погрешности измерения краевого угла смачивания опытных образцов рассчитывали по методике, рекомендуемой ГОСТ Р 8.763-2011. Результаты измерений приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Результаты измерений краевого угла смачивания текстильных материалов, обработанных водоотталкивающей композицией на основе силана и ХП

№ п/п	Результаты наблюдений показания, x_i °С	Отклонения и их квадраты	
		$[x_i - \bar{x}]$	$[(x_i - \bar{x})^2]$
1	116,00	0,52	0,2704
2	116,31	0,83	0,6889
3	115,72	0,24	0,0576
4	114,82	-0,66	0,4356
5	116,03	0,55	0,3025
6	114,32	-1,16	1,3456
7	116,05	0,57	0,3249
8	116,07	0,59	0,3481
9	114,08	-1,4	1,96
10	114,64	-0,84	0,7056
11	116,32	0,84	0,7056
12	115,78	0,3	0,09
13	115,06	-0,42	0,1764
14	114,57	-0,91	0,8281
15	116,43	0,95	0,9025

Среднее значение измеряемой величины:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \quad (2.5)$$

где: \bar{x} – среднее арифметическое значение результатов;

n – число результатов измерений.

$$\bar{x} = (116,00 + 116,31 + 115,72 + 114,82 + 116,03 + 114,32 + 116,05 + 116,07 + 114,08 + 114,64 + 116,32 + 115,78 + 115,06 + 114,57 + 116,43) / 15 = 115,48 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Абсолютное отклонение Δx определяли по формуле:

$$\Delta x = \pm(x_i - \bar{x}) = 2,8 \quad (2.6)$$

Относительное отклонение δ , % определяли по формуле:

$$\delta = \Delta x / \bar{x} \cdot 100 = (2,8 / 115,48) \cdot 100 = 2,42\% \quad (2.7)$$

Среднеквадратическое отклонение результата серии измерений определяли по формуле:

$$S_n = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta x^2}{(n-1)}}, \quad (2.8)$$

$$s_n = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{2,8^2}{(15-1)}} = \sqrt{\frac{7,84}{14}} = 0,7483$$

Среднеквадратическое отклонение среднего арифметического (оценки измеряемой величины):

$$s_{\bar{x}} = \frac{s_n}{\sqrt{n}} = \frac{0,7 \cdot 483}{3,8729} = 0,193 \quad (2.9)$$

Доверительные границы случайной погрешности определяют, как:

$$\varepsilon = t \cdot s_{\bar{x}}, \quad (2.10)$$

В соответствии с таблицей Д.1 приложения к ГОСТ Р 8.736-2011 $t=f((n-1)P)$ и при доверительной вероятности $P=0,95$ и $(n-1)=14$, $t=2.145$

$$\varepsilon = t \cdot s_{\bar{x}} = 2,145 \cdot 0,193 = 0,413$$

Доверительные границы неисключенной систематической погрешности результата измерения определяли по формуле:

$$\theta = k \cdot \sqrt{\sum \theta_i^2}, \quad (2.11)$$

где θ – граница i -ой не исключенной систематической погрешности;

k – коэффициент, определяемый принятой доверительной вероятностью и числом слагаемых.

При $P=0,95$, $k=1,1$.

Автоматизированный оптический анализатор ОСА 15 Pro. Прибор включал светосильный измерительный объектив с 6-ти кратным увеличением, бесступенчатым внутренним фокусом и настраиваемым углом наблюдения, а также измерительную видеосистему с USB-камерой (скорость графического ввода до 52 изображений/сек). Прибор проецирует каплю на компьютер, вывод которого представляет быстрые и точные результаты. Ввиду полной автоматизации процесса данная величина равна нулю [143].

Границу погрешности результатов измерений оценивали так:

если $\frac{\theta}{s(\bar{x})} < 0,8$, неисключенные систематические погрешности в сравнении со случайными пренебрегаются и принимается граница погрешности результата $\Delta = \varepsilon = 0,413$.

Числовое значение результата измерения d может оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности Δ .

Величина относительной погрешности δd результата измерения d определяется по формуле (2.12):

$$\delta_d = \frac{\Delta}{\bar{x}} \cdot 100\%, \quad (2.12)$$

$$\delta_d = \frac{0,413}{115,48} \cdot 100\% = 0,36\%$$

Погрешности других измерений характеристик образцов материалов, обработанных ВО композицией на основе силана и ХП оценивались аналогично определению погрешности краевого угла смачивания образцов материалов.

Разрывная нагрузка	$\Delta\delta = \pm 1,0\%$
Относительное удлинение при разрыве	$\Delta E_n = \pm 1,0\%$
Устойчивость к истиранию	$\Delta Y_{и} = \pm 1,1\%$
Напряженность электростатического поля	$\Delta E = \pm 1,2\%$
Водоупорность	$\Delta B = \pm 1,3\%$
Паропроницаемость	$\Delta П = \pm 1,2\%$
Гигроскопичность	$\Delta H = \pm 1,1\%$
Влагоотдача	$\Delta B_o = \pm 1,2\%$
Огнестойкость	$\Delta O_r = \pm 1,1\%$

Установлено, что значение измерений средних квадратичных погрешностей оборудования больше погрешностей методов экспериментов, что позволяет в дальнейшем их не учитывать и на графиках пределы отклонений измеряемых величин не отображать.

ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ВОДООТТАЛКИВАЮЩИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

В настоящей главе представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на изучение влияния водоотталкивающей композиции на основе аminosилана и хлорпарафина на гидрофобные свойства текстильных материалов. В рамках работы проведена оптимизация концентрационного состава, предложена методика получения и нанесения водоотталкивающей композиции. Особое внимание уделено исследованию влияния разработанной композиции на эксплуатационные и гигиенические характеристики текстильных материалов. На основе полученных данных установлен механизм закрепления водоотталкивающей композиции на текстильных материалах. Результаты, изложенные в данной главе, нашли отражение в опубликованных научных работах [175-177, 182, 184-187, 192].

3.1 Результаты экспериментальных исследований текстильных материалов с водоотталкивающими свойствами и оценка влияния гидрофобизирующего состава на их эксплуатационные характеристики

Анализ литературных источников показал, что среди всех видов средств индивидуальной защиты особенно высокий спрос наблюдается на средства, предназначенные для защиты кожи и тела человека от воздействия ОПФ. В связи с этим актуальной остается задача разработки защитной одежды, пригодной для использования в течение всей рабочей смены, обладающей высокими эксплуатационными характеристиками и широким спектром защитных свойств. Одним из ключевых критериев, определяющих универсальность рабочей одежды, является материал, из которого она изготовлена, а также состав пропиточной композиции для текстильных материалов, применяемой в процессе производства.

Образцы, выбранные для изучения влияния водоотталкивающей композиции, представляют собой материалы, на 100% состоящие из целлюлозы. Это обеспечивает рабочей одежде высокие гигиенические характеристики. Переплетение текстильных материалов существенно влияет на их механические свойства. Например, саржевое переплетение для образца саржи и полотняное переплетение для брезента обладают высокими прочностными характеристиками и износостойкостью, что делает их подходящими для использования для рабочей одежды, особенно в условиях активной эксплуатации.

В исследовании рассматривается два вида переплетений и сырьевых составов с целью изучения влияния водоотталкивающего состава на защитные характеристики данных материалов. Характеристика объектов исследований представлены в главе 2.

На основании комплексного анализа результатов диссертационных исследований и патентного поиска, представленного в главе 1, в качестве компонентов для разработки водоотталкивающих составов выбраны; силан марки А-187 (γ -глицидоксипропилтриметоксисилан) и силан марки А-1100 (γ -аминопропилтриэтоксисилан). Выбор данных соединений обусловлен их высокой реакционной способностью и возможностью формировать устойчивые химические связи с функциональными группами на поверхности текстильных волокон. Силан А-187, содержащий эпоксидную группу, может взаимодействовать с гидроксильными и аминогруппами целлюлозы или других волокон, образуя ковалентные связи. Силан А-1100, обладающий аминогруппой, также способен реагировать с гидроксильными группами, обеспечивая прочное закрепление на материале. Автором [155], данные компоненты применялись в качестве эффективных гидрофобизирующих агентов при обработке кожевенных материалов, что подтверждает их универсальность и потенциал в разработке водоотталкивающих покрытий для различных типов субстратов.

Для эффективного определения гидрофобных свойств материалов и сокращения времени, затрачиваемого на исследования, выбран экспресс-метод,

основанный на измерении времени впитывания капли воды, который позволяет быстро получить предварительные данные о гидрофобности исследуемых образцов. Выбор данного метода оправдан, поскольку позволяет оперативно оценить эффективность обработки текстильных материалов водоотталкивающими составами, что может послужить основой для дальнейшего, более глубокого анализа их эксплуатационных характеристик.

Методика получения первого и второго варианта водоотталкивающего состава:

Для приготовления экспериментальных образцов составов в химическом стакане смешивали дистиллированную воду, предварительно нагретую до 40 °С, с 3-глицидилоксипропилтриметоксисиланом (для второй композиции применялся 3-аминопропилтриэтоксисилан). Полученную композицию гомогенизировали посредством магнитной мешалки в течение одной минуты. Варьирование концентрации силана проводилось в установленных пределах, итоговые данные рецептур отражены в таблице 3.1. Подготовленные образцы полностью погружали в полученный раствор и выдерживали в нём 10 минут. После завершения процесса пропитки образцы извлекали с помощью пинцета и размещали на фильтровальной бумаге для удаления избыточной жидкости. Последующее высушивание проводилось в сушильном шкафу при температуре 100 °С до достижения постоянной массы. Высушенные образцы извлекали из шкафа и охлаждали до комнатной температуры, после чего подвергали термообработке в сушильном шкафу при температуре 140 °С в течении 2 минут.

Таблица 3.1 – Рецептуры экспериментальных составов для исследования влияния на водоотталкивающие свойства текстильных материалов

Наименование	Концентрация, г/л						
	1	2	3	4	5	6	7
Силан А-187	15	25	35	50	100	150	200
Силан А-1100	15	25	35	50	100	150	200

Первоначальная оценка водоотталкивающих характеристик текстильного материала выполнялась с помощью экспресс-метода, основанного на измерении времени впитывания капли воды. На обработанную поверхность ткани наносили каплю воды, фиксируя время её впитывания с использованием секундомера. Окончанием теста считалось образование ореола вокруг капли. Продолжительность тестирования свыше 30 минут считалась неприемлемой ввиду потери массы капли вследствие испарения. Полученные результаты времени впитывания капли воды представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Время впитывания капли воды экспериментальными образцами

Наименование образцов и рецептур		Время впитывания капли воды, мин	
		силан марки А-187	силан марки А-1100
Образец саржи	1	3,5	3,5
	2	9,4	12,0
	3	13,2	26,0
	4	21,6	30,0
	5	22,6	30,0
	6	22,3	30,0
	7	22,1	30,0
Образец брезента	1	4,1	4,1
	2	10,8	16,0
	3	15,23	27,3
	4	18,3	30,0
	5	20,6	30,0
	6	20,2	30,0
	7	20,3	30,0

Анализ данных по представленным рецептурам (таблица 3.2) показал, что использование силанов марок А-1100 и А-187 способствует эффективному формированию водоотталкивающей поверхности образца саржи. При концентрации силана А-1100 в растворе 15 г/л время впитывания капли воды на поверхности экспериментального образца увеличилось в 2,5 раза по сравнению с контрольным. Значительное увеличение концентрации силана А-1100 до 50 г/л привело к существенному увеличению продолжительности впитывания воды до 30 минут, что в 20 раз превышает показатель контрольного образца. Применение второго исследуемого силана марки А-187 обеспечило менее выраженные показатели времени впитывания капли воды на поверхности образца саржи. Установлено, что при концентрации 50 г/л время впитывания составило 22,6

минуты, и дальнейшее увеличение концентрации данного силана в растворе не привело к статистически значимому улучшению результата.

Результаты обработки поверхности брезента исследуемыми растворами демонстрируют аналогичную динамику (таблица 3.2). Установлено, что водоотталкивающие свойства брезента, обработанного силаном марки А-1100, существенно возрастают: при концентрации 50 г/л время впитывания капли воды достигает 30 минут, что в 16 раз превышает значение контрольного образца и остаётся стабильным при дальнейшем увеличении концентрации силана в растворе. Силан марки А-187 при обработке образца брезента показал следующие результаты: при его концентрации 50 г/л время впитывания капли воды в поверхность составило 21,6 минуты, что в 11 раз превышает время впитывания контрольного образца.

Таким образом, обработка образцов саржи и брезента растворами силанов эффективно способствует формированию гидрофобной поверхности текстильных материалов. Как видно из таблицы 3.1, наилучшие результаты достигаются при концентрации силанов от 50 г/л. Показано, что при снижении концентрации исследуемых вспомогательных веществ требуемый уровень водостойкости не достигается, в то время как увеличение их расхода не приводит к пропорциональному возрастанию эффективности. Силан марки А-1100 по сравнению с силаном марки А-187 демонстрирует более выраженный водоотталкивающий эффект: время впитывания капли воды на поверхности образца саржи увеличивается на 32,7%, достигая 30 минут, а при обработке брезента этот показатель возрастает на 45,6%.

Дальнейшие исследования направлены на изучение влияния предварительной сушки материалов, обработанных растворами силанов на продолжительность впитывания капли воды. Из данных научных публикаций [174] известно, что именно при сушке происходит заключительное структурирование материалов, и способность воды смачивать такой материал уменьшается.

На рисунках 3.1 и 3.2 представлены полученные зависимости влияния температуры сушки обработанных образцов на время впитывания капли воды на поверхности текстильных материалов.

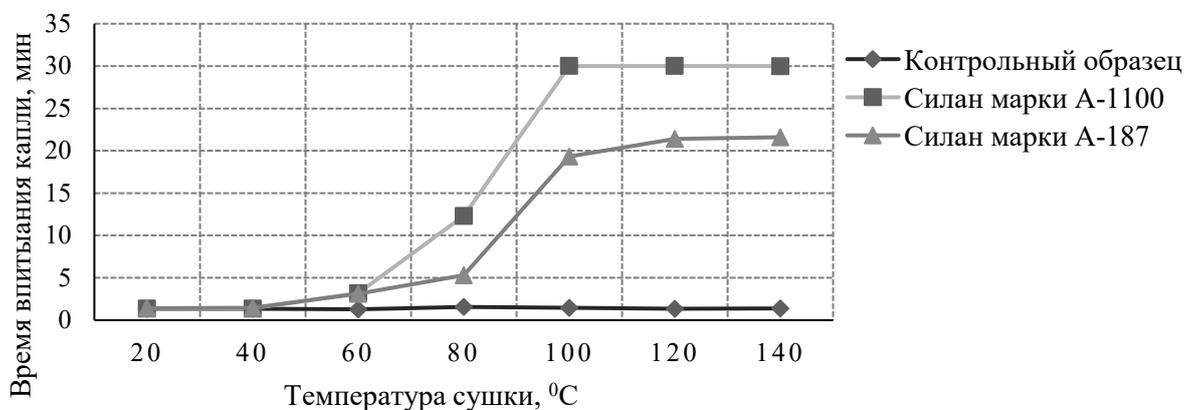


Рисунок 3.1 – Зависимость времени впитывания капли воды на поверхности образца саржи от температуры сушки образцов при концентрации силана в растворе 50 г/л

Исследование кинетики впитывания капли воды образцами саржи, обработанными изучаемыми растворами, показывает, что оптимальные результаты достигаются при температуре сушки от 100 °С. При сушке образцов, обработанных силиконом марки А-1100, при 100 °С время впитывания капли воды на поверхности образцов увеличивается в 20 раз, в то время как обработка силиконом марки А-187 улучшает результат в 13 раз. Максимальное время впитывания наблюдается при обработке саржи силиконом марки А-1100 при температуре 100 °С и составляет 30 минут. При температурах сушки, превышающих 100 °С, результаты остаются на том же уровне, что указывает на нецелесообразность использования таких температур. Силан марки А-187 также способствует увеличению времени впитывания капли на поверхности саржи, однако полученные результаты уступают показателям силана марки А-1100 в 1,2 раза.

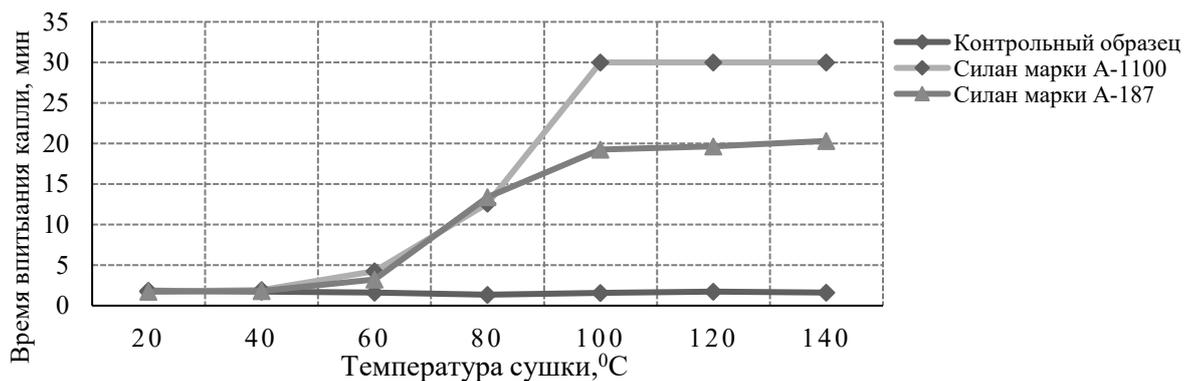


Рисунок 3.2 – Зависимость времени впитывания капли воды на поверхности брезента от температуры сушки образцов при концентрации силана в растворе 50 г/л

Из вышеизложенного следует, что наилучшие результаты по времени впитывания капли воды для обработанных образцов материалов силанами достигаются только после предварительной сушки (100⁰С) и при концентрации силана в растворе 50 г/л.

С целью определения оптимального температурного режима для пропитки материалов и достижения максимального гидрофобного эффекта проведено исследование влияния температурного фактора на эффективность данного процесса.

На рисунках 3.3 и 3.4 представлены зависимости влияния температуры раствора пропитки на время впитывания капли воды на поверхности саржи и брезента.

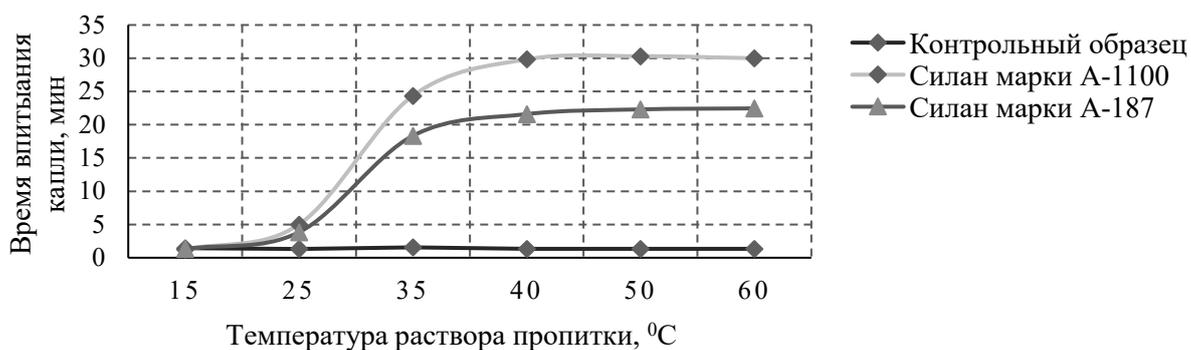


Рисунок 3.3 – Зависимость времени впитывания капли воды на поверхности саржи от температуры раствора пропитки при концентрации силана 50 г/л в растворе и температуре сушки 100 °С

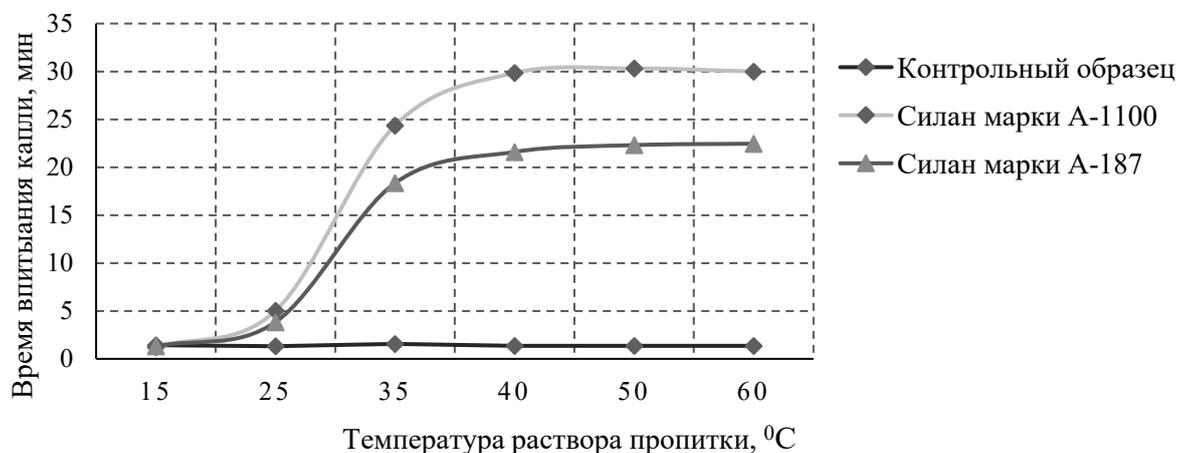


Рисунок 3.4 – Зависимость времени впитывания капли воды на поверхности брезента от температуры раствора пропитки при концентрации силана 50 г/л в растворе и температуре сушки 100 °С

Как следует из рисунков 3.3 и 3.4, температура раствора пропитки так или иначе влияет на показатели впитываемости капли воды. Так, при температуре раствора пропитки 15 и 25 °С показатель времени впитывания капли воды по сравнению с контрольными образцами не отличается. Увеличение времени впитывания капли воды на сарже происходит при температуре раствора пропитки 40 °С как при обработке силаном марки А-1100, так и силаном марки А-187. Дальнейшее увеличение температуры пропитки не способствует улучшению показателя и результаты повторяются. Повышение температуры до

40 °С активирует химические процессы взаимодействия пропиточного состава с волокнами ткани, улучшая её водоотталкивающие характеристики. Повышение температуры выше 40 °С указывает на деструктивное воздействие высоких температур на молекулярную структуру раствора.

Таким образом, представленные выше результаты позволяют заключить, что обработка текстильных материалов силанами марок А-1100 и А-187 в качестве гидрофобизаторов способствует получению поверхностей с водоотталкивающими свойствами. Рекомендуемыми параметрами являются: концентрация силана в растворе 50 г/л, температура раствора пропитки 40 °С, температуре сушки образцов – 100 °С. По результатам проведенных исследований выявлено, что обработка образцов саржи и брезента силаном марки А-1100 способствует повышению времени впитывания капли воды на поверхности по сравнению с маркой А-187 на 38,8 %.

Поиск оптимальных параметров для придания текстильным материалам водоотталкивающих свойств проводился путем планирования эксперимента по следующим параметрам: концентрация силана в растворе (K_r), температура раствора пропитки (T_r), температура сушки (T_s).

Определяющим параметром выбран показатель времени впитывания капли (T_{vk}). С помощью пакета программ Statistica 10.0 проведен расчет оптимальных параметров обработки с водоотталкивающей пропиткой образцов саржи и брезента (рисунки 3.5, 3.6, 3.7).

По результатам оптимизации трех параметров обработки текстильных материалов с водоотталкивающей пропиткой на основе силана (температура раствора пропитки, температура сушки образцов, концентрация силана в растворе) выявлены интервалы их значений, позволяющих получить водоотталкивающие текстильных материалы, включающие значения, найденные экспериментальным путем (таблица 3.3).

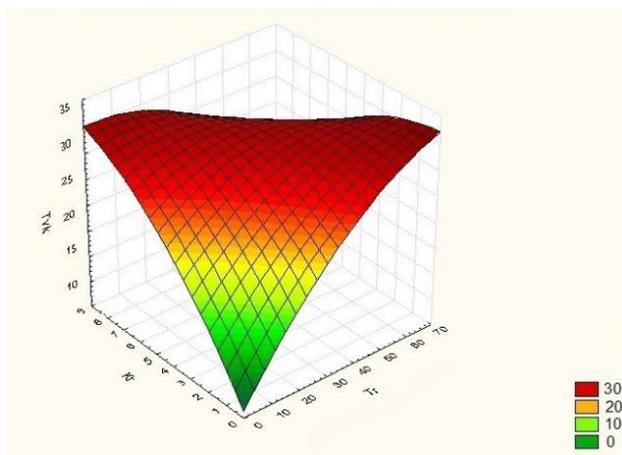


Рисунок 3.5 – Оптимизация параметров обработки текстильных материалов водоотталкивающей пропиткой на основе силана при температуре сушки образцов 100 °С. Функция отклика – время впитывания капли воды на поверхности обработанных образцов. Переменные: концентрация силана в растворе, температура раствора пропитки.

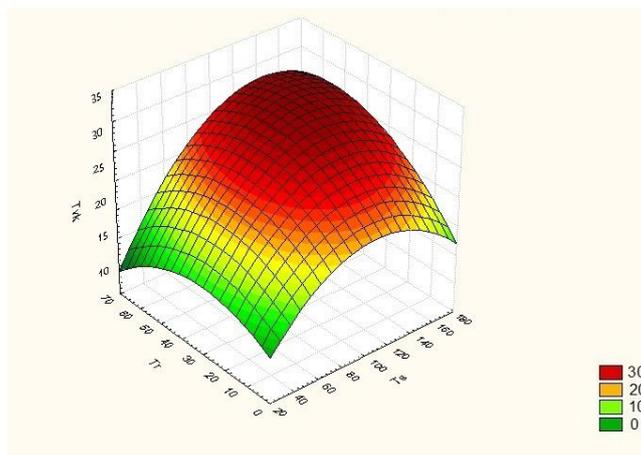


Рисунок 3.6 – Оптимизация параметров обработки текстильных материалов водоотталкивающей пропиткой на основе силана при концентрации 50 г/л. Функция отклика – время впитывания капли воды на поверхности обработанных образцов. Переменные: температура сушки образцов, температура раствора пропитки.

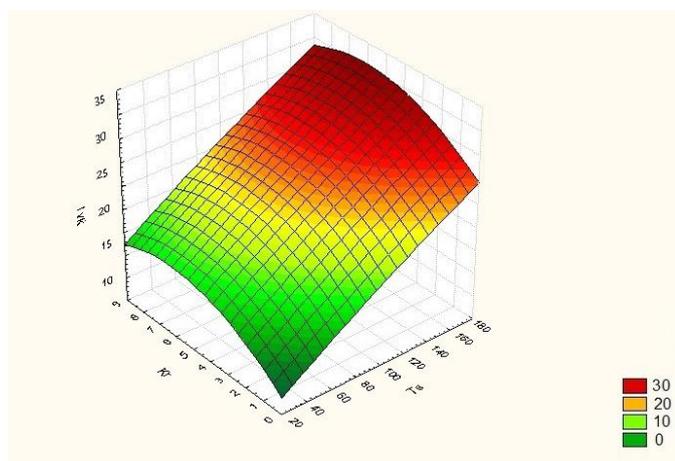


Рисунок 3.7 – Оптимизация параметров обработки текстильных материалов водоотталкивающей пропиткой на основе силана при температуре раствора пропитки 40 °С. Функция отклика – время впитывания капли воды на поверхности обработанных образцов. Переменные: температура сушки образцов, концентрация силана в растворе.

Таблица 3.3 – Оптимальные параметры обработки текстильных материалов ВО составом на основе силана для придания водоотталкивающих свойств

Параметры обработки	Образец саржи	Образец брезента
Концентрация силана в растворе, г/л	50	50
Температура сушки образцов, °С	100	100
Температура раствора пропитки, °С	40	40

Используя представленные в таблице 3.3 режимы обработки текстильных материалов, проведены исследования показателя водопоглощения и краевого угла смачивания обработанных образцов.

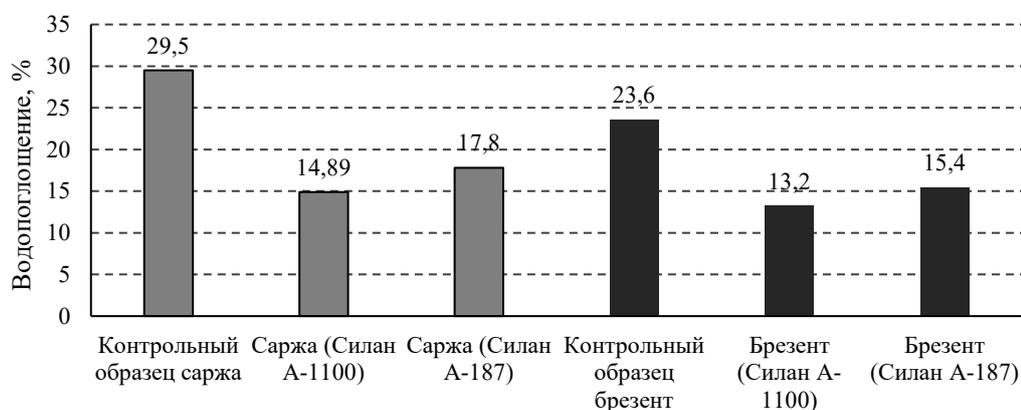


Рисунок 3.8 – Показатель водопоглощения образцов саржи и брезента при концентрации силана 50 г/л в растворе, температуре раствора пропитки 40 °С, и температуре сушки 100 °С

Как видно из рисунка 3.8 обработка саржи силаном марки А-1100 способствует понижению водопоглощения по сравнению с контрольным образцом на 49,5 %, а силаном марки А-187 на 40,3 %, брезента – на 44% силаном марки А-1100 и на 35% силаном марки А-187.

Из полученных результатов следует, что обработка саржи и брезента с использованием силанов марок А-1100 и А-187 способствует достижению низкого уровня водопоглощения. Сравнительная оценка двух марок используемых силанов показала, что обработка текстильных материалов

силаном марки А-1100 позволяет снизить показатель водопоглощения по сравнению с силаном марки А-187 на 15 %.

На рисунке 3.9 представлены результаты показателя краевого угла смачивания образцов, обработанных силанами марок А-1100 и А-187 (саржи и брезента) и контрольных.

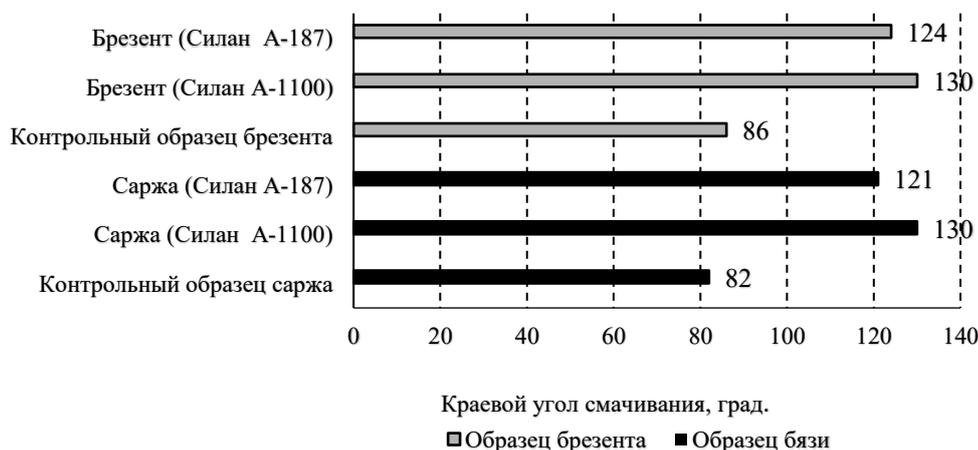


Рисунок 3.9 – Значения краевого угла смачивания саржи и брезента при концентрации раствора силана 50 г/л, температуре раствора пропитки 40 ° и температуре сушки 100 °С

Измеренные величины краевого угла смачивания поверхности саржи и брезента растворами исследуемых марок силанов подтверждает результаты проведенной ранее оптимизации составов по времени впитывания капли воды. Так, гидрофобность текстильных материалов повышается с увеличением краевого угла смачивания. Например, значение показателя краевого угла смачивания поверхности саржи и брезента растворами силана А-1100 повышается до 130°, в то время как обработка силаном марки А-187 способствуют повышению измеряемого показателя до 124° для брезента, 121° – саржи. Таким образом, силан марки А-1100 повышает гидрофобность материалов (или краевой угол смачивания) по сравнению с силаном А-187 на 4,6%.

Исследовано влияние экспериментальных водоотталкивающих пропиток на основе силана А-1100 и А-187 на механическую прочность образцов

текстильных материалов по ГОСТ 3813-72. Полученные результаты представлены на рисунке 3.10.

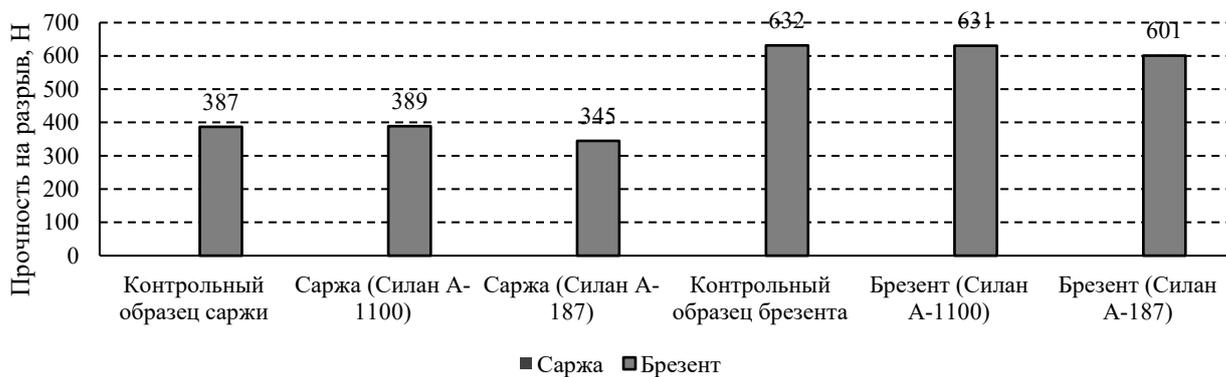


Рисунок 3.10 – Результаты испытания влияния экспериментальных водоотталкивающих составов на основе силана А-1100 и А-187 на механическую прочность

Исходя из результатов, представленных на рисунке 3.10 видно, что обработка саржи и брезента силаном А-187 отрицательно влияет на прочностные характеристики материала и по сравнению с контрольным образцом. Показатель прочности на разрыв снижается на 10,8 %. Снижение прочности на разрыв, возможно, обусловлено как изменением внутренней структуры волокон, вызванным взаимодействием с силаном А-187, так и модификацией межволоконного взаимодействия вследствие формирования гидрофобного покрытия, что в совокупности снижает сопротивляемость материала деформации при растяжении. Обработанные силаном марки А-1100 образцы показывают отсутствие негативного воздействия на прочностные показатели материалов.

При изучении материалов для универсальной рабочей одежды, следует уделить большое внимание таким показателям как электризуемость и огнестойкость текстильных материалов. Так как в промышленности статическое электричество представляет наибольшую взрывопожароопасность. Искра, возникающая из-за статического электричества, может иметь большую энергию, чем минимальная энергия зажигания некоторых опасных веществ. Таким образом, следует изучить вопрос о возможности использования обработки

текстильных материалов кремнийорганическим соединением не только для получения гидрофобных характеристик, но и для возможного снижения накопления статического электричества материалов. Результаты напряжённости электростатического поля, представлены на рисунке 3.11.

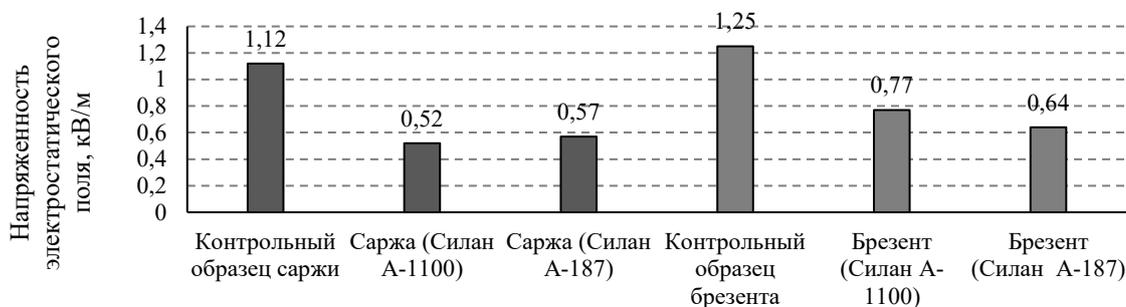


Рисунок 3.11 – Результаты испытания влияния экспериментальных водоотталкивающих составов на основе силана А-1100 и А-187 на напряженность электростатического поля

Таким образом, результаты проведенных исследований по обработке текстильных материалов силанами А-1100 и А-187 свидетельствуют о существенном снижении напряжённости электростатического поля. Данный эффект имеет важное значение для текстильной промышленности, поскольку позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики тканей, что особенно актуально в условиях низкой влажности, при которых наблюдается ускоренное накопление электростатического заряда на поверхности материалов.

По данным литературных источников выявлено, что гидрофобизация может приводить к понижению показателя огнестойкости, так как обработанный текстильный материал содержит в себе большое количество отделочных химических веществ, которые могут быть горючими [174]. В связи с чем проведено исследование показателя огнестойкости материалов, обработанных водоотталкивающим составом на основе силана с целью изучения влияния пропитки на воспламеняемость текстильных материалов.

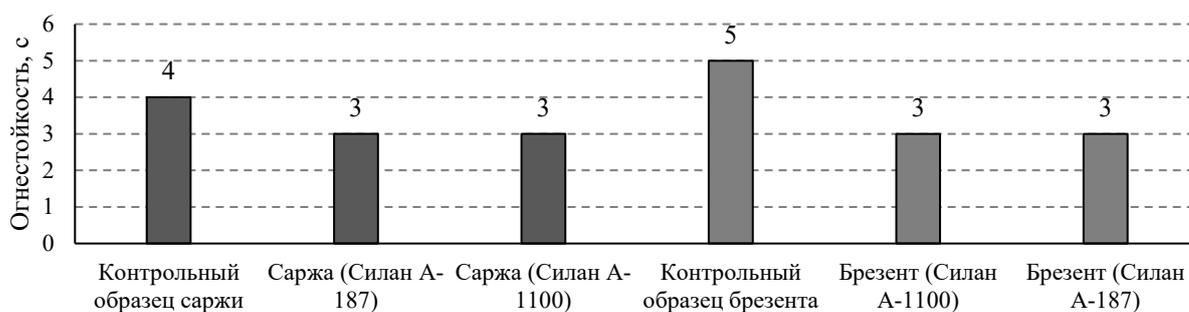


Рисунок 3.12 – Результаты испытания влияния экспериментальных водоотталкивающих составов на основе силана марки А-1100 и А-187 на показатель огнестойкости текстильных материалов

Полученные результаты испытаний огнестойкости текстильных материалов, обработанных силанами марок А-187 и А-1100, свидетельствуют о снижении уровня огнестойкости: образцов саржи – на 25%, образцов брезента – на 40%. Такое снижение показателей огнестойкости обработанных материалов может быть объяснено спецификой физико-химических свойств силанов. Наличие в их структуре органических функциональных групп (например, глицидилокси- в А-187 и амино- в А-1100), а также алкоксигрупп влияет на теплофизические свойства материалов. Например, низкие температуры вспышки, характерные для некоторых органических радикалов в структуре силанов, могут снижать термическое сопротивление обрабатываемых материалов. Силаны способны взаимодействовать с полимерными компонентами текстильных материалов, образуя новые химические соединения. Новообразованные структуры могут обладать меньшей термической устойчивостью по сравнению с исходным целлюлозным волокном. Склонность этих соединений к разложению при повышенной температуре дополнительно снижает огнестойкость обработанных материалов. Таким образом, результаты испытаний свидетельствуют о том, что обработка текстильных материалов водоотталкивающей пропиткой на основе силана оказывает отрицательное влияние на показатель огнестойкости. Данный факт ограничивает использование материалов, обработанных водоотталкивающим составом на основе силана в качестве материалов для проектирования универсальной рабочей одежды.

На основании проведенных исследований можно заключить, что обработка текстильных материалов силаном марки А-187 нецелесообразна по сравнению с использованием силана марки А-1100. Анализ результатов показал, что образцы, обработанные силаном А-187, демонстрируют ниже показатели краевого угла смачивания на 4,6% и водопоглощения на 15%, чем образцы, обработанные силаном А-1100. Кроме того, опытные образцы, обработанные силаном А-187, показывают снижение прочностных характеристик, что также сказывается на надежности и долговечности материалов в процессе использования. Важно отметить, что результаты экспериментов подтвердили эффективность силана А-1100 в качестве водоотталкивающего состава, однако установлено, что использование данного компонента связано с некоторым снижением показателя огнестойкости образцов. Такое снижение показателя, в свою очередь, обусловлено потерей термостабильности пропитанной ткани, что неприемлемо для материалов, предназначенных для изготовления рабочей одежды.

Учитывая все вышеперечисленные факторы, для достижения оптимальных водоотталкивающих характеристик исследуемых материалов для дальнейшего использования выбран силан марки А-1100. Тем не менее, одного компонента недостаточно для обеспечения всех необходимых защитных характеристик, что подтверждает необходимость комплексного подхода к выбору состава для текстильных материалов, предназначенных для проектирования универсальной рабочей одежды. Следовательно, для создания текстильных материалов с надежной защитой от влаги и от кратковременного воздействия огня целесообразно рассмотреть использование дополнительных компонентов в сочетании с силаном А-1100 для достижения оптимальных эксплуатационных свойств.

3.2 Исследование влияния водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на эксплуатационные характеристики текстильных материалов

Согласно данным литературных источников [179-181] наиболее огнестойким модификатором является обработка текстильных материалов хлорпарафином (ХП). Известно, что ХП при воздействии высоких температур разрушается, выделяя хлороводород, изолирующий волокна от пламени и препятствующий воспламенению, кроме того, он, обладая энтальпией разложения, поглощает тепло во время разрушения, что снижает температуру и препятствует распространению пламени. Молекулы хлорпарафина (ХП) образуют защитный слой, препятствующий проникновению воды, что особенно актуально в условиях повышенной влажности.

Взаимодействие силана, который обеспечивает низкое поверхностное натяжение и хорошую адгезию к текстильным волокнам, с ХП может приводить к образованию более прочной и устойчивой пленки, что может значительно повысить эффективность и долговечность водоотталкивающего слоя без негативного влияния на свойства материала.

В связи с этим возникает интерес к совмещению в одной композиции силана марки А-1100 и хлорпарафина (ХП-470) с целью получения высокого устойчивого водоотталкивающего эффекта, совмещенного с огнестойкостью.

Методика получения водоотталкивающей композиции:

Пропитку образцов материалов проводили в водном растворе силана (А-1100) и хлорпарафина (ХП-470) при разных соотношениях с целью исследования влияния концентрации на водостойкость поверхности текстильных материалов. В мерном цилиндре соединяли силан и хлорпарафин в массовом соотношении 2:1. Далее в раствор постепенно добавляли дистиллированную воду. Для обеспечения процесса гидролиза аминсилана полученную пропитку выдерживали 3 минуты при комнатной температуре. После, для получения гидрофобной поверхности материала, исследуемые образцы, опускали в емкость

до полного погружения на 10 минут. С помощью пинцета извлекали образцы из пропиточного состава и выкладывали на фильтровальную бумагу и удаляли излишки эмульсии. Высушивали образцы в сушильном шкафу при температуре 100 °С в течении 10 мин, охлаждали до комнатной температуры, после чего подвергали термообработке в сушильном шкафу при температуре 140 °С в течении 2 минут.

Регулирование концентрации проводили добавлением дистиллированной воды при постоянном перемешивании при комнатной температуре [182]. Варианты состава композиций представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Характеристика состава рецептов

Номер рецептуры	Состав, г/л	
	А-1100	ХП-470
1	25,0	12,5
2	25,0	25,0
3	50,0	25,0
4	50,0	50,0
5	75,0	25,0
6	75,0	37,5
7	75,0	75,0
8	100,0	50,0

Изучение влияния составов рецептов на гидрофобность текстильных материалов проводилось по краевому углу смачивания и времени впитывания капли. Полученные результаты представлены на рисунках 3.13 и 3.14.

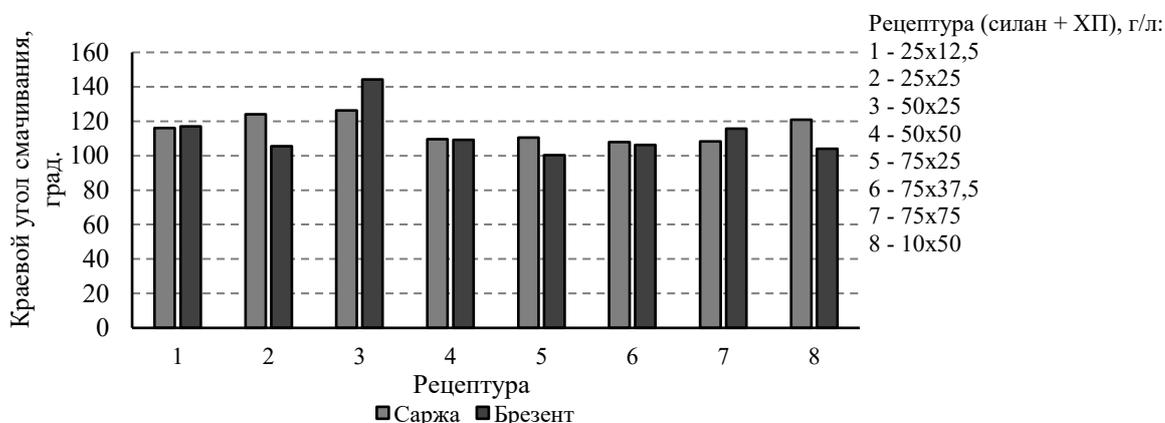


Рисунок 3.13 – Влияние концентрации составов на краевой угол смачивания обработанных материалов саржи и брезента

Полученные результаты, представленные на рисунке 3.13 свидетельствуют об эффективной гидрофобизации – значения краевого угла смачивания всех исследуемых образцов превышают 90 град. Однако при обработке образцов по рецептуре №3 получены наивысшее значения (рисунок 3.14).

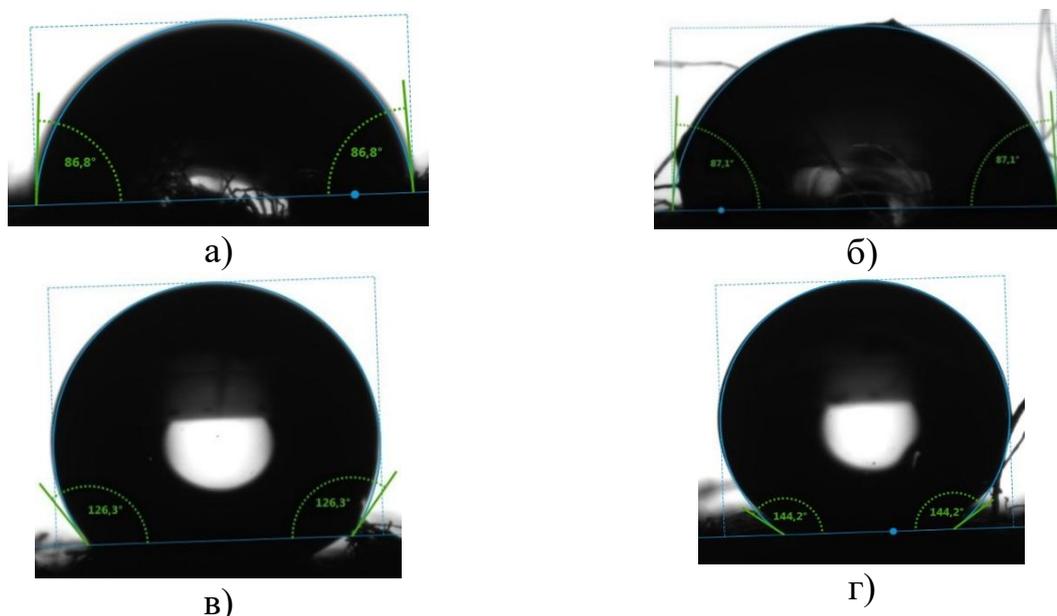


Рисунок 3.14 – Краевой угол смачивания: а) контрольный образец саржа, б) контрольный образец брезент, в) саржа силан+ХП, г) брезент силан+ХП

Краевой угол смачивания является одним из показателей гидрофобности текстильных материалов, но для более точного заключения необходимо провести дополнительные исследования гидрофобных свойств, а именно показатель времени впитывания капли воды, представленный на рисунке 3.15.

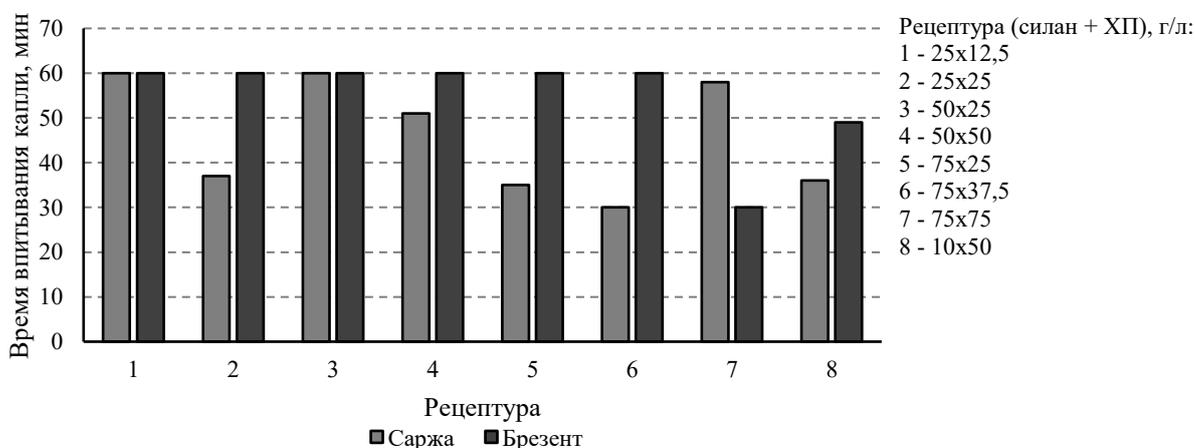


Рисунок 3.15 – Влияние концентрации составов на показатель времени впитывания капли обработанных материалов саржи и брезента

Полученные результаты измерения времени впитывания капли показали, что на образцах саржи, обработанных составами по рецептурам № 2, 4, 5, 6, а также на образцах брезента, обработанных рецептурами № 7 и 8 наблюдается интенсивное растекание капель воды (менее 30 мин в условиях контролируемой влажности воздуха) после нанесения без проникновения на изнаночную сторону.

Установлено, что увеличение концентрации ХП в композиции свыше 50 г/л приводит к значительному увеличению массы образцов тканей и ухудшению их эстетических показателей, материал приобретает «жирную» поверхность. При рецептурах с содержанием силана А-1100 свыше 50 г/л. (рецептуры №5–8, табл. 3.4) образцы тканей приобретают заметную жесткость, при этом наблюдается впитывание воды в материал в течение 30 мин после нанесения (рисунок 3.15), что связано с особенностями устойчивости водных растворов силанов [183].

В ходе эксперимента установлена зависимость между концентрацией пропитки и уровнем гидрофобности, что позволило выявить диапазон, в котором достигается максимальный эффект.

Следующим важным этапом работы является оптимизация условий обработки материалов, что потребует глубокого статистического анализа. С помощью пакета программ «Statistica 10.0» определены наиболее эффективные параметры пропитки с точки зрения экономических и функциональных характеристик.

В процессе оптимизации учитывались не только результаты экспериментальных измерений, но и взаимодействие различных факторов, таких как время сушки, температура и состав пропитки. Используя многомерные статистические методы, возможно выявить оптимальное сочетание условий, позволяющее достигнуть максимальных показателей гидрофобности с минимальными затратами на расходные материалы.

Для установления оптимального сочетания концентраций силана марки А-1100 и ХП-470 в растворе композиции проведено центральное рототабельное

композиционное планирование эксперимента с использованием программного пакета Statistica 10.0, результаты которого приведены на рисунке 3.16.

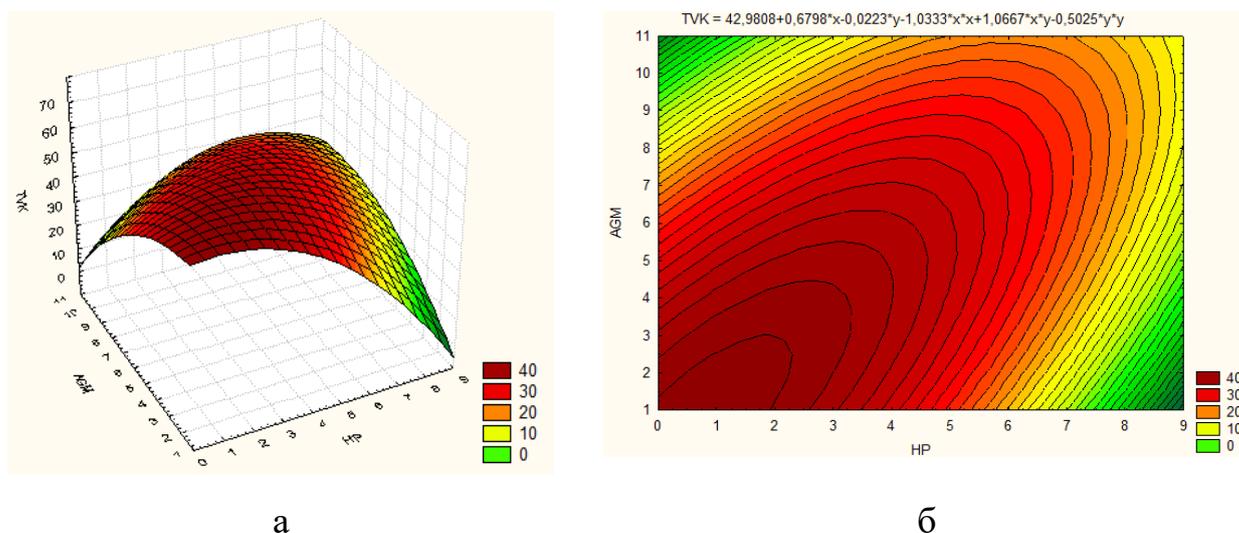


Рисунок 3.16 – Результаты оптимизации рецептуры модификатора хлопчатобумажной ткани (функция отклика – время впитывания капли): а – поверхность отклика; б – концентрации силана А-1100 и ХП-470

Полученное по результатам оптимизации параметров эксперимента уравнение:

$$TVK = 42,9808 + 0,6798x - 0,0223y - 1,0333x^2 + 1,0667xy - 0,5025y^2$$

позволяет сделать вывод о нецелесообразности повышения концентрации силана А-1100 более 6%, а ХП-470 – более 3,0%, так как в этом случае, значение времени впитывания капли становится менее 30 минут, что не соответствует требованиям, предъявляемым к гидрофобности ткани.

Таким образом, наиболее эффективной обработки материалов водоотталкивающей пропиткой на основе силана и ХП можно добиться в диапазоне средних концентраций, что может быть связано с тем, что с одной стороны компоненты сохраняют свое положительное воздействие, а с другой – взаимодействие между ними остается оптимальным.

Сопоставив полученные результаты исследуемых показателей времени впитывания капли, краевого угла смачивания и планирования эксперимента с использованием программного пакета Statistica 10.0, принято установить следующие рецептуры для улучшения водоотталкивающих свойств материалов:

- для саржи: №1 (25,0 г/л А-1100 на 12,5 г/л ХП), №3 (50,0 г/л А-1100 на 25,0 г/л ХП);

- для брезента: №1 (25,0 г/л А-1100 на 12,5 г/л ХП), №3 (50,0 г/л А-1100 на 25,0 г/л ХП) и №4 (25,0 г/л А-1100 на 12,5 г/л ХП).

По отобранным рецептурам проведено исследование показателей водоупорности по ГОСТ Р 51553-99 и водопоглощения по ГОСТ 3816-81. Для оценки эффективности разработанных композиций проведен сравнительный анализ с промышленными материалами-аналогами, характеристики которых представлены в главе 2. Результаты исследований, представлены на рисунках 3.17 и 3.18.

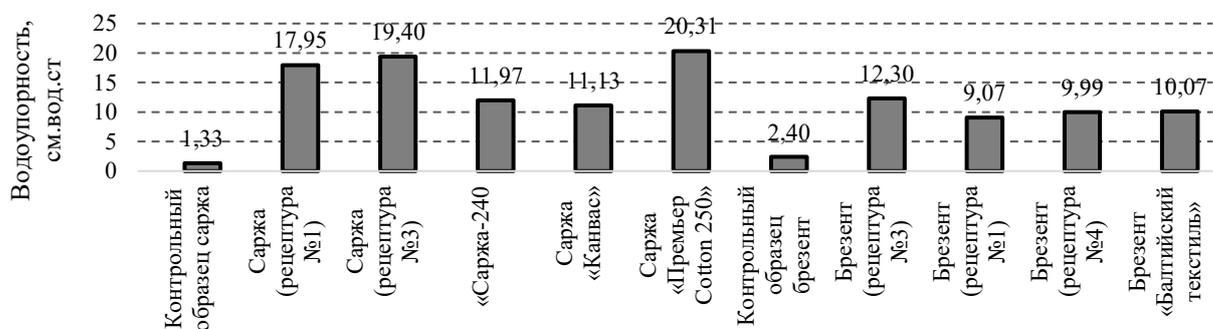


Рисунок 3.17 – Результаты исследования показателя водоупорности экспериментальных образцов и образцов-аналогов

Полученные результаты (рисунок 3.17) показателя водоупорности материалов показали, что значения опытных образцов в 15 раз превышают значение контрольных образцов саржи, и в 5 раз – для образцов брезента. Наибольшее значение показателя водоупорности отмечается у образцов саржи, обработанных составом по рецептуре № 3. Опытные образцы саржи превосходят промышленные аналоги по показателям водоупорности:

- на 62% отечественный аналог «Саржа-240»;
- на 74% импортный аналог «Канвас» (Китай).

Образцы брезента, обработанные составом по рецептуре №3, также по показателю водоупорности превосходят отечественный промышленный аналог на 22%.

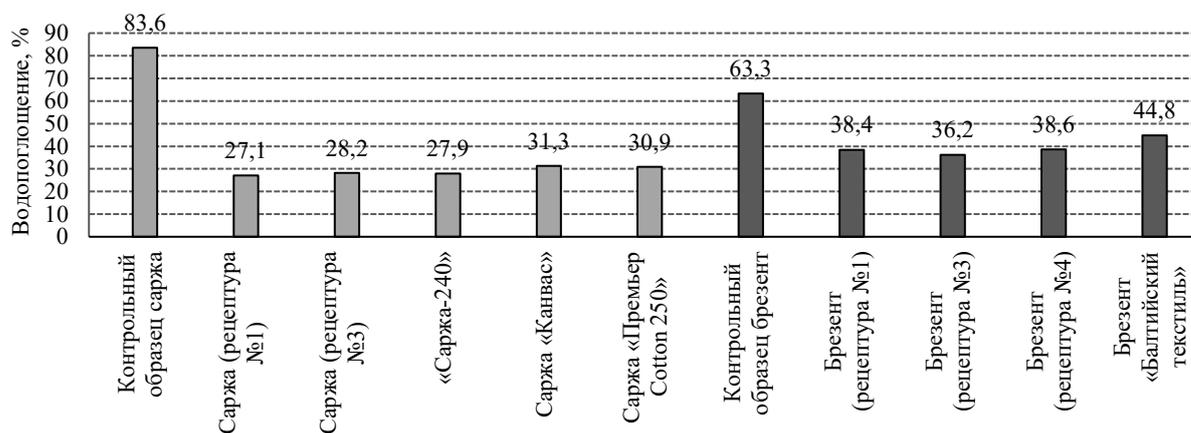


Рисунок 3.18 – Результаты исследования показателя водопоглощения экспериментальных образцов и образцов-аналогов

В отличие от контрольных образцов саржи, образцы, обработанные по рецептурам № 1 и № 3, показали более низкие значения показателя водопоглощения – 27,1% и 28,2%, соответственно. Данные результаты свидетельствуют о значительном повышении водоотталкивающих свойств обработанных образцов по сравнению с контрольными. Уменьшение водопоглощения более чем на 66% по сравнению с контрольными образцами указывает на эффективное применение обработки материалов ВО композицией, которая способствует улучшению защитных свойств материалов.

При сравнении образцов брезента наблюдается аналогичная тенденция изменения, как и у образцов саржи, с показателем водопоглощения, который на 39% ниже по сравнению с контрольными образцами. Образцы «Канвас» и «Премьер Cotton 250» показали более высокие показатели водопоглощения – 31,3% и 30,9% по сравнению с обработанными образцами с ВО композицией. Это свидетельствует о меньшей гидрофобности данных материалов, что может быть связано с их структурными особенностями или составом, делающими их более восприимчивыми к влаге. Особенно высоким уровнем водопоглощения обладает образец брезента «Балтийский текстиль», составляющим 44,8%, что указывает на его низкие гидрофобные характеристики и подверженность воздействию влаги.

В результате проведённого исследования по улучшению водоотталкивающих свойств текстильных материалов, обработанных ВО композицией на основе силана и ХП и сравнительного анализа образцов-аналогов, получены положительные результаты, свидетельствующие о значительном повышении их водоотталкивающих свойств. Согласно полученным данным, наилучшие показатели водоупорности и водопоглощения обеспечиваются рецептурой №3, включающей 50 г/л силана и 25 г/л ХП.

Однако для комплексной оценки функциональных характеристик обработанных текстильных материалов необходимо провести детальное исследование их прочностных характеристик. Прочность является критически важным параметром, определяющим не только долговечность, но и эксплуатационные возможности материалов в реальных условиях.

На следующем этапе исследования проведено комплексное испытание механических характеристик образцов, обработанных ВО композицией на основе силана и ХП. Проведены испытания прочности на разрыв и раздир, разрывное удлинение, а также испытания на устойчивость к истиранию. Полученные результаты представлены в таблице 3.5. Данные исследования позволяют не только установить степень влияния обработки материалов ВО композицией на основе силана и ХП на прочностные свойства, но и выявить возможные ограничения, возникающие при использовании материалов в различных условиях эксплуатации.

Результаты исследования прочностных характеристик образцов материалов показали, что их обработка ВО композицией на основе силана и ХП не несет негативного влияния как на их прочность в направлении нитей основы, так и на прочность нитей утка. Кроме того, полученные результаты продемонстрировали, что обработка саржи ВО композицией на основе силана и ХП не оказывает негативного влияния на показатель удлинения при разрыве (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Результаты исследований механических характеристик текстильных материалов

Наименование образцов		Наименование показателя					
		прочность на разрыв, Н		прочность на раздир, Н		удлинение, %	
		по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
Контрольные образцы	Саржа	791	272	23	17	28	35
	Брезент	935	696	86	89	21	7
Экспериментальные образцы	Саржа+ВО композиция	791	271	25	29	29	35
	Брезент+ВО композиция	934	700	85	87	26	8
Промышленные образцы-аналоги	«Саржа-240»	784	268	24	18	29	35
	«Канвас»	808	458	36	31	20	24
	«Премьер Cotton 250»	787	598	37	24	29	24
	Брезент «Балтийский текстиль»	936	570	100	99	19	6

Однако следует отметить, что при анализе полученных результатов у брезента наблюдается повышение показателя удлинения при разрыве на 26,3% по основе и на 22,1% по утку. Увеличение показателя удлинения при разрыве свидетельствует о повышенной пластичности материала. Это означает, что материал способен деформироваться перед разрушением, что может быть особенно важным в условиях, где требуется гибкость и способность к адаптации

к внешним механическим нагрузкам. Увеличение показателя удлинения за счет обработки материалов ВО композицией на основе силана и ХП позволяет материалу лучше поглощать и распределять внешние механические усилия. Это свойство значительно снижает вероятность образования трещин и разрывов, увеличивая долговечность и надежность изделий, особенно в условиях эксплуатации, связанных с высокими нагрузками. Экспериментально установлено, что обработка ВО композицией на основе силана и хлорпарафина повышает относительное удлинение брезента при разрыве на 26,3% по основе и на 22,1% по утку, что свидетельствует о возросшей пластичности материала. Данное улучшение механических свойств объясняется формированием на поверхности волокон тонкого покрытия, которое снижает межволоконное трение и облегчает относительное скольжение нитей при растяжении. Благодаря равномерному распределению прикладываемых нагрузок пропиточный слой препятствует локализации напряжений и замедляет образование микротрещин, что повышает прочностные характеристики и эксплуатационную надёжность ткани.

Таким образом, полученные результаты показывают, что применение ВО композиции на основе силана и ХП является высокоэффективным средством улучшения функциональных характеристик текстильных материалов, не приводящим к снижению их механических показателей.

В разделе 3.1 главы 3 диссертации подробно рассматриваются результаты испытаний, показывающие, что обработанные текстильные материалы с ВО пропиткой на основе силана продемонстрировали отрицательные изменения характеристики огнестойкости. Эти данные подчёркивают важность тщательной оценки огнестойких свойств материалов, особенно в контексте их применения в универсальной рабочей одежде. Показатель огнестойкости является критически важным аспектом при проектировании рабочей одежды, поскольку влияет на безопасность работников, особенно в отраслях, сопряженных с высоким риском возгорания, таких как: строительство, металлообработка и в химической промышленности.

Показатель огнестойкости образцов текстильных материалов оценивали по ГОСТ Р 12.4.200-99. Полученные результаты представлены на рисунке 3.19.

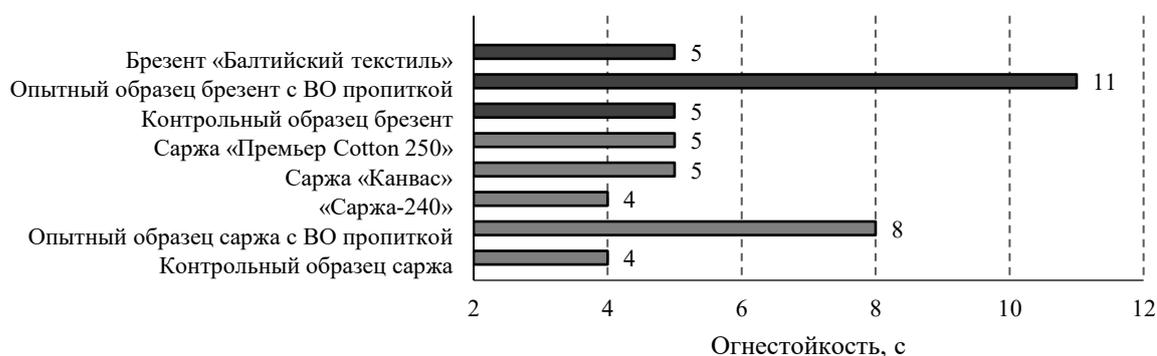


Рисунок 3.19 – Показатель огнестойкости текстильных материалов с ВО композицией на основе силана и ХП и материалов-аналогов

Полученные результаты образцов-аналогов, представленные на рисунке 3.19 показали, что ВО композиция, нанесенная на исследуемые материалы, не ухудшает огнестойкость. Остаточное горение наблюдается у образцов-аналогов «Саржа», «Брезент», «Премьер Cotton 250», «Саржа-240», «Канвас» при воздействии открытого пламени в течение 4-5 сек. Из данных рисунка 3.19 можно сделать вывод о том, что огнестойкость опытных образцов выше по сравнению с контрольными образцами в 2 раза, с образцами аналогами в 1,6 раз. Полученные результаты исследований образцов брезента аналогичны результатам саржи (рисунок 3.25). Так, обработка образцов брезента ВО композицией на основе силана и ХП повышает огнестойкость исследуемых образцов по сравнению с контрольными и образцами-аналогами в 2,2 раза.

В ходе эксперимента по определению огнестойкости проведено наблюдение самозатухания текстильных материалов. Одним из основных показателей самозатухания текстильных материалов является время самостоятельного горения – это время, в течение которого материал продолжает гореть после удаления источника пламени. В соответствии с требованиями пожарной безопасности, время самостоятельного горения текстильных материалов не должно превышать 5 секунд. Исследования показали, что

контрольные образцы и образцы промышленных аналогов после удаления источника пламени не самозатухали, а сгорали с последующим усилением пламени. Опытные образцы показали положительный результат, после удаления источника пламени, образцы в течении 3 секунд самозатухали.

Дополнительно важным аспектом, определяющим безопасность эксплуатации рабочей одежды из текстильных материалов, является напряженность электростатического поля, возникающая вследствие трибоэлектрических процессов при трении поверхностей. Высокий уровень статической электризации может приводить к накоплению заряда, способствующего возникновению искровых разрядов, повышению риска возгорания и дискомфорта пользователей. Таким образом, оценка уровня электростатической активности представляет собой дополнительный критерий качества и безопасности текстильных материалов, обработанных водоотталкивающими покрытиями. На рисунке 3.26 представлены результаты показателя напряженности электростатического поля.

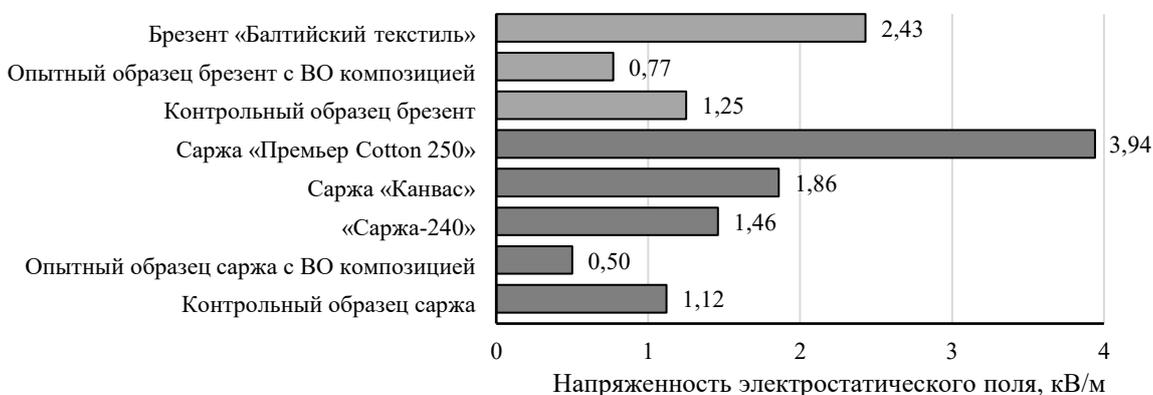


Рисунок 3.20 – Показатель напряженности электростатического поля текстильных материалов с ВО композицией на основе силана и ХП и материалов-аналогов

Полученные результаты (рисунок 3.20) показывают, что образцы текстильных материалов, обработанные ВО композицией на основе силана и хлорпарафина, значительно снижают показатель напряженности

электростатического поля. В частности, для саржи данный показатель уменьшается на 55%, а для брезента – на 38,4% по сравнению с контрольными образцами. Образцы материалов-аналогов показывают более высокие значения напряженности электростатического поля по сравнению с опытными образцами. Наибольшее значение наблюдается у образца «Премьер Cotton 250», которое в 8 раз превышает показатели обработанных образцов.

Таким образом, модификация текстильных материалов из целлюлозосодержащих волокон ВО композицией на основе силана и хлорпарафина является эффективным методом придания материалам водоотталкивающих свойств, повышения их огнестойкости и обеспечения достаточной самозатухающей способности. Кроме того, данная обработка способствует снижению уровня электростатической активности, что делает такие материалы перспективными для применения в производстве рабочей одежды и других изделий, где критически важны как защитные, так и электростатические характеристики.

Исследование водоотталкивающих свойств текстильных материалов является важным аспектом оценки их функциональности, особенно с целью проектирования универсальной рабочей одежды. Однако, высокая гидрофобность может влиять на способность материала отводить влагу и пары, что, в свою очередь, может способствовать созданию условий, благоприятных для размножения микроорганизмов, а также вызывать дискомфорт при эксплуатации, что приводит к снижению работоспособности. Таким образом, между водоотталкивающими и санитарно-гигиеническими характеристиками существует тесная взаимосвязь. Санитарно-гигиенические характеристики материалов определяются их способностью взаимодействовать с человеческим телом и окружающей средой. Ключевыми параметрами, влияющими на характеристики, являются воздухопроницаемость, паропроницаемость, гигроскопичность, влагоотдача и антибактериальная активность текстильных материалов.

Измерения воздухопроницаемости проводились при давлении 100 Па согласно ГОСТ ISO 9237-2013. Результаты воздухопроницаемости текстильных материалов, обработанных ВО композицией на основе силана и ХП, представлены на рисунке 3.21.

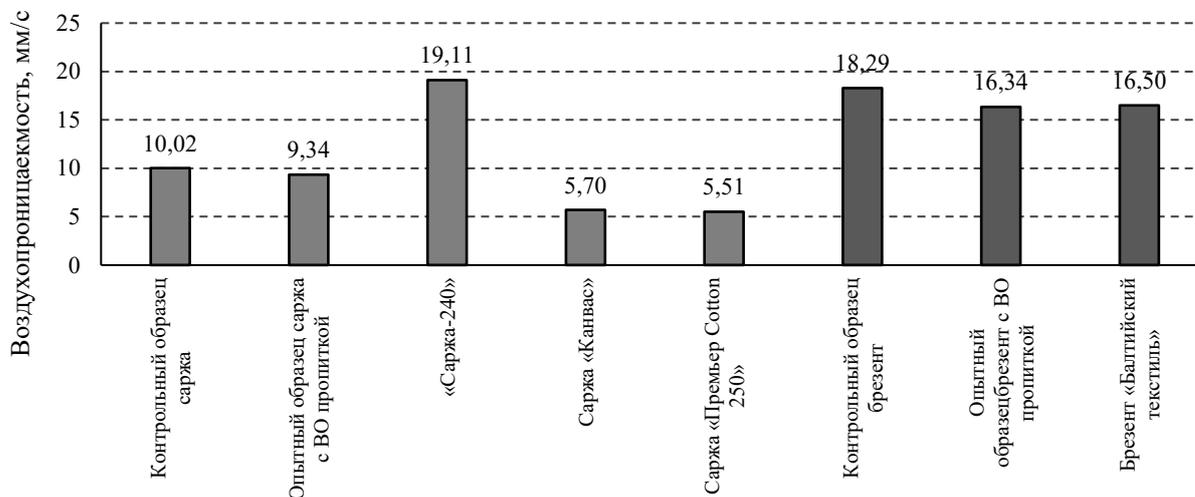


Рисунок 3.21 – Результаты показателя воздухопроницаемости текстильных материалов, обработанных ВО композицией на основе силана и ХП и материалов-аналогов

Показатель воздухопроницаемости обработанного образца саржи на 6,8% ниже по сравнению с контрольным образцом. Анализ образцов брезента продемонстрировал аналогичную тенденцию: обработанные образцы показали снижение показателя воздухопроницаемости на 12% по сравнению с контрольными. При сравнении с образцами-аналогами наивысшие значения показателя воздухопроницаемости наблюдаются у образцов «Саржа-240» равная 19,11 мм/с. Образцы «Канвас» и «Премьер Cotton 250» продемонстрировали наименьший показатель среди материалов аналогов и существенно уступая обработанным образцам на 69%.

Показатель паропроницаемости определяет способность материала пропускать водяные пары, что напрямую влияет на терморегуляцию и общий комфорт при ношении одежды. Высокая паропроницаемость позволяет предотвратить перегрев и накопление влаги, что особенно актуально при интенсивной физической нагрузке. Паропроницаемость определяется как

количество паров воды, прошедшее через единицу площади образца за единицу времени по ГОСТ 22900-78. Полученные результаты паропроницаемости представлены на рисунке 3.22.



Рисунок 3.22 – Результаты показателя паропроницаемости обработанных материалов с ВО композицией на основе силана и ХП и материалов-аналогов

Полученные результаты показывают, что обработанные образцы саржи с ВО композицией пропускают на 4% меньше паров воды, а образцы брезента — на 8% меньше по сравнению с контрольными, не обработанными образцами. Несмотря на небольшое снижение показателей паропроницаемости, эти результаты сохраняются в пределах нормы для текстильных материалов, используемых в рабочей одежде. Снижение паропроницаемости может быть связано с процессом обработки, который, хотя и приводит к уменьшению способности материала отдавать влагу, одновременно укрепляет его защитные свойства. При сравнении с промышленными аналогами видно, что паропроницаемость опытных образцов саржи и брезента идентична с материалами таких марок, как «Премьер Cotton 250» и «Брезент Балтийский текстиль». Это указывает на то, что обработанные образцы демонстрируют конкурентоспособные свойства по сравнению с промышленными аналогами.

Особое внимание стоит уделить образцу саржи марки «Канвас», у которого показатель паропроницаемости на 17% ниже по сравнению с обработанными образцами. Это свидетельствует о том, что состав ВО композиции,

использованный для обработки образца-аналога, не обеспечивает таких же свойств, как применяемые в данном исследовании.

Сравнительный анализ с образцами марки «Саржа-240» показал, что полученные результаты паропроницаемости превышают показатели опытных образцов на 8%. Однако следует отметить, что гидрофобные свойства исследуемых образцов остаются недостаточно высокими (краевой угол смачивания $< 13\%$; водоупорность $< 62\%$). Это подтверждает, что достигнутые показатели опытных образцов обеспечивают оптимальный баланс между защитными свойствами и паропроницаемостью.

В целом, несмотря на небольшое снижение показателей паропроницаемости, результаты остаются в пределах нормы для текстильных материалов. Натуральный состав образцов обеспечивает наличие необходимых гигиенических характеристик без негативного воздействия на пододежный микроклимат. Материалы остаются способными поддерживать комфортные условия для кожи, что особенно важно для рабочей одежды, где комфорт и защита имеют первостепенное значение.

Поскольку рабочая одежда используется в разнообразных областях промышленности и подвергается воздействию различных условий, необходимо обратить особое внимание на сферы деятельности, где присутствует повышенная влажность воздуха. В связи с этим проведено исследование параметра гигроскопичности материалов.

Под гигроскопичностью материалов понимается их способность к поглощению и отдаче водяных паров из окружающей среды. Исследование показателя гигроскопичности проводилось по ГОСТ 3816-81. Полученные результаты представлены на рисунке 3.23.

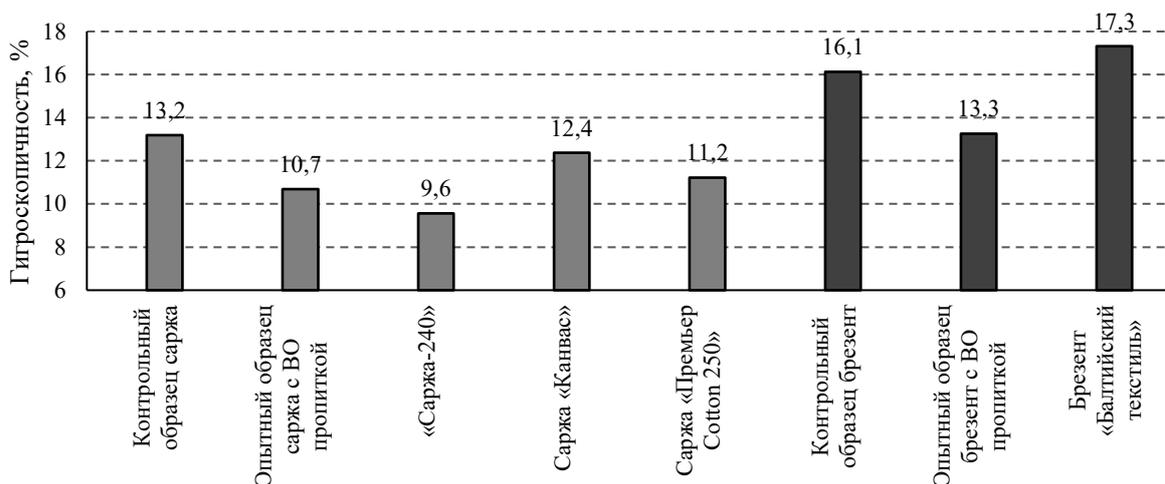


Рисунок 3.23 – Результаты показателя гигроскопичности обработанных материалов с ВО композицией на основе силана и ХП и материалов-аналогов

Из рисунка 3.23, можно сделать вывод о том, что показатель гигроскопичности контрольных образцов саржи и брезента выше на 14% и 23% обработанных образцов соответственно. Эти данные подтверждают ранее полученные результаты о гидрофобных свойствах материалов. Полученные результаты соответствуют требованиям ГОСТ 12.4.280-2014, который устанавливает минимальные требования к рабочей одежде (не менее 5 % нормативных показателей).

Гигроскопичность является важным показателем, так как она определяет, насколько эффективно материал может адсорбировать влагу, однако влагоотдача играет не менее значимую роль в обеспечении комфорта и безопасности при использовании текстильных изделий, особенно в рабочей одежде.

Влагоотдача характеризует способность материала выводить температуру и влагу, что критически важно для поддержания оптимального микроклимата пододежного пространства. Она позволяет избежать накопления избыточной влаги на коже человека и перегрева организма, что, в свою очередь, снижает риск возникновения неприятных ощущений и ухудшения состояния здоровья работников.

Таким образом, исследование влагоотдачи позволяет определить, каким образом свойства текстильных материалов взаимосвязаны и как они влияют на

общее восприятие комфорта. Важно установить, насколько исследуемые материалы способны не только впитывать влагу, но и эффективно ее отводить, что является критически важным аспектом для оценки их пригодности в условиях повышенных физических нагрузок и разнообразных климатических условий. Результаты показателя влагоотдачи представлены на рисунке 3.24.

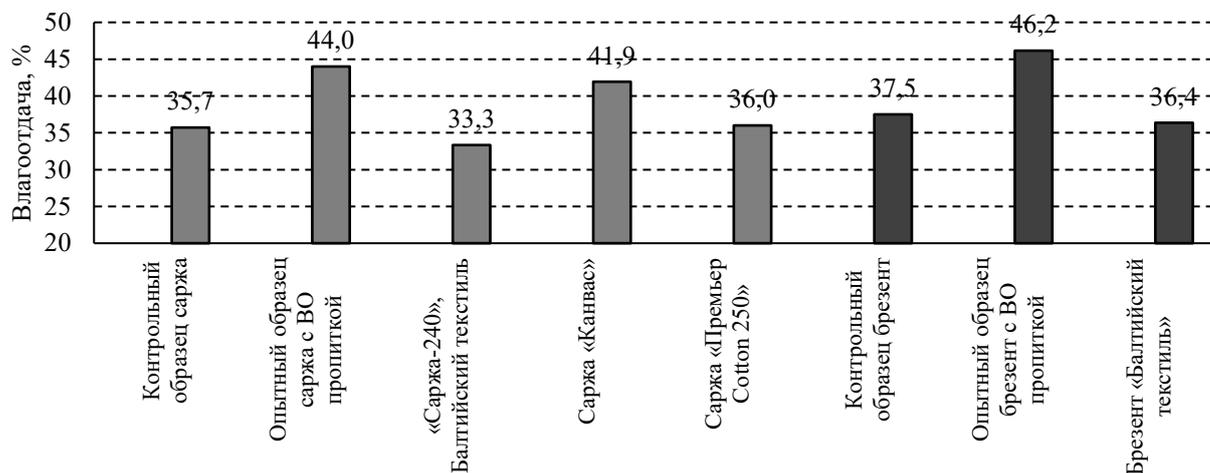


Рисунок 3.24 – Результаты влагоотдачи обработанных материалов с ВО композицией на основе силана и ХП и материалов-аналогов

Полученные результаты показали, что образцы саржи и брезента, обработанные водоотталкивающей пропиткой на основе силана и ХП, по сравнению с контрольными образцами, превышают показатель влагоотдачи на 23%. Данный результат свидетельствует о более высокой эффективности материала в отведении влаги, что, в свою очередь, подтверждает способность поддерживать комфортные условия при эксплуатации. При сравнении с образцами-аналогами важно отметить, что у образцов «Саржи-240» наименьший показатель среди исследованных образцов. Это указывает на низкую эффективность в условиях повышенной физической активности и температурных колебаний. Образцы саржа «Канвас», Брезент «Балтийский текстиль» и саржа «Премьер Cotton 250» продемонстрировали сопоставимые результаты по сравнению с контрольными образцами, указывающие на среднюю эффективность влагоотдачи материалов, при этом ниже, чем у образцов обработанных силаном и ХП на 5% («Канвас») и 22% («Премьер Cotton 250»).

Микробиологическое разрушение текстильных материалов является одним из наиболее распространенных видов повреждений, которые существенно изменяют физические и химические свойства материалов, тем самым снижая их общий уровень качества [188]. Для таких объектов как рабочая одежда, эксплуатируемых в условиях с повышенной влажностью, весьма важной характеристикой является биостойкость – способность долговременно сопротивляться воздействию биологического фактора. Биоповреждения, способствующие разрушению, во многом обусловлены жизнедеятельностью организмов, которые используют волокна текстильных материалов в качестве потенциальной питательной среды. В процессе своего метаболизма эти микроорганизмы могут вызывать гидролиз полимерных структур, как в случае с целлюлозными волокнами, или активно выделять кислоты и ферменты, что приводит к ослаблению структурных связей в волокнах и их разрушению [189, 190]. Ввиду вышеизложенного проведено исследование влияния ВО композиции на основе силана и хлорпарафина на биоповреждаемость текстильных материалов. Полученные результаты представлены в таблице 3.6 и на рисунке 3.25.

Таблица 3.6 – Микробиологическая обсемененность текстильных материалов

Наименование образцов		КМАФАнМ, КОЕ/г	
		ГМФ-агар (бактерии)	Сабуро-агар (микроскопические грибки)
Контрольные образцы	«Саржа»	$1,6 \times 10^5$	$1,0 \times 10^2$
	«Брезент»	$3,1 \times 10^4$	-
Опытные образцы	«Саржа» + ВО композиция	$1,0 \times 10^4$	-
	«Брезент» + ВО композиция	$4,0 \times 10^3$	-
Материалы-аналоги	«Саржа-240»	$5,4 \times 10^4$	-
	«Канвас»	$8,9 \times 10^4$	-
	«Премьер Cotton 250»	$8,2 \times 10^4$	-
	Брезент «Балтийский текстиль»	$1,0 \times 10^6$	-

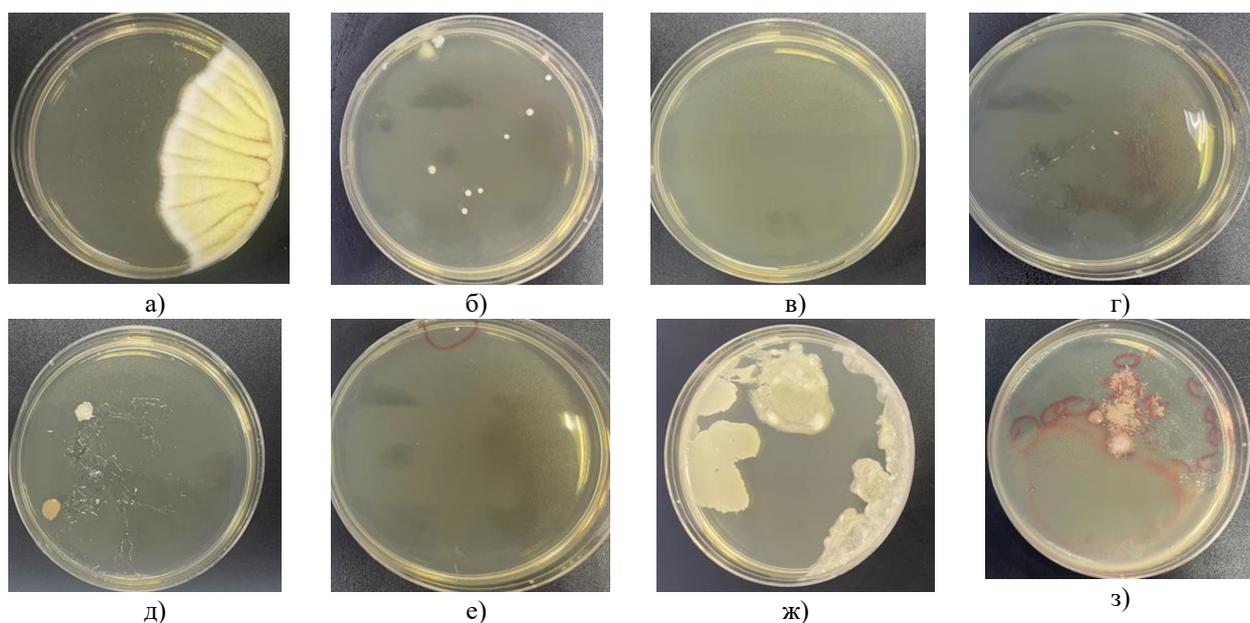


Рисунок 3.25 – Результаты определения дрожжей и плесневых грибов на текстильных материалах: а) контрольный образец «Саржа», б) контрольный образец «Брезент», в) опытный образец «Саржа» + ВО композиция, г) опытный образец «Брезент» + ВО композиция, д) «Саржа-240», е) «Канвас», ж) «Премьер Cotton 250», з) Брезент «Балтийский текстиль».

По результатам проведенного микробиологического анализа установлено, что степень бактериальной обсемененности исследованных тканей составляет от 10^3 до 10^6 КОЕ/г, максимальный показатель у промышленного аналога брезент «Балтийский текстиль». Мицелиальные грибы выявлены только в контрольном образце саржи, зараженность плеснями составила $1,0 \times 10^2$ КОЕ/г образца. На остальных образцах при использовании среды Сабуро, предназначенной для определения дрожжей и плесеней, мицелиальных грибов не обнаружено, однако выявлены дрожжи и бактериальные формы микроорганизмов.

Согласно полученным данным, контрольный образец «Саржа» показал более разнообразное микробное сообщество, что указывает на отсутствие обработки, что, в свою очередь, говорит о низкой эффективности контроля микробной обсемененности. Образцы с различными колониями бактерий также подтверждают необходимость мониторинга, однако мицелиальных форм выявлено не было, что свидетельствует о защите от плесневых грибов в выбранной экспериментальной среде.

Исследуемые контрольные образцы, несмотря на отсутствие стерилизации, не показали заражения плесневыми грибами. Плесень, известная своей способностью разрушать целлюлозные материалы в результате ферментации, отсутствовала в образцах, обработанных ВО композицией. Выявленные микробные формы, в основном представленные бактериальными сообществами, не характеризуют образцы как подверженные плесневению, что доказывает проявление фунгицидных свойств экспериментальных тканей и подтверждает эффективность использования ВО композиции на основе силана и хлорпарафина как способа защиты целлюлозосодержащих текстильных материалов от микодеструкции. Вероятность развития бактериальной обсемененности снижается при низкой влажности окружающей среды, что подтверждает, что в таких условиях микроорганизмы не вызывают значительных биокорреляций.

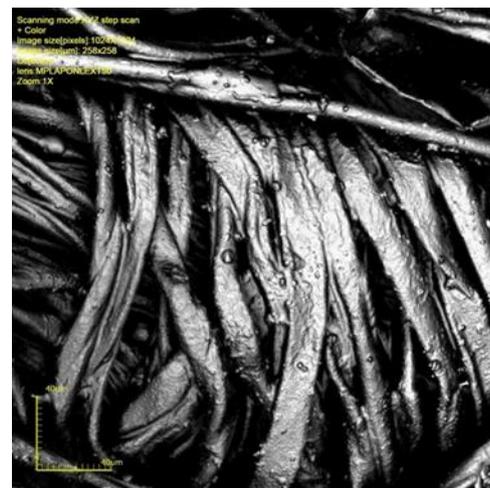
Таким образом, исследование подтвердило, что обработка текстильных материалов ВО композицией на основе силана и ХП не только эффективно обеспечивает водоотталкивающие свойства, но также значительно снижает бактериальную обсеменённость и предотвращает развитие плесневых грибов. Меньшее количество бактериальных форм микроорганизмов и отсутствие плесеней в обработанных образцах, по сравнению с контрольными свидетельствуют о высокой биостойкости и фунгицидных свойствах материалов.

3.3. Механизм взаимодействия водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина с целлюлозными волокнами

Для оценки характера распределения водоотталкивающей композиции в структуре текстильных материалов проведены исследования методом конфокальной микроскопии в отраженном свете на микроскопе Olympus LEXT-4000 на рисунке 3.26.



а



б

Рисунок 3.26 – Результаты конфокальной микроскопии образцов саржи: а – контрольный образец, $\times 300$; б – экспериментальный образец с ВО композицией, $\times 300$

Наблюдаемая микроструктура соответствует известным данным о строении волокон хлопка в виде уплощенных слабо спирализованных трубочек. Выбранное увеличение позволяет увидеть в составе одной нити группу хлопковых волокон шириной до 25 мкм и толщиной до 6 мкм. На поверхности волокон наблюдается продольный рельеф, связанный с фибриллярной структурой первичной и вторичной стенок хлопкового волокна. При сопоставлении с малым делением шкального отрезка (соответствует 3 мкм) размер деталей рельефа волокон составляет 1–3 мкм.

Результаты микроскопии образца, обработанного экспериментальной композицией (рисунок 3.26 б), демонстрируют явные отличия с исходным образцом. В частности, естественный рельеф волокон скрыт слоем композиции, при этом композиция равномерно покрывает поверхность отдельных волокон, а также не наблюдается отложений композиции в межволоконных пространствах. Толщину слоя композиции можно примерно оценить в 1–3 мкм.

Для исследования строения силана А-1100, ХП-470 и их композиции проведена идентификация методом ИК-Фурье спектроскопии на спектрометре

Frontien (Perkin Elmer) с применением приставки нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО). Спектры соединений и соответствующие функциональным группам характеристические полосы поглощения представлены в приложении на рисунках 1-3 и в таблицах 3.7, 3.8.

Таблица 3.7 – Характеристические полосы пропускания ХП-470

Полоса пропускания, см ⁻¹	Соответствие характеристическим группам, колебаниям
2934	валентные асимметричные и симметричные колебания СН ₂ -групп
2883	
1444	деформационные колебания СН ₃
1381	деформационные колебания С-Н-
1263	деформационные колебания СН ₃ -
906	деформационные колебания (-СН ₂ -) _n -СН ₃
738	валентные колебания С-Сl
652	валентные колебания С-Сl
609	валентные колебания С-Сl

Таблица 3.7 – Характеристические полосы пропускания ВО композиции на основе силана и ХП

Полосы пропускания аминсилана, см ⁻¹	Полосы пропускания смеси аминсилана и хлорпарафина, см ⁻¹	Соответствие характеристическим группам, колебаниям
2974	2973	характеристические полосы валентных асимметричных и симметричных колебаний СН ₂ -групп
2927	2927	
2885	2883*	
1443	1443	деформационные колебания СН ₃
1390	1390	деформационные колебания С-Н-
1295	1295	деформационные колебания СН ₃ -
1166	1166	валентные колебания Si-O-C
1100	1101	валентные колебания Si-O
953	954	валентные колебания Si-O-C
854	855	деформационные внеплоскостные колебания С-Н
766	768	деформационные колебания связи N-H аминогруппы
—	653	валентные колебания С-Сl
—	611	валентные колебания С-Сl

Текстильные материалы, являясь многокомпонентными системами, содержат различные добавки, красители и другие примеси, а также из-за сложного химического состава их ИК-спектры часто характеризуются

накладывающимися полосами поглощения, что затрудняет идентификацию конкретных функциональных групп и точную интерпретацию спектральных данных. Поэтому для оценки закрепления водоотталкивающей композиции на текстильной поверхности ИК-спектры регистрировали на модельных образцах. В качестве модельных образцов использовали чистую хлопковую целлюлозу, предварительно очищенную от посторонних примесей. Отсутствие посторонних полос поглощения у таких образцов позволяет однозначно определить функциональные группы, участвующие в реакциях взаимодействия водоотталкивающей композиции с целлюлозным волокном. Для идентификации и подтверждения характера взаимодействия компонентов водоотталкивающей композиции на основе силана марки А-1100 и ХП-470 с текстильным материалом применяли метод ИК-Фурье спектроскопии с помощью ИК-Фурье спектрометра ФСМ 1202 производства фирмы «Инфраспек», Россия. ИК-спектр образцов снимали с помощью приставки многократного нарушенного полного внутреннего отражения (МНПВО) в рабочем диапазоне $650\text{-}4000\text{ см}^{-1}$ при разрешении $4,0\text{ см}^{-1}$. ИК-спектр модельного образца, обработанного ВО композицией на основе силана и ХП-470 представлен на рисунке 3.27.

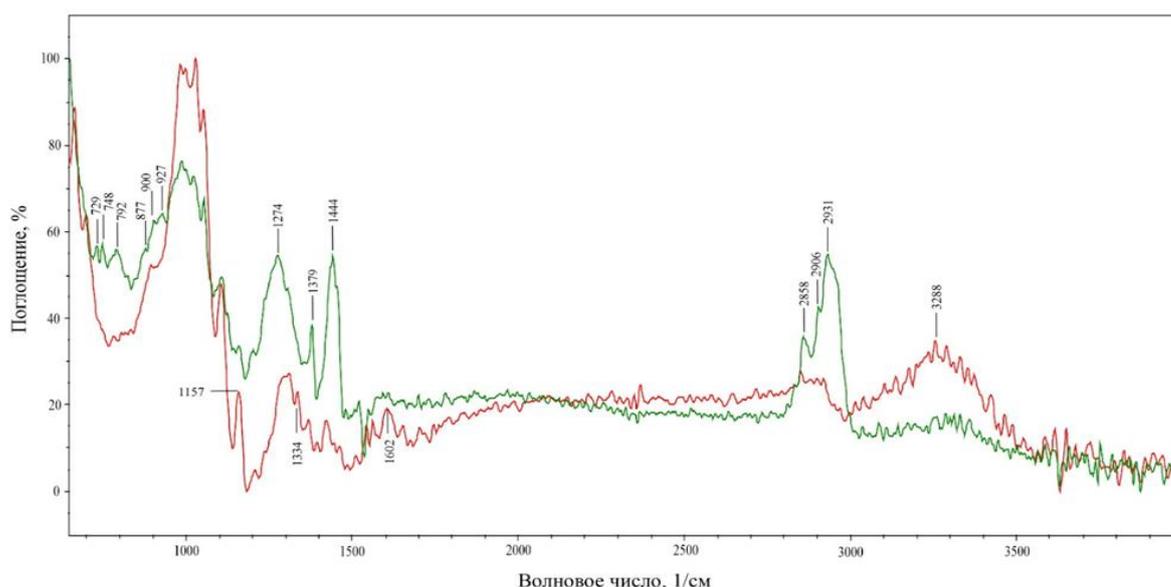


Рисунок 3.27 – ИК-спектр модельного образца, обработанный экспериментальной водоотталкивающей композицией (красный – контрольный образец, зеленый – образец после пропитки)

В ИК-спектре модельного образца, обработанного водоотталкивающей композицией на основе аminosилана и хлорпарафина, наблюдаются полосы поглощения, соответствующие колебаниям хлорсодержащих групп. В ИК-спектре образца, обработанного композицией, проявляются полосы поглощения, отнесенные к колебаниям групп C-Cl 729 см^{-1} , 748 см^{-1} , 792 см^{-1} . По литературным данным поглощение группы C-Cl наблюдается в области $550\text{--}850\text{ см}^{-1}$ [191]. Проявившиеся в опытном образце полосы поглощения в области 1274 см^{-1} , 1379 см^{-1} отнесены колебаниям группы $\text{CH}_2\text{-Cl}$ [191]. В этой же области в опытном образце проявляется полоса поглощения 1444 см^{-1} , которая отвечает деформационным колебаниям CH_3 -группы хлорпарафина. Симметричным и ассиметричным колебаниям CH_2 -группы хлорпарафина отвечают полосы поглощения в области $2858\text{--}2931\text{ см}^{-1}$, соответственно.

В ИК-спектре опытного модельного образца проявляется полоса поглощения в области 927 см^{-1} , отнесенная к валентным колебаниям Si-O-C аminosилана. В области 877 см^{-1} , 900 см^{-1} проявляются колебания групп Si-OH аminosилана.

В ИК-спектре опытного модельного образца по сравнению с ИК-спектром модельного контрольного образца наблюдается отсутствие полос поглощения, характерных для целлюлозы из хлопка [192]: широкая полоса поглощения с главным максимумом в области 3288 см^{-1} , отнесенная к колебаниям OH-группы; полоса поглощения 1602 см^{-1} , отнесенная к деформационным колебаниям группы -НОН; полоса поглощения 1402 см^{-1} , отнесенная к деформационным симметричным колебаниям группы CH_2OH ; полоса поглощения 1372 см^{-1} , которая отнесена к деформационным колебаниям OH- и CH-групп; полоса поглощения 1334 см^{-1} , отнесенная к плоскостным колебаниям группы C-OH. Вероятно, закрепление компонентов водоотталкивающей композиции проходит по метилольным группам целлюлозы.

Для подтверждения влияния ВО композиции на основе силана и ХП на термическое поведение целлюлозосодержащих материалов, а также для установления механизмов термодеструкции обработанных материалов проведен

комплексный дифференциальный термический анализ (ТГ-ДТГ-ДТА), представленные на рисунках 3.28, 3.29.

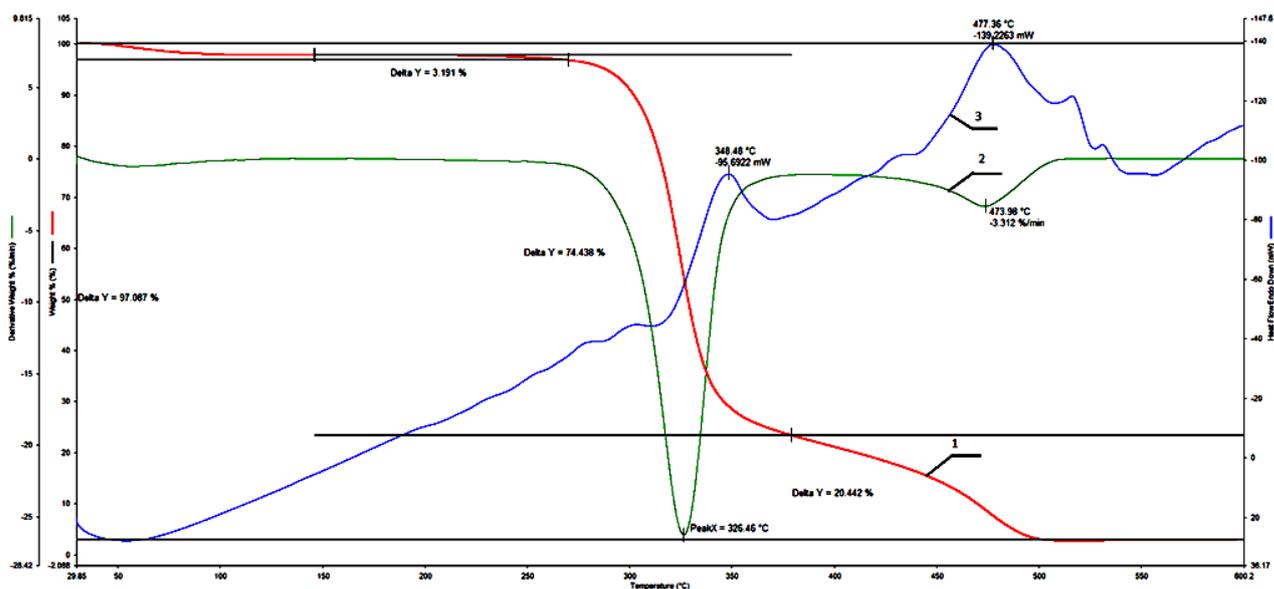


Рисунок 3.28 – Результаты исследований комплексного дифференциального термического анализа контрольных образцов: кривые ТГ (1, красная), ДТГ (2, зеленая), ДТА (3, синяя)

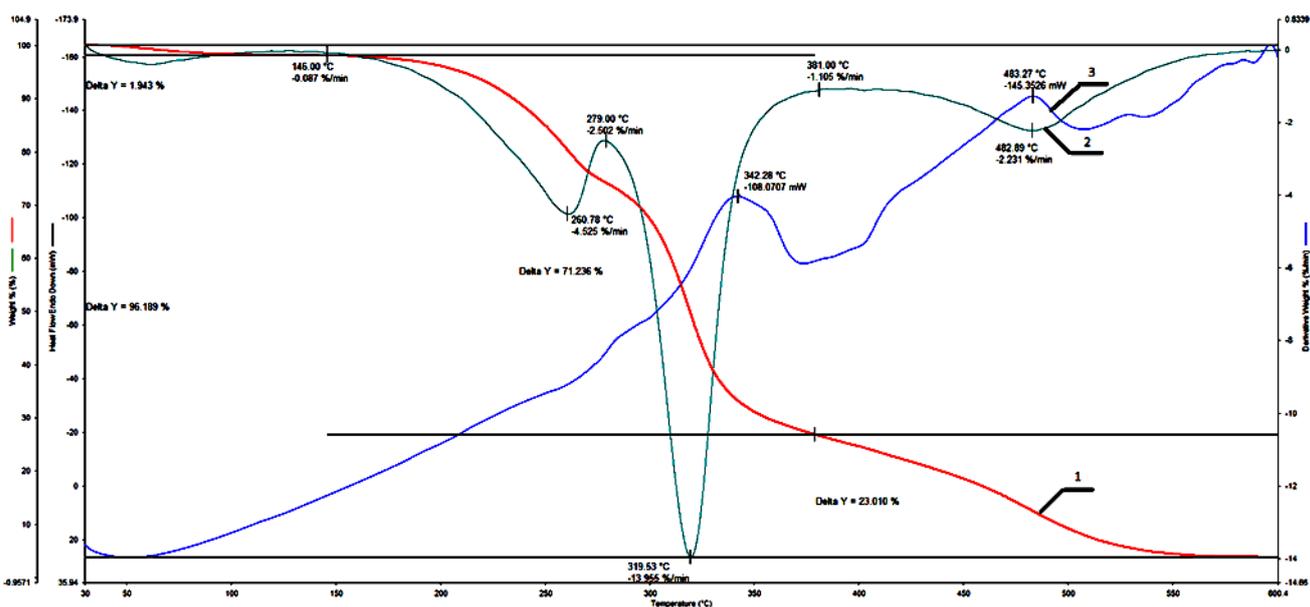


Рисунок 3.29 – Результаты исследований комплексного дифференциального термического анализа экспериментальных образцов с ВО композицией: кривые ТГ (1, красная), ДТГ (2, зеленая), ДТА (3, синяя)

Согласно результатам ТГ-ДТГ, приведенным на рисунке 3.29, на ТГ-кривых можно выделить три температурных области близкие по интервалам к

результатам контрольных образцов (рисунок 3.28). В первой области от температуры начала эксперимента до 146 °С наблюдается плавная потеря массы на 1,94%, что на 1,25% меньше, чем для контрольных материалов. ДТГ-кривая демонстрирует малую выраженность скорости изменения массы во времени. Существенных тепловых эффектов на кривых ДТА не наблюдается, за исключением слабого эндоэффекта, завершающегося до 100°С. Поскольку данная область потери массы связана с десорбцией влаги, то меньшие значения ее потери относительно непропитанного материала обусловлены вытеснением влаги пропиточной смесью. Вторая температурная область отличается характером потери массы от контрольного образца и имеет 2 ступени потери массы:

(1) 146-279° с наибольшей интенсивностью ее потери (минимум на ДТГ-кривой) при 261°С;

(2) 279-371°С с максимальной ее скоростью при 319°С, когда образец материала, согласно ТГ-кривым, теряет 71,24% массы, что на 3,2% меньше, чем у контрольного образца. Скорость процесса потери массы - 13,9%/мин, что в 2 раза ниже, чем у контрольного образца. На кривой ДТА на этапе (1) изменений практически нет, т.е. процессы происходят без изменения энтальпии; на этапе (2) наблюдается экзоэффект, свидетельствующий о выделении тепла, с максимумом при 342°С.

Температурные границы этапа (1) и максимальная скорость потери массы при 261°С, вероятно, связаны с частичным выделением хлорсодержащих компонентов при нагревании образцов с хлорпарафином, что согласуется с данными производителя о выделении хлористого водорода при переработке хлорпарафина выше 200°С.

Этап (2) аналогичен по характеру результатам для контрольных образцов, когда среди совокупности конкурирующих процессов, рассмотренных выше, преимущественно протекает процесс термоокисления целлюлозы хлопковой ткани, сопровождающийся высвобождением тепла [193]. Поведение образцов при нагревании в присутствии хлорпарафина может рассматриваться на основе

механизма его действия как аддитивного антипирена, не вступающего в реакции с целлюлозой ткани [194]. Меньшая на 3,2% потеря массы в целом по второму температурному интервалу относительно контрольного образца происходит вследствие того, что действие аддитивных антипиренов, в частности хлорпарафина, направлено на формирование при нагревании коксообразной закапсулированной поверхности из-за обугленного остатка, ограничивающего распространение процесса горения.

Третья область в высокотемпературной зоне эксперимента 379-560°C характеризуется дополнительной потерей массы согласно ТГ-кривой на 23,01% согласно ТГ анализу. Общая потеря массы в исследуемом диапазоне 30-560 °C составляет 96,19% с образованием кокса в 3,81%, что на 0,9% выше, чем у контрольного образца за счет дополнительного остатка от разложения парафиновой компоненты хлорпарафина. Именно за счет образования термостойкой капсулы при разложении хлорпарафина температура окончания термодеструкции сместилась на 60°C в высокотемпературную область относительно контрольного образца и составила 560°C относительно 500°C для исходной ткани.

По данным ДТГ-анализа скорость потери массы на третьей стадии составила 2,2%/мин и наиболее интенсивна при 483°C, что на 9°C выше, чем у контрольного образца. Экзотермический пик на кривой ДТА имеет максимум при 483°C, что свидетельствует о смещении процессов с выделением тепла на 6°C в высокотемпературную область относительно пика на кривой ДТА для контрольного образца, что обусловлено формированием слоя обугленного хлорпарафина, сдерживающего окислительные и деструктивные процессы в материале. Вследствие сложности процессов, происходящих при нагревании экспериментальных образцов с ВО композицией в замкнутой среде воздуха, вероятные механизмы которых охарактеризованы выше, кроме коксового остатка компонентов пропиточной смеси и целлюлозы ткани, по окончании ТГ-ДТГ и ДТА исследований могут регистрироваться: смолистый остаток

левоглюкозана, H₂O, CO и CO₂, H₂, предельные и непредельные углеводороды, спирты, кетоны и альдегиды [195].

Поскольку эффективность отделки текстильного материала определяется способностью функциональных компонентов фиксироваться на волокне предложена следующая гипотеза.

Закрепление компонентов композиции на целлюлозном субстрате, вероятно, определяется функциональностью аминосилана. Возможны следующие механизмы закрепления на целлюлозных волокнах:

1) наиболее вероятен в водной среде гидролиз этокси-групп аминопропилтриэтоксисилана с образованием гидроксисиланов и отщеплением этанола (рисунок 3.30);

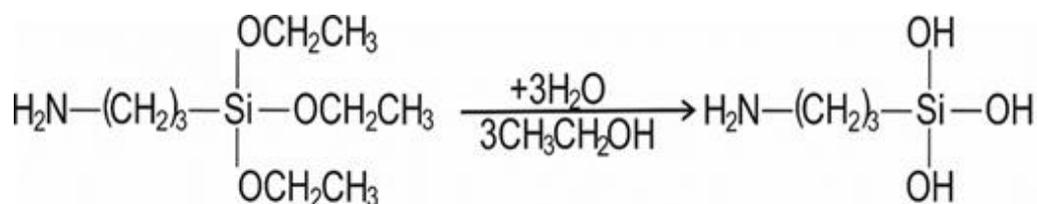


Рисунок 3.30 – Схема реакции гидролиза этокси-групп аминопропилтриэтоксисилана в водной среде с образованием гидроксисиланов и этанола

2) фиксация продукта гидролиза силана на целлюлозе протекает в результате отщепления воды метилольных (CH₂OH) групп целлюлозы и гидроксильных групп силана (рисунок 3.31);

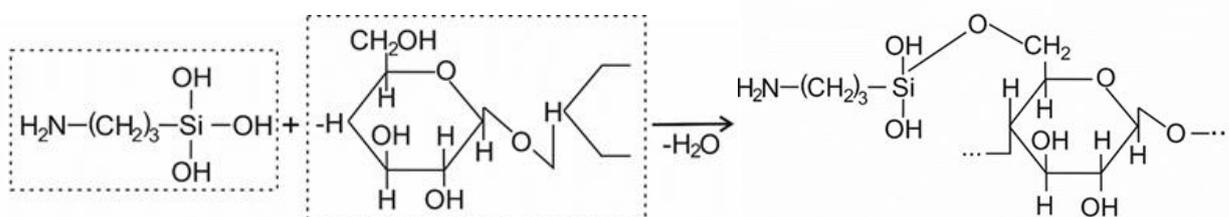


Рисунок 3.31 – Схема механизма фиксации продукта гидролиза силана на целлюлозе через конденсацию метилольных групп целлюлозы и гидроксильных групп силана

3) наиболее вероятным механизмом химического закрепления хлорпарафина является реакция нуклеофильного замещения атомов хлора

аминогруппой силана с выделением хлористого водорода (рисунок 3.32). При этом процесс может протекать как в жидкой композиции, так и на целлюлозном субстрате.

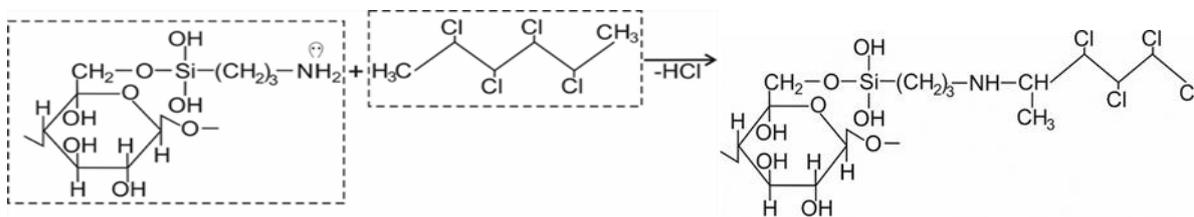


Рисунок 3.32 – Схема реакции механизма нуклеофильного замещения атомов хлора аминогруппой силана с выделением хлористого водорода

Таким образом, полученные результаты с помощью конфокальной лазерной сканирующей микроскопии, показали равномерное распределение водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина по поверхности хлопковых волокон. Формируется плёнка толщиной порядка 1–3 мкм, полностью маскирующая естественный микрорельеф целлюлозных волокон. При этом композиция локализуется преимущественно на поверхности волокон и не заполняет межволоконные промежутки, что способствует сохранению пористости структуры.

Данные ИК-Фурье спектроскопии подтвердили наличие на обработанной поверхности функциональных групп аminosилана и хлорпарафина. Зафиксированы полосы поглощения, соответствующие образованию связей между силановыми фрагментами и гидроксильными группами целлюлозы, что указывает на химическое закрепление композиции. Наличие характерных полос хлорсодержащих групп свидетельствует о сохранении хлорпарафина в составе покрытия.

Комплексный термический анализ выявил три основных температурных интервала потери массы: в низкотемпературной области преобладает удаление физически адсорбированной и связанной влаги; в среднетемпературном диапазоне происходит термодеструкция целлюлозы и связующих компонентов;

при высоких температурах наблюдается интенсивный пиролиз с выделением газообразных продуктов (водорода, оксида углерода и продуктов окисления органических фрагментов). Формирование термостабильного коксоподобного остатка, замедляющего дальнейшую термическую деградацию, коррелирует с присутствием в системе хлорпарафина.

В совокупности полученные данные позволили получить следующий механизм закрепления: этоксигруппы аminosилана вступают в реакцию конденсации с гидроксильными группами целлюлозы, происходит частичная реакция замещения атомов хлора в хлорпарафине аминогруппами силана, после чего на поверхности волокон формируются и осаждаются пространственно сшитые полимерные структуры. Можно говорить о том, что компоненты водоотталкивающей композиции выступают сореагентами при получении модифицированных целлюлозных волокон. Данный тип физико-химического закрепления обеспечивает долговременную фиксацию водоотталкивающих свойств, повышает огнезащитную устойчивость материалов и способствует увеличению срока службы текстильных изделий.

3.4 Результаты исследований потребительских свойств водоотталкивающих текстильных материалов

Для оценки потребительских свойств и долговечности разработанных текстильных материалов с водоотталкивающей композицией на основе силана и ХП проведено исследование устойчивости покрытия к многократной стирке. Полученные результаты позволили оценить устойчивость закрепления водоотталкивающей композиции на текстильных материалах. Оценка проводилась путем повторного исследования показателя времени впитывания капли воды и огнестойкости после многократных стирок. На рисунках 3.33 и 3.34 представлены результаты времени впитывания капли воды и огнестойкости обработанных текстильных материалов ВО композицией на основе силана и ХП после пятикратной стирки.

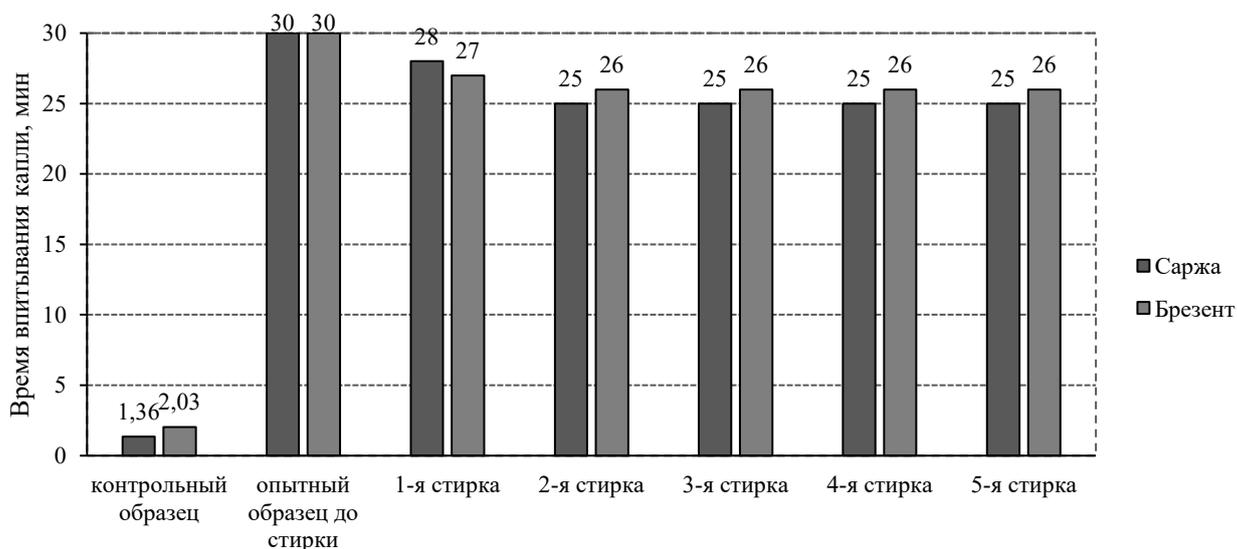


Рисунок 3.33 – Результаты исследования показателя времени впитывания капли после многократной стирки обработанных образцов с ВО композицией на основе силана и ХП

После первой стирки время впитывания капли воды экспериментальных образцов снижается на 7 % по сравнению с опытными образцами до стирки. После второй и последующих стирок показатель стабилизируется на уровне 25 мин, что соответствует его снижению на 17 %. Следует отметить, что капля воды при измерении всех исследованных образцов, кроме контрольного, не проникает до изнаночной стороны материала, а «расползается» по его поверхности.

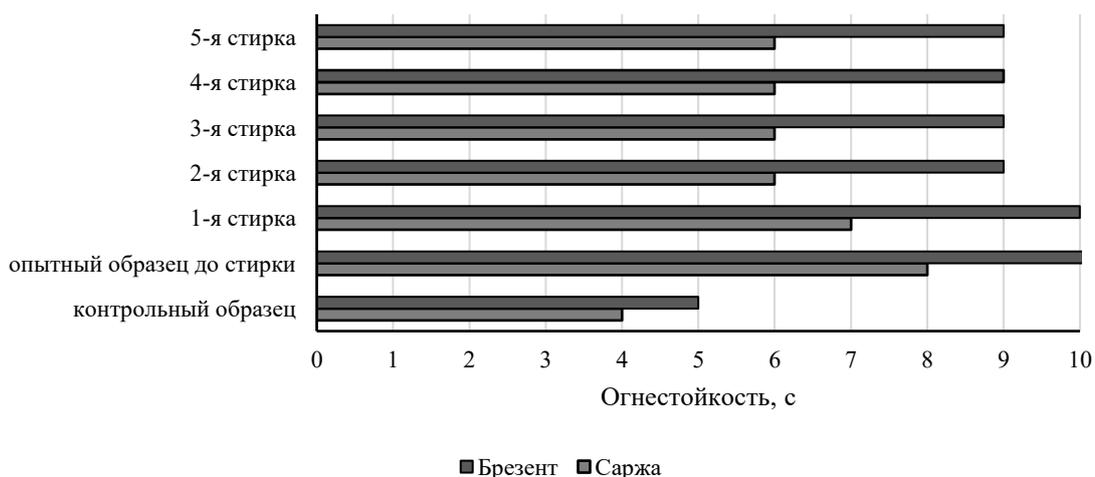


Рисунок 3.34 – Результаты исследования показателя огнестойкости после многократной стирки образцов, обработанных ВО композицией на основе силана и ХП

Как и в случае изменения показателя времени впитывания капли после первого цикла стирки наблюдается незначительное снижение показателя огнестойкости с 8 до 7 секунд для саржи. После второй и последующих стирок показатель стабилизируется на уровне 6 секунд, что свидетельствует о сохранении огнезащитных свойств композиции на протяжении всего цикла испытаний. При анализе образцов брезента наблюдается понижение показателя огнестойкости после второй стирки с 10 до 9 секунд. Как видно, результаты экспериментов свидетельствуют о том, что многократная стирка не приводит к полному вымыванию функционализирующих компонентов с поверхности целлюлозосодержащего текстильного материала.

В ходе проведенных исследований установлено, что текстильные материалы, обработанные ВО композицией на основе силана и ХП, сохраняют свои защитные свойства даже после многократных стирок. Несмотря на небольшое снижение показателей времени впитывания капли и огнестойкости, данные изменения не оказывают существенного влияния на защитные характеристики материалов.

Важно отметить, что рабочая одежда для защиты от общих производственных факторов предоставляется каждый год по одному экземпляру в соответствии с приказом Минтруда от 29.10.2021 №766н «Об утверждении единых типовых норм выдачи средств индивидуальной защиты и смывающих средств». Что означает, даже при незначительном снижении защитных свойств материалов, их замена происходит ежегодно, что обеспечивает постоянную защиту работников.

С точки зрения вероятности сохранения защитных свойств, можно провести следующий расчет. Если стирка происходит раз в неделю, и после четырех стирок сохранение защитных свойств составляет 93%.

Определение вероятности сохранения свойств после каждой стирки:

Если после четырех стирок материал сохраняет 93% своих свойств, то вероятность сохранения свойств после каждой стирки можно рассчитать следующим образом:

$$P_{\text{стирка}} = \sqrt[4]{0,93} \approx 0,982, \quad (3.1)$$

Данное означает, что после каждой стирки материал сохраняет примерно 98,2% своих свойств.

Расчет вероятности сохранения свойств после года использования:

Если стирка происходит раз в неделю, то за год (52 недели) материал будет стираться 52 раза. Вероятность сохранения свойств после года использования можно рассчитать, как:

$$P_{\text{год}} = P_{\text{стирка}}^{52} \approx (0,982)^{52} \approx 0,391 = 39,1\% \quad (3.2)$$

Что означает после года использования материал сохранит примерно 39% своих первоначальных защитных свойств.

Далее для подтверждения конкурентных преимуществ предложенной технологии обработки текстильных материалов ВО композицией на основе силана и ХП проведён сравнительный анализ сохранения водоотталкивающих свойств обработанных материалов с материалами-аналогами, подвергнутыми многократным стиркам (5 стирок). Оценка проводилась по показателю времени впитывания капли, полученные результаты представлены на рисунке 3.35.

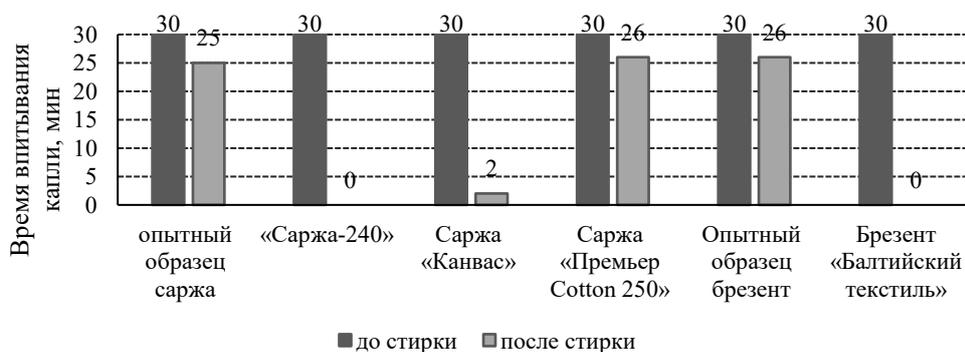


Рисунок 3.35 – Результаты показателя времени впитывания капли воды на поверхности текстильных материалов после многократной стирки

Из рисунка 3.35 можно сделать вывод о том, что у образца «Саржа-240», Брезент «Балтийский текстиль» после многократной стирки показатель времени впитывания капли снизился до 0 мин, что свидетельствует о полной потере гидрофобной способности. Показатель образца «Канвас» также снизился на 93%

по сравнению с начальными характеристиками. Относительно умеренный сдвиг зафиксирован у ткани «Премьер Хлопок 250», у которой показатель времени впитывания капли ухудшился – на 13%.

Эксплуатационные характеристики после многократной стирки представляется целесообразным для выявления закономерностей изменения функциональных свойств текстильных материалов. Проведение серии испытаний (прочность на разрыв, удлинение, напряженность электростатического поля и огнестойкость (таблица 3.8), стойкость к истиранию (рисунок 3.36) позволило установить зависимость ключевых эксплуатационных параметров от числа циклов гидромеханического воздействия.

Таблица 3.8 – Результаты эксплуатационных характеристик текстильных материалов после многократной стирки (5 стирок)

Наименование образцов	Наименование показателя					
	прочность на разрыв, Н		удлинение, %		напряженность электростатического поля, кВ/м	огнестойкость, с
	по основе	по утку	по основе	по утку		
Опытные образцы: Саржа+ВО композиция	675,2	201,4	26,4	34,1	0,8	8,0
Брезент+ВО композиция	873,2	598,1	24,8	7,2	1,1	11,0
Промышленные образцы-аналоги: «Саржа-240»	562,1	206,2	19,4	26,2	1,6	2,0
«Канвас»	521,3	231,2	14,4	20,7	1,4	3,0
«Премьер Cotton 250»	682,4	503,2	25,34	20,7	3,8	5,0
Брезент «Балтийский текстиль»	857,2	402,3	43,1	12,4	2,2	3,0

Полученные результаты, представленные в таблице 3.8 показали, что обработанные образцы ВО композицией сохраняют значительно более высокие механические характеристики после многократных циклов стирки, чем промышленные аналоги. Образец «Саржа + ВО композиция» сохраняет 83 %

прочности по основе и 66% по утку, при этом относительное удлинение при разрыве сохраняется на уровне 93% по основе. Образец «Брезент + ВО композиция» демонстрирует сохранение прочности на 93% по основе и на 83% по утку, а удлинение составляет 92% и 80% соответственно. При сравнении промышленных аналогов доля сохранившейся прочности варьируется в пределах 60% по основе и 50 % по утку, а сохранение удлинения не превышает 87 % (за исключением образца брезента «Балтийский текстиль», у которого наблюдается увеличение эластичности, предположительно из-за релаксации волокон). Образец-аналог «Премьер Cotton 250» при этом демонстрирует сохранение прочности на уровне 85% по основе и 81% по утку, что соответствует нормативным требованиям.

Полученные результаты показателей напряженности электростатического поля и огнестойкости после многократных циклов стирки отличаются от исходных данных не более чем на величину экспериментальной погрешности используемых методик, что свидетельствует об отсутствии статистически значимых изменений.

Таким образом, применение ВО композиции позволяет свести к минимуму ухудшение прочностных и деформационных свойств текстильных материалов при многократных стирках.

Анализ результатов стойкости к истиранию текстильных материалов до и после многократной стирки, представленных на рисунке 3.36, показал, что контрольные образцы демонстрируют наибольшие потери массы при абразивном истирании как до, так и после стирки, что свидетельствует о низкой стойкости к механическому износу. В отличие от них образцы, обработанные ВО композицией, демонстрируют существенное снижение темпов потери массы: величина деградации не превышает 3 % в обоих условиях исследования. Стабильно низкий уровень эрозии материала указывает на высокую устойчивость к абразивному воздействию. Промышленные материалы-аналоги («Саржа-240», «Канвас», брезент «Балтийский текстиль») демонстрируют средние значения массовых потерь в диапазоне от 3,5 % до 14,5 %, данные

показатели превосходят контрольные образцы, но значительно уступают экспериментальным.

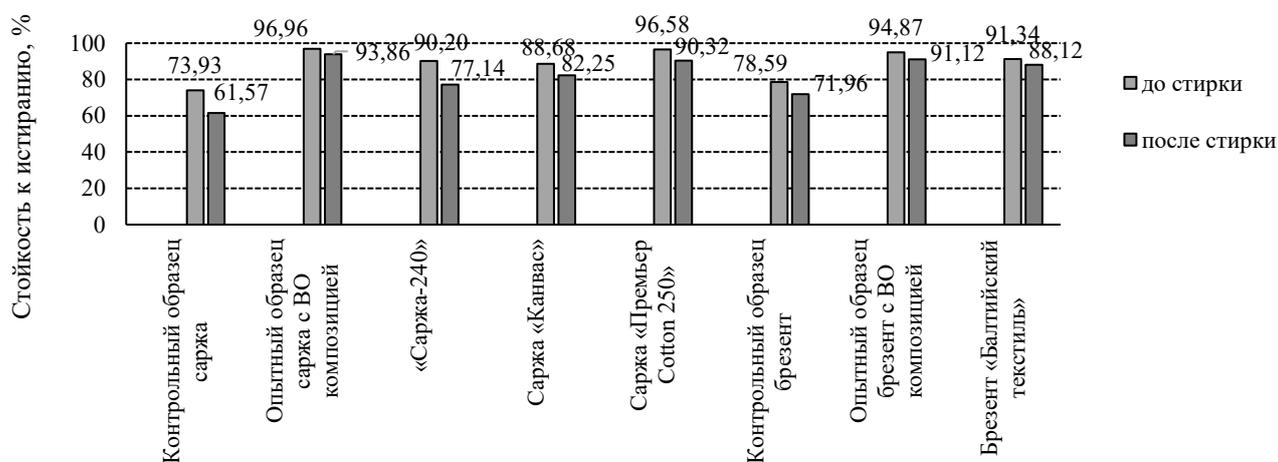


Рисунок 3.36 – Результаты стойкости к истиранию текстильных материалов до и после многократной стирки

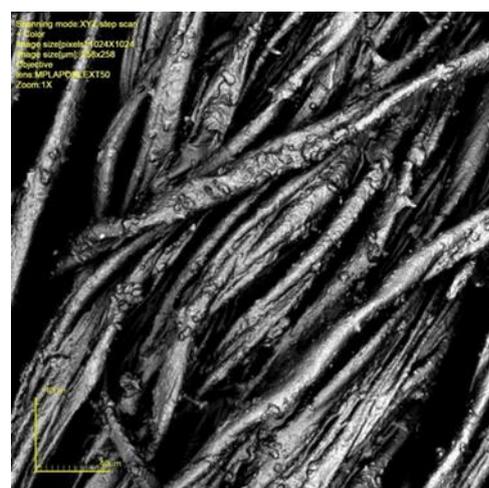
Таким образом, полученные экспериментальные данные демонстрируют, что применение ВО композиции значительно повышает износостойкость текстильных материалов и их устойчивость к неблагоприятному воздействию окружающей среды, в частности к абразивному истиранию до и после многократных циклов стирки.

Для подтверждения устойчивости достигнутых водоотталкивающих свойств и анализа надежности закрепления ВО композиции на текстильных материалах в условиях эксплуатации, проведены дополнительные исследования, заключающиеся в определении стойкости водоотталкивающей обработки после стандартных циклов стирки.

Характер распределения водоотталкивающей композиции в структуре текстильного материала после стирки оценивали по результатам оптической микроскопии представленный на рисунке 3.37.



а



б

Рисунок 3.37 – Результаты конфокальной микроскопии экспериментальных образцов: а – образец с ВО композицией; б – образец с ВО композицией после стирки

Полученные результаты показывают, что в процессе стирки слой аппрета формирует дискретные оболочки на отдельных волокнах и проявляется в оптической микроскопии в виде оптически анизотропной пленки (рисунок 3.37 б). Данные свидетельствуют о устойчивости ВО композиции к воздействию воды, что обеспечивает сохранение защитных свойств материала после многократных стирок.

Эффект закрепления композиции оценивали методом ИК-Фурье спектроскопии образцов ткани, обработанных композицией и прошедших процесс экспериментальной стирки, представленный на рисунке 3.38.

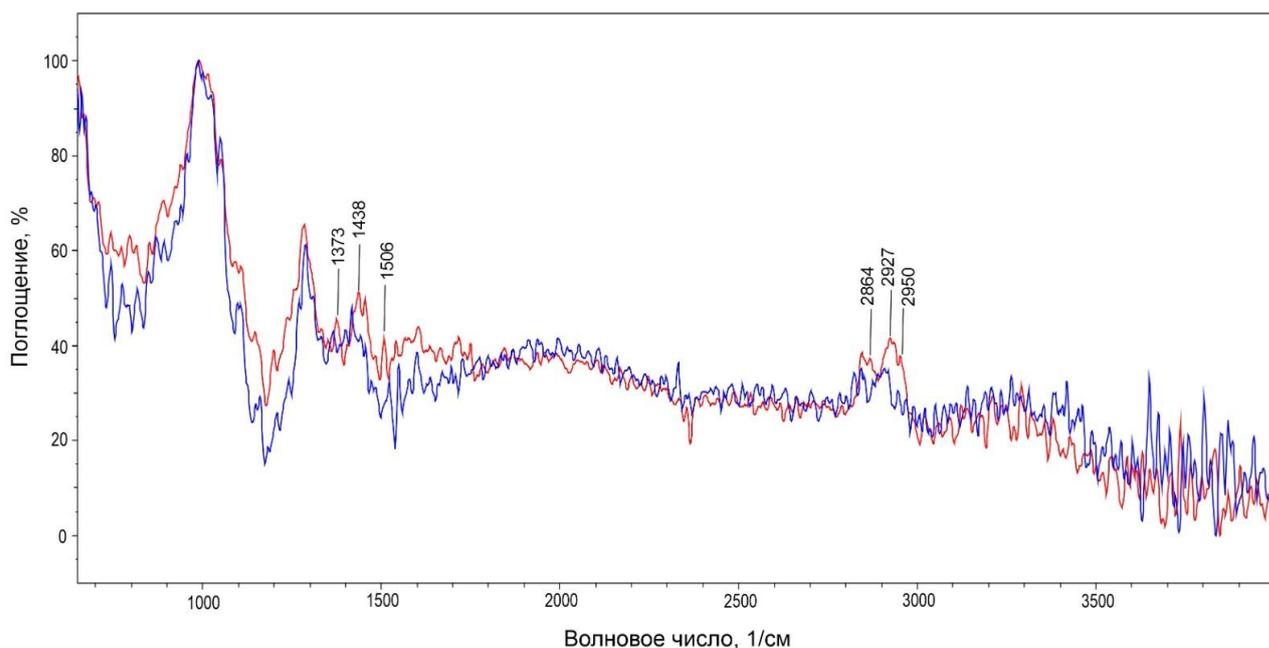


Рисунок 3.38 – ИК-спектры экспериментальных образцов с ВО композицией: красная линия – образец до стирки; синяя линия – образец после стирки

В ИК-спектре экспериментальных образцов после стирки снижается интенсивность полос в областях 2950, 2927, 2864 см^{-1} , отнесенные к валентным колебаниям CH_2 -групп. Также в ИК-спектре промытого образца отсутствуют полосы поглощения в областях 1373, 1438, 1506 см^{-1} . Согласно литературным данным, в области 1250-1500 см^{-1} могут проявляться колебания группировки $\text{CH}_3\text{-Cl}$. Полосы поглощения в областях 1373, 1438 см^{-1} могут быть также отнесены к валентным колебаниям CH_2 -группы и деформационным асимметричным колебаниям CH_3 группы соответственно. Вероятно, закрепление хлорпарафина в структуре происходит менее интенсивно и компонент частично удаляется в процессе стирки.

Таким образом, проведенный анализ с использованием ИК-Фурье спектроскопии и микроскопии подтверждает закрепление водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на целлюлозосодержащих материалах, что определяется активностью аминосилана и продуктов его гидролиза.

Дополнительную оценку устойчивости ВО композиции на текстильных материалах осуществляли путем исследования водных смывов после каждого цикла стирки. Целью исследования являлось установление закономерностей вымывания пропиточного состава из текстильного материала. Приведённые ниже данные иллюстрируют динамику изменения значений рН и относительной массы образцов после многократных воздействий стирки. Полученные результаты представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – рН смывов и изменение массы образцов после многократной стирки

Объект	Показатель	
	рН	Относительная масса образца*, мас. %
Дистиллированная вода	6,5	-
ВО композиция	10,8	-
Смыв 1	6,0	98,75
Смыв 2	6,1	97,50
Смыв 3	6,5	96,25
Смыв 4	6,5	96,25
Смыв 5	6,6	96,25

Примечание: (*) - исходная масса контрольного образца – $0,45 \pm 0,05$ г, экспериментального образца – $0,80 \pm 0,05$ г

Для первых двух циклов стирки (смывы 1 и 2) зафиксировано снижение рН по сравнению с дистиллированной водой с 6,5 до 6,0–6,1, что можно объяснить вымыванием незначительного количества продуктов, образующихся при взаимодействии ВО композиции с целлюлозным волокном. Последующие смывы (3–5) характеризуются величиной рН соответствующей значению дистиллированной воды ($6,5 \pm 0,1$), что, в сравнении с экспериментами по динамике изменения показателей времени впитывания капли и огнестойкости о практически полном вымывании слабо закрепленных на поверхности текстильного материала компонентов пропиточной композиции, при стабильном закреплении оставшейся части композиции на материале.

Полученные данные (таблица 3.9) указывают на снижение значения pH после первого смыва, что свидетельствует о подкислении среды, указывающие на выделение хлористого водорода вследствие гидролиза Si-CH₃-связей аminosилана.

Таким образом, проведённый комплексный анализ эксплуатационных свойств текстильных материалов после многократной стирки выявил, что образцы, обработанные ВО композицией, обладают преимущественными показателями сохранения механической прочности и стабильности электростатических свойств по сравнению с промышленными аналогами. Например, образец «Саржа + ВО композиция» сохранил после пяти стирок 83% прочности по основе и 66% по утку, тогда как аналогичный показатель промышленного аналога составил лишь 60%.

Кроме того, проведённый детальный анализ методом ИК-Фурье спектроскопии подтвердил наличие характерных полос, свидетельствующих о сохранении значительной доли водоотталкивающего агента на поверхности волокон даже после интенсивных гидромеханических воздействий. Следовательно, доказана высокая способность предлагаемой ВО композиции сохранять функциональные свойства даже после многократных воздействий стирки.

Дополнительно выполнена оценка устойчивости ВО композиции путём исследования смывов после каждого цикла стирки. Обнаружено полное восстановление уровня pH водной среды после третьей стирки, что подтверждает минимальное количество вымываемых компонентов. Параллельно отмечена стабилизация относительной массы образцов, которая снижается незначительно с каждым циклом.

Таким образом, разработанная ВО композиция обладает выраженными преимуществами по сохранению водоотталкивающих и механических свойств текстильных материалов даже после длительного срока эксплуатации и многократных гидромеханических воздействий.

ГЛАВА 4 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВОДООТТАЛКИВАЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИЕЙ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ОДЕЖДЫ С УЛУЧШЕННЫМИ СВОЙСТВАМИ

В данной главе изложены технологические рекомендации по производству текстильного материала с водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина. Представлено обоснование экономической эффективности внедрения данной технологии для изготовления водоотталкивающих текстильных материалов, предназначенных для универсальной рабочей одежды.

4.1 Разработка технологических рекомендаций по производству водоотталкивающих текстильных материалов

Основой для разработки технологических рекомендаций по производству водоотталкивающих текстильных материалов являются результаты экспериментальных исследований, приведенных в главе 3.

Производство организуется в условиях опытно-промышленного производства АО «КазХимНИИ», г. Казань, Россия.

Изготовление водоотталкивающего текстильного материала осуществляется с использованием линии заключительной отделки (ЛАО), состоящий из:

- плюсовка ПЛТ-180 (3-х вальная плюсовка с заправочным устройством и пропиточной ванной; ванна с рубашкой для подогрева);
- клеепромазочная машина ИВО 3220 Э-01 (предназначена не только для нанесения клея, но и для сушки ткани, пропитанной раствором);
- термосушильная камера ТО-120-1 (снабжена направляющими валиками, тянущей парой, самокладом, тканерасправителем, электрокалорифером).

Технические характеристики применяемого оборудования приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики линии заключительной отделки

Параметр	Значение
ПЛТ-180	
Рабочая ширина, мм	до 1800
Скорость движения ткани, м/мин	5-30
Установленная мощность электродвигателей, кВт	5,5
Общая потребляемая мощность, кВт	до 15
Габаритные размеры, мм	2000x775x2100
ИВО 3220 Э-01	
Рабочая ширина, мм	до 1500
Скорость движения ткани, м/мин	До 20
Нагрев сушильных плит	электрический, индукционный
Максимальная рабочая температура сушильных плит, °С	150
Установленная мощность электродвигателей, кВт	не более 3,6
Термосушильная камера ТО-120-1	
Рабочая ширина, мм	До 1800
Скорость движения ткани, м/мин	1-10
Метод нагрева	электрический
Максимальная рабочая температура, °С	150
Установленная мощность электродвигателей, кВт	До 15

Блок-схема технологического процесса изготовления водоотталкивающего текстильного материала представлена на рисунке 4.1.

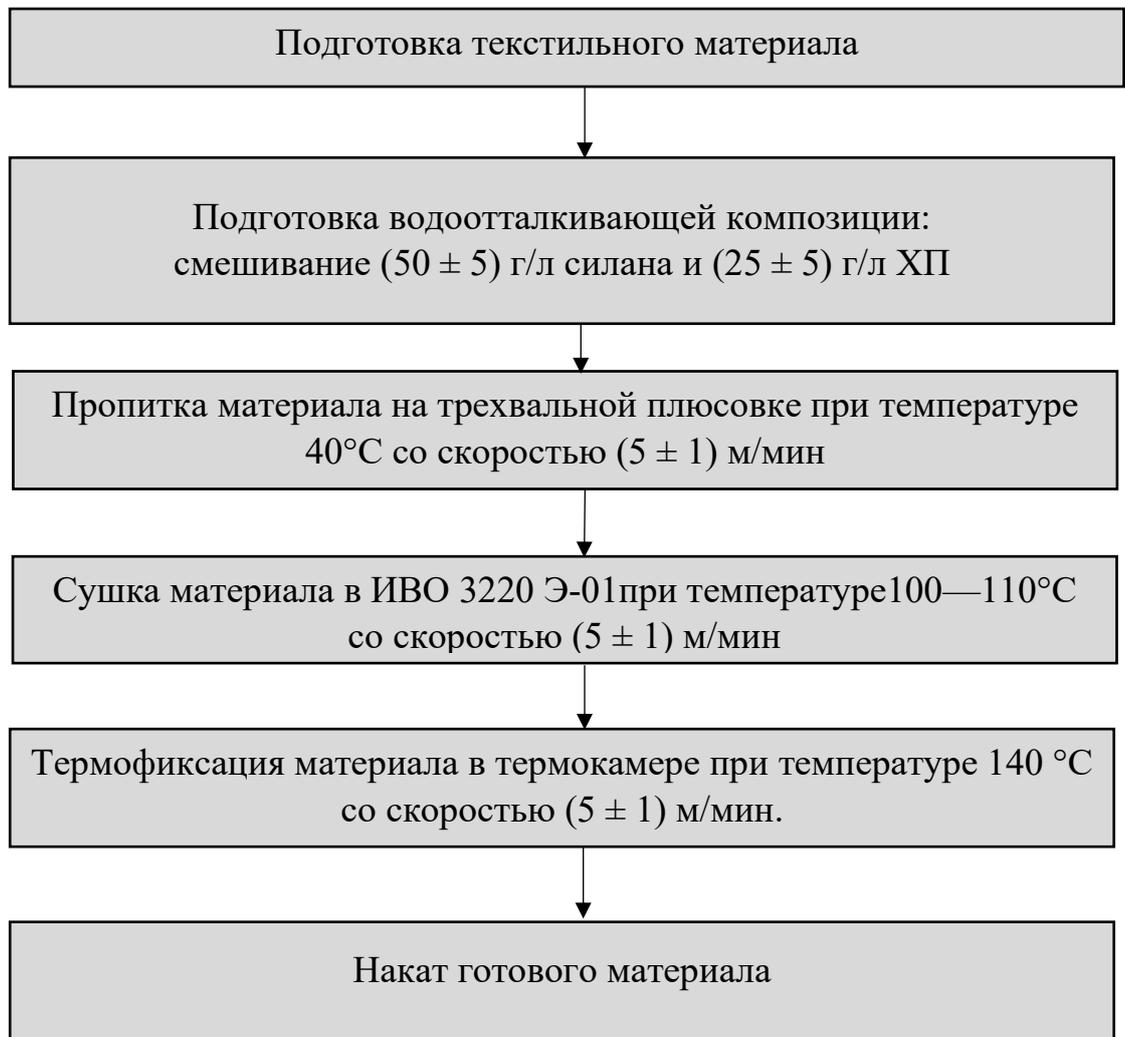


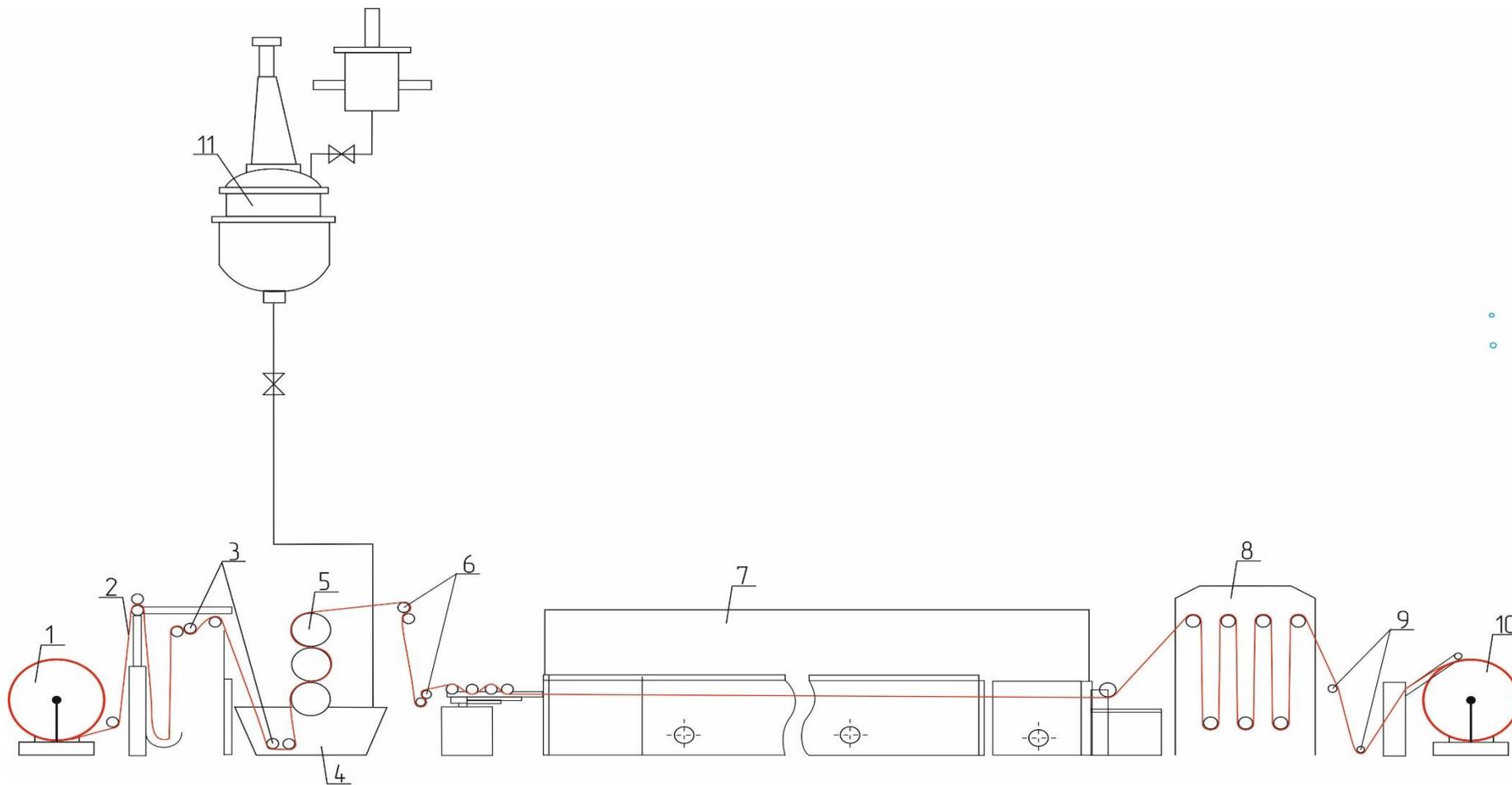
Рисунок 4.1 – Блок-схема технологического процесса изготовления водоотталкивающих текстильных материалов

Технологическая схема получения водоотталкивающих текстильных материалов, представлена на рисунке 4.2.

Технологический процесс производства водоотталкивающего текстильного материала реализуется в несколько последовательных стадий:

1. Подготовка текстильного материала (стадия А)

Рулон текстильного материала размещают на раскатном устройстве (поз. 1). К концам материала пришивают вспомогательный материал на швейной машине типа ПМЗ и далее полотно вводят через заправочное устройство плюсовки (поз. 2), проходя направляющий вал (поз. 3). Длина вспомогательного материала должна быть достаточной для нормальной заправки материала по всей длине технологического маршрута.



1 – раскатное устройство
 2 – текстильный материал
 3, 6 – направляющие валы
 4 – пропиточная ванна

5 – отжимные валы
 7 – сушильная камера
 8 – термокамера
 9 – приемные валы

10 – закаточный вал с готовым материалом
 11 – станция приготовления раствора

Рисунок 4.2. – Схема получения водоотталкивающих текстильных материалов

2. Подготовка водоотталкивающей композиции (стадия Б)

ВО композицию готовят на станции приготовления растворов (поз.11). Для приготовления ВО композиции с концентрацией (54 ± 5) г/л силана и (27 ± 5) г/л ХП, в реактор, оборудованной мешалкой, рубашкой для обогрева и термометром, загружают (9 ± 2) кг силана, (4 ± 2) кг ХП и добавляют (165 ± 2) л воды. Температура раствора (40 ± 10) °С.

3. Обработка материала (стадия В)

Раствор композиции подается в ванну трехвальной плюсовки (поз. 4) из реактора. Полотно погружают в ванну с температурой раствора (40 ± 10) °С и прокатывают через три вала со скоростью (5 ± 1) м/мин. Давление в жале валов при $(2,0 \pm 0,2)$ кг/см² в плюсовке поддерживает постоянное натяжение материала и обеспечивает равномерное распределение аппрета. Постоянную концентрацию раствора в ванне поддерживают путем добавления 4-5 литров подпитывающей ВО композиции через каждые 10-15 минут.

4. Сушка материала (стадия Г)

Полотно, прошедшее пропитку, движется через направляющие валы (поз. 6) и поступает в сушильный агрегат (поз. 7), где высушивается при температуре (100 ± 10) °С со скоростью (5 ± 1) м/мин. Сушка предотвращает избыточную влажность и улучшает адгезионные свойства аппрета.

5. Термофиксация (стадия Д)

После сушки материал поступает в термокамеру (поз. 8), где происходит окончательная фиксация при температуре (140 ± 10) °С. Данная стадия активизирует завершающий этап поликонденсации низкомолекулярного предконденсата и обеспечивает формирование гладкой и надежной полимерной пленки на поверхности волокон.

6. Накат готового материала (стадия Е)

Пройдя все предшествующие стадии, ВО материал поступает к приемным валам (поз. 9), где контролируется натяжение полотен, предотвращая заломов материала. Затем полотно двигается к закаточному

устройству (поз. 10), где осуществляется намотка на барабаны, обеспечивающая удобную упаковку и транспортировку готового продукта.

Таким образом, технологический процесс представляет собой упорядоченную последовательность действий, включающую настройку оборудования, приготовление водоотталкивающей композиции, пропитку, сушку, термофиксацию и намотку готового материала. Это обеспечивает высокое качество и надежность готового водоотталкивающего текстильного материала.

Таким образом, технологический процесс представляет собой упорядоченную последовательность действий, включающую настройку оборудования, приготовление водоотталкивающей композиции, пропитку, сушку, термофиксацию и намотку готового материала. Это обеспечивает высокое качество и надежность готового водоотталкивающего текстильного материала.

На основе предложенных рекомендаций разработаны текстильные материалы, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина, обладающие улучшенными эксплуатационными характеристиками, что позволяет рекомендовать их для производства универсальной рабочей одежды.

Испытания экспериментальной партии текстильных материалов подтвердили, что материалы, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина, обладают улучшенной совокупностью эксплуатационных свойств по сравнению с контрольными образцами и промышленными аналогами. Экспериментальные данные представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Сравнительные показатели эксплуатационных свойств образцов текстильных материалов

Наименование технических характеристик		Наименование образцов							
		«Саржа»		«Брезент»		«Саржа 240»	«Канвас»	«Премьер Cotton 250»	«Балтийский текстиль»
		контрольный образец	опытный образец	контрольный образец	опытный образец				
Прочность на разрыв, Н	основа	791	791	935	934	784	808	787	936
	уток	272	271	696	700	268	458	598	570
Прочность на раздир, Н	основа	23	25	86	85	24	36	37	100
	уток	17	29	89	87	18	31	24	99
Относительное удлинение, %	основа	28	29	21	26	29	20	29	19
	уток	34,6	34,8	7	8	35	24	24	6
Водоупорность, см.вод.ст		1,33	19,4	2,4	12,3	11,97	11,13	20,31	10,07
Краевой угол смачивания, град.		86	126	87	144	114	112	121	119
Огнестойкость, с		4	8	5	11	4	5	5	5
Напряженность электростатического поля, кВ/м		1,12	0,5	1,25	0,77	1,46	1,86	3,94	2,43
Воздухопроницаемость, мм/с		10,02	9,34	18,29	16,34	19,11	5,70	5,51	16,50
Паропроницаемость, г/м ² *ч		28,20	27,13	30,25	27,80	29,25	23,25	27,25	27,38
Гигроскопичность, %		13,2	10,7	16,1	13,3	9,6	12,40	11,20	17,3
Влагоотдача, %		35,7	44,0	37,5	46,2	33,3	41,9	36,0	36,4

4.2 Обоснование экономической эффективности производства текстильных материалов с водоотталкивающей композицией

Расчет экономического эффекта от внедрения текстильного материала с ВО композицией на основе силана и хлорпарафина с улучшенными свойствами в производство АО «КазХимНИИ», проводили на основании разработанной в разделе 4.1 технологического схема.

Расчет полной себестоимости осуществлялся на месячный объем производства 48000 м. пог. и производился с учетом норм расхода и стоимости для выработки 1 м. пог. продукции. Статьи затрат для расчета калькуляции себестоимости приведены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Расчет потребности в материально-сырьевых ресурсах для изготовления ВТМ

Материалы	Ед. изм.	Расход		Цена без НДС, руб.	
		на м.пог.	общий	на ед. изм.	общая
Основные материалы					
Текстильный материал «Саржа»	м.пог.	1	48 000	175	8400000
Силан А-1100	кг	0,5	24000	544	13 056 000
ХП-470	кг	0,25	12000	150	1 800 000
Вода	м ³	0,00925	444	24,51	10882,44
Итого основное сырье и материалы:					23 266 882

Определение расхода топливно-энергетических ресурсов осуществляется на основании фактически отработанного периода функционирующего оборудования, задействованного в изготовлении продукции, а также с учетом производительности соответствующего оснащения. Реальная длительность функционирования оборудования,

необходимая для выпуска запланированного объема материала (48000 м.пог.), предусматривает эксплуатацию заключительной отделочной линии на протяжении 20 дней при режиме трудовой активности составляющем 8- часовую рабочую смену.

Расчет потребности в топливно-энергетических ресурсах приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Расчет потребности в топливно-энергетических ресурсах для изготовления ВТМ

Статьи расходов	Ед. изм.	факт. время работы, час	Расход		Цена, в т.ч. НДС, руб.	
			На ед. изм.	общий	На ед. изм.	общая
Энергопотребление ПЛТ-180	кВт/ч	160	49,84	7974,4	5,73	45693,312
Энергопотребление ИВО 3220 Э-01	кВт/ч	160	57,40	9184	5,73	52624,32
Энергопотребление Термосушильная камера ТО-120-1	кВт/ч	160	50,79	8126,4	5,73	46564,27
Итого:						144881,90

Расходы на оплату труда рассчитываются в соответствии с принятой на предприятии повременно-премиальной системой, в рамках которой учитывается фактически отработанное время, затраченное на выпуск материалов.

Расчет основной заработной платы:

$$P_{з/н} = T_{ч} * \Phi_{о} + П, \quad (4.1)$$

где $P_{з/н}$ – основная заработная плата, руб.;

$T_{ч}$ – часовая тарифная ставка, руб.;

$\Phi_{о}$ – фактически отработанное время, час.;

P – сумма премии.

Часовая тарифная ставка определяется исходя из производственного календаря и установленного оклада рабочих. Часовая тарифная ставка:

$$T_{ч} = Z_n / 165, \quad (4.2)$$

где Z_n – оклад, руб.;

среднее количество рабочих дней – 247 дней, среднее количество часов – 165 часов/месяц.

Фонд рабочего времени оборудования, вовлечённого в процесс производства материала, установлен согласно фактически отработанному временному интервалу и составляет 160 часов. Алгоритм расчёта совокупного фонда оплаты труда представлен в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Алгоритм расчета фонда оплаты труда работников предприятия для изготовления ВТМ

Должность	Оклад	Численность	Часовая тарифная ставка, руб.	Фонд рабочего времени, час	Премия, руб.	Заработная плата по тарифу, руб.
Аппаратчик	52000	1	315,15	176	1664	53664
Оператор	49000	1	296,96	176	1568	50568
Подсобный рабочий	42000	1	254,54	176	1344	43344
Главный технолог	50000	1	303,03	176	1600	51600
Итого основная заработная персонала	-	4	-	-	-	199176,00
Дополнительная заработная плата	-	-	-	-	-	15934,08
Отчисления во внебюджетные фонды	-	-	-	-	-	64533,02
Итого						279643,10

Таблица 4.6 – Калькуляция себестоимости производства для изготовления ВТМ

№	Наименование статей затрат	Затраты	
		всего, руб.	на ед. прод., руб.
1	Сырье и материалы	23 266 882,44	484,73
2	Энергия и топливо на технологические нужды	144881,90	3,02
3	Заработная плата основных производственных рабочих (основная и дополнительная)	215110,08	4,48
4	Выплаты в страховые фонды (ПФР, ФФОМС, ФСС)	64533,02	1,34
5	Расходы на подготовку и освоение производства	1440	0,03
6	Цеховая себестоимость	23 692 847,45	493,60
7	Общезаводские расходы	2369284,745	49,36
8	Производственная себестоимость	26 062 132,19	542,96
9	Себестоимость с прибылью 5%	27365238,8	570,11
10	Цена с НДС, 22 %	33385591,34	695,53

Расходы по статьям затрат п.1–3 рассчитаны на основе ранее приведенных данных.

Фонд заработной платы производственных рабочих складывается из фондов основной и дополнительной заработной платы. Дополнительная заработная плата принимается 8 % от суммы основной заработной платы.

Статья «Отчисления во внебюджетные фонды» определяется в соответствии с действующим законодательством РФ – 30 %.

Статья «Расходы на подготовку и освоение производства» учитывает расходы по подготовке и освоению выпуска новой продукции с пробным выпуском продукции, наладкой оборудования.

Статья «Отчисления в ремонтный фонд» принимается 10 % от основной заработной платы производственных рабочих.

Цеховая себестоимость складывается из статей п. 1–5.

Статья «Общезаводские расходы» принимаются в размере 10 % от цеховой себестоимости.

Расчет «Производственная себестоимость» проводится суммированием статей затрат: «Цеховая себестоимость» и «Общезаводские расходы».

Производственная себестоимость 1 м. пог. составляет 542,96 руб. Оптовая цена за 1 м. пог. составляет 570,11 руб. Розничная цена за 1 м. пог. с НДС 22 % составляет 695,53 руб.

Анализ экономической эффективности производства ВТМ, обработанного водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина преследует цели комплексного выявления финансового потенциала внедряемого продукта и подтверждения его практической значимости для дальнейшего включения в производственную деятельность предприятия. Исследование основано на применении ключевых экономических индикаторов, таких как производственная себестоимость, отпускная цена и общий объем реализованной продукции. Основными результатами анализа стали показатели годовой прибыли, налоговой нагрузки и рентабельности производства, выступающих важными ориентирами для принятия управленческих решений и оценки перспектив внедрения инновационного продукта.

Исходные данные для анализа включают режим работы предприятия, предусматривающий 247 рабочих дней в году при пятидневной рабочей неделе и 8-часовом рабочем дне, при этом за 20 дней изготавливается 48000 пог. м. текстильного материала. Полная себестоимость производства указанной партии составляет 27365238,8 руб., оптовая цена за 1 м.пог. – 570,11 руб., а розничная цена с учетом НДС (22%) – 695,53 руб. (таблица 4.5).

1. *Объем производства за год:*

Годовой объем производства:

$$V_{\text{год}} = V_{\text{мес}} \times 12 = 576000 \text{ м.пог.} \quad (4.3)$$

2. *Выручка от реализации за год:*

$$R = V_{\text{год}} \times 570,11 = 328\,383\,360, \quad (4.5)$$

где 570,11 – оптовая цена за 1 м.пог., руб

3. *Полная себестоимость производства за год:*

$$S = V_{\text{год}} \times 542,96 = 312\,744\,960, \quad (4.6)$$

где 542,96 – себестоимость за 1 м.пог., руб.

4. *Прибыль от реализации за год:*

$$\Pi = R - S = 15\,638\,400, \quad (4.7)$$

где R – выручка за год, руб;

S – полная себестоимость за год, руб.

5. *Чистая прибыль за год:*

$$\text{Ч} = \Pi - \text{Н} = 12\,197\,952, \quad (4.8)$$

где Π – прибыль от реализации за год, руб;

Н – налог (22%).

6. *Рентабельность производства за год:*

$$P = \text{Ч} / S \times 100\%, \quad (4.9)$$

где Ч – чистая прибыль за год, руб;

S – полная себестоимость за год, руб.

Значение экономических показателей от производства текстильного материала с водоотталкивающей композицией представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Значение экономических показателей от производства ВТМ

Наименование показателя	Значение
Полная себестоимость производства, руб.	542,96
Оптовая цена за 1 м.пог., руб.	570,11
Розничная цена за 1 м.пог. с НДС, руб.	695,53
Годовой объем производства, м.пог	576 000
Выручка от реализации за год, руб	328 383 360
Прибыль от реализации за год, руб	15 638 400
Чистая прибыль за год, руб	12 197 952
Рентабельность, %	3,9

Таким образом, внедрение производства текстильного материала с водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина в АО «КазХимНИИ» обеспечивает значимый финансовый результат, выражаемый в формировании устойчивой операционной прибыли и увеличении капитализации предприятия. Данное мероприятие ведет к росту доходности, усилению конкурентных преимуществ и укреплению стратегических позиций компании на целевом сегменте рынка текстильных материалов. Согласно проведенному расчету, предприятие сможет получать ежегодно чистую прибыль в размере около **12 197 952 руб.**, достигая рентабельности порядка **3,9 %**. Внедрение нового материала обеспечит предприятиям надежного партнера, способного предложить качественные и эффективные продукты для удовлетворения растущих запросов различных отраслей промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На основе анализа современного состояния лёгкой промышленности России выделены ключевые проблемы и разработана концепция универсальной рабочей одежды (УРО), соответствующей разным сферам деятельности и обеспечивающей защиту от комплекса производственных факторов.

2. Разработаны текстильные материалы, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина для универсальной рабочей одежды, обладающие комплексом улучшенных свойств:

- Экспериментально установлено, что обработка текстильных материалов водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина позволяет увеличить краевой угол смачивания для саржи на 32% и для брезента на 39%, а водоупорность – для саржи на 80% и для брезента на 93%;

- Экспериментально доказано, что включение хлорпарафина в водоотталкивающий состав позволило повысить показатель огнестойкости на 100% для саржи и на 120% для брезента;

- Микробиологический анализ подтвердил, что обработка текстильных материалов водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина значительно снижает бактериальную обсеменённость материалов и полностью устраняет рост мицелиальных грибов, препятствуя развитию биопоражения;

- Установлен механизм закрепления водоотталкивающей композиции на основе силана и хлорпарафина на текстильных материалах. Этоксигруппы аminosилана вступают в реакцию с гидроксильными группами целлюлозы, замещая атомы хлора в хлорпарафине аминогруппами силана. В результате на поверхности волокон образуется пространственно сшитая полимерная пленка, обеспечивающая сохранение водоотталкивающих свойств, повышение огнестойкости в 2,0-2,2 раза и увеличение срока службы текстильных изделий;

- Экспериментально подтверждена устойчивость водоотталкивающих свойств обработанных текстильных материалов после многократных гидромеханических воздействий: после интенсивных стирок на поверхности волокон методами конфокальной микроскопии и ИК-Фурье спектроскопии установлено наличие значимых следов водоотталкивающего агента, после третьей стирки рН водной среды свидетельствует о минимальной миграции активного вещества.

3. Предложена технология производства водоотталкивающих текстильных материалов для универсальной рабочей одежды. Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения разработанных технологий составляет 12 197 952 руб в год.

Результаты исследований, полученные в ходе выполнения данной работы, могут быть применены в дальнейшем при создании новых технологий гидрофобной отделки текстильных материалов для многофункциональной рабочей одежды, устойчивой к различным воздействиям внешней среды.

Список использованной литературы

1. Легкая промышленность России: проблемы и перспективы возможностям // Текстиль. онлайн URL: <https://текстиль.онлайн/articles/perspektivy-legkoj-romyshlennosti-rossii/>
2. Легкая промышленность: от проблем к возможностям // Strategy Partners URL: <https://strategy.ru/news/109>
3. COVID-19: новые вызовы для легпрома // PRO Качество URL: <https://kachestvo.pro/kachestvo-upravleniya/svoy-put/covid-19-novye-vyzovy-dlya-legproma/>
4. Как COVID-19 повлиял на производство // The Jute Shop URL: <https://thejuteshop.ru/blog/poleznaya-informacziya/kak-covid-19-povliyal-na-proizvodstvo/>
3. Кожина, К. С. Анализ современного состояния рынка легкой промышленности в мире и России: проблемы и тенденции / К. С. Кожина, Т. Ю. Кудрявцева // Экономические науки. – 2021. – № 198. – С. 61-67.
4. Мурашкина, А. А. Анализ современного состояния рынка легкой промышленности в России / А. А. Мурашкина, В. О. Грузинова // Вестник науки. – 2024. – Т. 1. – № 8(77). – С. 14-22.
5. Горбашко, Е. А. Современное состояние и перспективные тенденции текстильной отрасли легкой промышленности России / Е. А. Горбашко, С. А. Леонов, Е. Д. Малевская-Малевиц // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 1(379). – С. 23-28.
6. Экономика легкой промышленности: последние события и прогнозы / Н. А. Квашнина, В. А. Дельцова, Н. Ю. Челнокова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – № 5(413). – С. 32-39.
7. Меры государственной поддержки для реализации инвестиционного проекта в сфере легкой промышленности. - https://23-08-08_mery_podderzhki_legkay_promyshlennost

8. Онопюк, Е. Ю. Некоторые аспекты участия малого и среднего бизнеса в развитии текстильной промышленности / Е. Ю. Онопюк, И. Ю. Шахова, С. Н. Сперанский, У. Лодойн // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2024. – № 2(410). – С. 38-42.

9. Николаева, Е. Е. Меры государственной поддержки бизнеса и населения Ивановской области в современных кризисных условиях / Е. Е. Николаева // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Экономика. – 2022. – № 3(53). – С. 52-64.

10. Морозова, И. И. Классификация средств индивидуальной защиты, применяемых на предприятиях химического комплекса / И. И. Морозова, Н. В. Тихонова // Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-технической конференции, Омск, 23–24 ноября 2021 года. – Омск: Омский государственный технический университет, – 2021. – С. 16-20.

11. Баландин, В. М. Средства индивидуальной защиты на промышленных предприятиях: учеб. пособие / авт.-сост. В. М. Баландин // Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ. – 2021. – 208 с.

12. Быстров, Е. Н. Обеспечение средствами индивидуальной защиты работников предприятий транспортной сферы / Е. Н. Быстров, А. В. Харламова // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2023. – Т. 20. – № 2. – С. 396-403.

13. Фомченкова, Л. Современная рабочая специальная одежда на отечественном рынке СИЗ / Л. Фомченкова // Охрана и экономика труда. – 2018. – № 1(30). – С. 110-118.

14. Основные тенденции 2023 года в легкой промышленности // LEGPROMB2B.market URL: <https://legpromb2b.market/feed/blog/5-osnovnyh-tendentsii-2023-goda-v-legkoi-promyshlennosti>

15 Легкая промышленность в России и мире // Выбор экспертов КП URL: <https://kp.ru/expert/proizvoditeli/lyogkaya-promyshlennost/>

16. Трубецков, А.Д. Проблемы использования средств индивидуальной защиты в современных условиях / А. Д. Трубецков, М. Н. Махонько, Н. В. Шкробова, Т. В. Шелехова // Медицина труда и промышленная экология. – 2023. – Т. 63. – № 5. – С. 336-343.

17. Павлов М.А. Разработка и исследование комплексных материалов для одежды, эксплуатируемой в экстремальных условиях: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.19.01. – М., 2018. – 17 с.

18. Хамматова, Э. А. Проектирование специальной одежды для строителей с использованием инновационных материалов / Э. А. Хамматова // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления: Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Международного Косыгинского Форума, Москва, 29–30 октября 2019 года. Том Часть 2. – М.: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)». – 2019. – С. 64-70.

19. Ташпулатов, С. Ш. Анализ ассортимента специальной одежды и основных материалов, применяемых при её изготовлении / С. Ш. Ташпулатов, Х. А. Махмудов, Г. Т. Максытова [и др.] // Universum: технические науки. – Ташкент. – 2023. – № 3-3(108). – С. 5-12.

20. Пат. № 87326 Российская Федерация, МПК А41D 13/00. Универсальная защитная одежда: № 2009124562/22 : заявл. 26.06.2009: опубл. 10.10.2009 / Р. Х. Фатхутдинов, Л. А. Тарасов, О. А. Антонович [и др.] ; заявитель ОАО «Казанский химический научно-исследовательский институт».

21. Широ́в, А.А. Оценка потенциального влияния санкций на экономическое развитие России и ЕС / А.А. Широ́в, А.А. Янтовский, В.В. Потапенко // Экономическая политика. – 2015. – №4. – С.14.

22. Шумаев, В. Легкая промышленность: развитие рынка текстиля и спецодежды / В. Шумаев // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2014. – № 1. – С. 104-109.

23. Есиркепова, А.М. Технический текстиль: перспективы и развитие рынков потребления / А.М. Есиркепова, А.Б. Абельданова, А.С. Тулеметова, К.Ж. Кадырова, Г.П. Коптаева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2019. – № 1 (379). – С. 104–112.

24. Лаврентьева, Е.П. Инновационные разработки в текстильной промышленности России / Е.П. Лаврентьева // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2019. – № 1. – С. 28–35.

25. Современная рабочая специальная одежда на отечественном рынке СИЗ // Клинский институт охраны и условий труда URL: <http://kiout.ru/info/publish/25843>

26. Российский рынок спецодежды и средств индивидуальной защиты // Программа развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности URL: <http://legprom.rbc.ru/articles/rossiyskiyrynok-spetsodezhdy-i-sredstv-individualnoy-zashchity/>

27. Общая характеристика легкой промышленности России // Электронная библиотека URL: <http://kursak.net/obshhayaxarakteristika-legkoj-promyshlennosti-rossii/>

28. Баринов, А. Я. Конкурентная среда, деловая активность и потребительские настроения: региональный аспект / А. Я. Баринов, Н. Ю. Лукьянова // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Гуманитарные и общественные науки. – 2016. – № 3. – С. 67-73.

29. Российский рынок тканей 2017-2022 гг. с прогнозом до 2035 г. // ЭКЦ «ИнвестПроект» URL: <https://expertcc.ru/projects/proizvodstvo/marketingovoe-issledovanie-rossiyskogo-rynkataney/>

30. Объем производства российского легпрома удвоится к 2025 году // Легпром ревью URL: <https://legprom.review/obem-proizvodstva-rossijskogo-legproma-udvoitsya-k-2025-godu/?ysclid=lqr62bnqt137723724>

31. Махоткина, Л. Ю. Разработка рекомендации к проектированию универсальной рабочей одежды для защиты от пониженных температур с применением полиуретана / Л. Ю. Махоткина, А. А. Халилова, А. В. Гусейнова // Молодежь и системная модернизация страны : сборник научных статей 4-й Международной научной конференции студентов и молодых ученых, Курск, 21–22 мая 2019 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет. – 2019. – Т.6. – С. 150-154.

32. Отечественное производство технического текстиля в I полугодии 2022 года. Обзоры и рынки. //Легкая промышленность. URL: <https://lp-magazine.ru/lpmagazine/rub/26>

33. Распопин А. Перспективы развития легкой промышленности 2023, тренды // VC.RU URL: <https://vc.ru/u/1475630-aleksey-raspopin/680232-perspektivy-razvitiya-legkoypromyshlennosti-2023-trendy?ysclid=lqr04lrafb891676027/>

34. Программа развития конкурентоспособности текстильной и легкой промышленности // РБК совместный проект. URL: <http://legprom.rbc.ru/articles/rossiyskiy-rynok-spetsodezhdy-i-sredstvindividualnoy-zashchity/>

35. Дягилев, А.С. Инновации в текстильной промышленности / А.С. Дягилев, Н.Н. Самутина, О.М. Катович [и др.] // – Витебск: ВГТУ. – 2016. – 221с.

36. Петрухин, А.Б. Инвестиционный потенциал и прогноз развития отраслей легкой и текстильной промышленности Российской Федерации [Текст] / А.Б. Петрухин, Ю.А. Дмитриев, М.М. Омаров, Д.Л. Минин //Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 6 (390). – С. 26-31

37. Байнеева, П. Т. Анализ тенденций развития текстильной промышленности Республики Казахстан / П. Т. Байнеева, А. Т. Мергенбаева,

М. Т. Кальменова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 6(372). – С. 43-48.

38. Корнилова, Н.Л. Будущее отрасли – технический текстиль, функциональные материалы с улучшенными эксплуатационными свойствами [Текст] / Н.Л. Корнилова, Г.И. Чистобородов, С.В. Федосов // Известия высших учебных заведений. Технология Текстильной промышленности. – 2014. – №4. – С. 24-28.

39. Welcome to Carrington textiles // Carrington textiles URL: <https://www.carrington.co.uk/en/>

40. Carrington Textiles Ltd // Текстайм URL: <https://www.textime.ru/brand/199/>

38. Текстиль. Ткани со специальными свойствами // МОГОТЕКС. Опыт, партнерство, ответственность URL: <https://mogotex.com>

41. Klopman // Текстильная индустрия URL: https://texindustry.ru/informatsiya/proizvodstvo/Klopman_brand/?ysclid=lqrx1xcyxc318929914

42. Your protection is our job //KLOPMAN international URL: <https://www.klopman.com/ru/manufacturing/>

43. Современные материалы для спецодежды зарубежных фирм // Текстильный вестник URL: <http://cotton.ru/cgi-bin/vestnik/article.pl?id=28724>

44. Westex. A Milliken Brand // Westex URL: <https://westex.com/fabrics/westexvinex>

45. Workwear Fabrics – Picking the Right Material for The Task // XMTextiles URL: <https://www.xmtextiles.com/product-category/stretch-poly-cotton-workwear-fabrics/>

46. GORINA S.A. Company // Luza.ru URL: <https://www.luza.ru/info/brands/gorina/>

47. OKS Poly Co. Ltd. // OKSPoly URL: <http://www.okspoly.cn/>

48. Yizhenjin Textile Co., Ltd. – China Chemical Suppliers & Manufacturers // Chinatexnet URL: <https://www.chinatexnet.com/ChinaSuppliers/1323/>

49. Полити, В.В. Повышение конкурентоспособности инновационной продукции отрасли (нанотекстиль) через развитие интеграционных связей [Текст] / В.В. Полити // Известия высших учебных заведений. Технология Текстильной промышленности. – 2020. – №1 (385). – С. 77-82.

50. Хаханина, Т.И. Тенденции развития нанотехнологий в современной текстильной индустрии [Тезисы доклада] / Т.И. Хаханина, Б.П. Осипов, В.И. Суханов, С.А. Сухарев // – 2004. – С. 67-74.

51. Вайлунова, Ю. Г. Сетевые структуры и их роль в повышении конкурентоспособности предприятий / Ю. Г. Вайлунова // Экономика и банки. – 2014. – № 2. – С. 53-60.

52. Игнатъев, Н. М. О понятии экономической интеграции хозяйствующих субъектов / Н. М. Игнатъев // Экономический журнал. – 2012. – № 3(27). – С. 99-104.

53. Как «Чайковский текстиль» продолжает всех удивлять. // Livejournal URL: <https://zavodfoto.livejournal.com/6380754.html>

54. Ткани с повышенными прочностными характеристиками. Производство // Чайковский текстиль. Оберегая Ваш труд URL: <https://textile.ru/production/technology/strength>

55. Ткани для спецодежды // Балтийский текстиль. URL: <http://tkanispecodezhda.ru>

56. Балашовский текстиль: современные ткани оборонного и гражданского назначения // ГлавПортал URL: <https://glavportal.com/materials/balashovskij-tekstil-sovremennye-tkani-oboronno-go-i-grazhdanskogo-naznacheniya/>

57. Ткани защитные, специального и технического назначения, спецодежда // ООО «ТЕКС-ЦЕНТР» URL: <https://www.teks-centre.ru/>

58. Фабитекс // ООО НПФ URL: <https://catalog.intertkan.ru/companies/company/52935-fabiteks-ooo-npf.html>

59. ТканиТЕКС+ // Техтекс URL: <https://tkanitex.ru/features/>

60. Производство технических тканей // Фаворит-Текстиль URL: <https://f-textile.ru/?ysclid=lqs6v1qgci676547132/>

61. Владимирский текстиль – производитель технических текстильных изделий во Владимире // Fabricators.ru URL: <https://fabricators.ru/proizvoditel/vladimirskiy-tekstil?ysclid=mfnxaso390443316542>

62. Производство БМ К Текстиль // БТК Текстиль URL: <https://btk-textile.ru/proizvodstvo/bmk-tekstil/?ysclid=mfnxg645g998826180>

63. Ткани для пошива спецодежды и униформы // Текстайм URL: <https://www.textime.ru/>

64. Ивановский меланжевый комбинат – производство тканей // ООО «Ивановский меланжевый комбинат» URL: <https://ivmelang.ru/>

65. Сачков, Н. П. СИЗ: переход на риск-ориентированный подход [Текст] / Н.П. Сачков // Охрана труда и пожарная безопасность. – 2020. – №10 – С. 46-61.

66. Козлова, О. А. О необходимости перехода от политики импортозамещения к симулированию экспорта в российской экономике [Текст] / О.А. Козлова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020. – №1. – С. 88-93.

67. Каюмова, Р. Ф. Ассортиментная политика швейных предприятий : Учебное пособие для студентов, обучающихся проектированию и технологии швейных и текстильных изделий, а также специалистов в области индустрии моды / Р. Ф. Каюмова. – Уфа : Уфимский государственный университет экономики и сервиса. – 2013. – 82 с.

68. Сайфутдинова, И. Ф. Основные игроки на рынке производства текстильных материалов для спецодежды / И. Ф. Сайфутдинова, Д. Р. Курносова, В. В. Хамматова // Вестник Технологического университета. – 2017. – Т. 20. – № 1. – С. 91-96.

69. Наследие передовых технологий // WESTEX Milliken brand URL: <https://ru.westex.com/about-westex/>

70. Ерлыгина, Е. Г. Современное состояние и перспективы развития текстильной промышленности / Е. Г. Ерлыгина, Н. В. Капустина, Н. М. Фоменко // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2017. – № 3(369). – С. 64-67.

71. Морозов, А. В. Современные технологические ресурсы формирования гидрофобных свойств текстильных материалов / А. В. Морозов // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 5. – С. 168.

72. Лутфуллина, Г. Г. Гидрофобизирующие эмульсии в текстильной и легкой промышленности / Г. Г. Лутфуллина, Л. Ю. Махоткина, А. А. Халилова // Костюмология. – 2019. – Т. 4. – №1. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/09TLKL119.pdf>

73. Николаенко, Г.Р. Обзор существующих гидрофобизирующих материалов, используемых в легкой промышленности / Г.Р. Николаенко, М.Н. Минлебаева // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – №21. – С. 86–87.

74. Гарцева, Л.А., Химическая технология текстильных материалов: Текст лекций / Л.А. Гарцева, В.В. Васильев. // Рязань, филиал ИГТА: ИГТА. – 2004. – 124 с.

75. Измайлов, Б. А. Гидрофобная отделка текстильных материалов из хлопчатобумажных и полушерстяных волокон высшими олиго(алкилоксиметилен)силоксанами / Б. А. Измайлов, А. В. Неделькин, О. В. Ямбулатова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009. – № 2. – С. 43-46.

76. Красина, И. В. Химическая технология текстильных материалов: учебное пособие / И.В. Красина, Э.Ф. Вознесенский // Казань: КНИТУ. – 2014. – 116 с.

77. Кричевский, Г. Е. Химическая технология текстильных материалов / Г. Е. Кричевский // М.: РосЗИТЛП. – 2001. – Т.3. – 298 с.

78. Зимон, А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон // М.: Химия – 1974. – 416 с.

79. Егоров, Н. В. Отделка хлопчатобумажных тканей: Справочник. Часть 1: Технология и ассортимент хлопчатобумажных тканей / Н. В. Егоров, В. И. Лебедева, О. К. Смирнова, М. Н. Кириллова, Т. Д. Захарова // – М.: Легпромбытиздат. – 1991. – 431 с.

80. Егоров, Н. В. Отделка хлопчатобумажных тканей: Справочник / Н. В. Егоров, В. И. Лебедева, О. К. Смирнова, М. Н. Кириллова, Т. Д. Захарова, О.И. Одинцова, А.Л. Никифоров, под ред. Б. Н. Мельникова // Иваново: изд-во «Талка». – 2003. – 484 с.

81. Prorokova N.P., Kumeeva T.Yu., Kholodkov I.V. Wear-Resistant Hydrophobic Coatings from Low Molecular Weight Polytetrafluoroethylen Formed on a Polyester Fabric. Coatings. 2022. – V. 12. – P. 1334-1341.

82. Xu, L.; Jin, H.; Wu, D.; Liu, B.; Zhang, M. Superhydrophobic polystyrene coating based on phase separation of raspberry structure particle. Colloid and Polymer Science. – 2021. – 299. – 1695-1702.

83. Prorokova, N. P.; Odintsova, O. I.; Rumyantseva V. E. etc. Giving Improved and New Properties to Fibrous Materials by Surface Modification. – 2023. – 13. – 139.

84. McHale, G.; Shirtcliffe, N. J.; Newton, M. I. Contact-Angle Hysteresis on Super-Hydrophobic Surfaces. Langmuir. – 2004. – 20. – 10146-10149.

85. Park S., Kim J., Park C. Superhydrophobic textiles: Review of theoretical definitions, fabrication and functional evaluation. J. Eng. Fiber Fabr. – 2015. – 10. – 231-250.

86. Кумеева Татьяна Юрьевна. Сверхгидрофобизация полиэфирных текстильных материалов посредством модифицирования их поверхности политетрафторэ-тиленом : диссертация кандидата технических наук : 05.19.02 / Кумеева Татьяна Юрьевна; Иваново, 2010.

87. Clariant Specialty Chtmicals // URL: <https://www.clariant.com/en/Corporate>

88. Футорян, А.Л. Совершенная защита НУВА - для текстиля, который прослужит долго / А.Л. Футорян // Текстильная химия. – 2008. – №1(30). – С. 33-38.

89. Mahltig, B., Bottcher, H. Modified silica sol coatings for water-repellent textiles. J. Sol-Gel Sci and Technol. – 2003. – 27. – 43-52.

90. Пат. № МКИ В05 D 3/02 США. Durable finishes for textiles : заявл. 06.03.2002 : опубл. 29.03.2005. / РЖХим. 2006, №5, Ф92П.

91. Евсюкова, Н.В. Гидрофобизация тканей фторсодержащим силаном в среде сверхкритического диоксида углерода / Н.В. Евсюкова, А.М. Мышковский, Л.М. Полухина, О.А. Серенко, Л.Н. Никитин, А.М. Музафаров // Химические волокна. – 2009. – №1. – С. 39-44.

92. Пат. №2579066 Российская Федерация, МПК С04В/49. Состав для получения гидрофобного покрытия : №2014146441/03 ; заявл. 19.11.2014 : опубл. 27.03.2016 / В.Л. Плеханов, П.П. Паринов, Т.И. Вильховый, А.В. Шатханов, А.В. Козлович, В.В. Бойко. – 13 с.

93. Пат. №2006134338 Российская Федерация, МПК В60R 13/00. Водоотталкивающий элемент и способ получения гидрофобного покрытия : №2006134338/11 : заявл. 28.04.2006 : опубл. 20.06.2018 / М.О. Галлямов, А.Р. Хохлов, В.М. Бузник, Л.Н. Никитин, А.Ю. Николаев. – 2 с.

94. Пат. №2013134001 Италия, МПК D06M 13/348. Способ придания волокнистому материалу водоотталкивающих свойств и гидрофобные материалы, полученные таким образом : №2013134001/05 : заявл. 22.12.2011 : опубл. 27.01.2015 / Р. Чингогани, А. Атаназью, И. Байер. – 2 с.

95. Пат. №2565671 Российская Федерация, МПК С08G 77/24. Разветвленные фторсодержащие кремнийорганические сополимеры, способ их получения и гидрофобное полимерное покрытие на их основе : №2014122010/04 : заявл. 30.05.2014 : опубл. 20.10.2015 / А.М. Музафаров, М.А. Солдатов, А.А. Калинина, Н.А. Шереметьева, Н.В. Демченко, О.А. Серенко. – 11 с.

96. Пат. №2431707 Российская Федерация, МПКD06M 15/643. Способ получения нетканых текстильных материалов, обладающих сорбционными и гидрофобными свойствами с помощью олигоэтоксисилоксанов: №2010115580/05: заявл. 20.04.2010: опубл. 20.10.2011 / Б.А. Измайлов, В.М. Горчакова, В.И. Корягин, Ю.Н. Матвеев, В.А. Аниськова, Т.А. Курочкина. – 6 с.

97. Дащенко, Н. В. Повышение качества колорирования и отделки текстильных материалов с использованием наноразмерных препаратов / Н. В. Дащенко, А. Ю. Манукян-Галактионова, А. М. Киселев // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2018. – № 1-1. – С. 72-79.

98. Киселев, А.М., Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения / А. М. Киселев, Е. В. Румянцев, О. И. Одинцова, В. Е. Румянцева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2022. – № 2(398). – С. 121-133.

99. Takacs, E., Wojnarovits, L., Borsa, J., Racz, I. Hydrophilic/hydrophobic character of grafted cellulose. Radiat Phys Chem. – 2010. – 79. – 467-470.

100. Ren, Q., Zhao, T. Synthesis and application of modified vegetable oils in waterrepellent finishing of cotton fabrics. Carbohydr Polym. 2010. – 80. – 381-386.

101. Пат. № 2615694 Российская Федерация, МПК D06M 15/273. Способ получения полимерного покрытия на поверхности хлопчатобумажной ткани: № 2015143446: заявл. 12.10.2015: опубл. 06.04.2017 / В. В. Климов, Е. В. Брюзгин, А. В. Навроцкий, И. А. Новаков; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолГТУ).

102. RUDOLF Chemicals Indonesia // RUDOLF Indonesia URL: <https://www.rudolf-group.co.id/en/textiles/>

103. Производство полимерных покрытий в России // Huntsman-NMG
URL: <https://huntsman-nmg.com/>

104. CHT Group – sustainable specialty chemicals // CHT Group URL:
<https://www.cht.com/en/>

105. Борисова, А. А. Перспективы применения гидрофобной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов / А. А. Борисова, С. А. Рейхмане, В. П. Рассказова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2011. – № 1(20). – С. 121-127.

106. Хамматова, Э. А. Теоретические и методологические основы управления показателями качества текстильных материалов специальной одежды: дис. д-р. техн. наук: 05.19.01. – Казань, 2022. – 557 с.

107. Халилова, А. А. К вопросу о применении раствора силана в качестве заключительной отделки в производстве текстильных материалов / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова // Костюмология. – 2022. – Т. 7, № 1. – URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/31TLKL122.pdf>

108. Пащенко, А.А. Гидрофобизация / А.А. Пащенко, М.Г. Воронков, Л.А. Михайленко, В.Я. Круглицкая, Е.А. Ласская // Киев: Науковая думка. – 1973.

109. Садова, С.Ф. Современные методы заключительной отделки тканей. Учебное пособие / С.Ф. Садова, Н.В. Журавлева // М.: МТИ. – 1982. – 54 с.

110. Соболевский, М.В. Свойства и области применения кремнеорганических продуктов / М.В. Соболевский, О.А. Музовская, Г.С. Попелева // М.: Химия. – 1975. – 296 с.

111. Воронков, М.Г. Аппретирование текстильных материалов кремнийорганическими мономерами и олигомерами / М.Г. Воронков, В.М. Макарская // Новосибирск: Наука. – 1978. – 77 с.

112. Нессонова, Г.Д. Применение силиконов в текстильной и легкой промышленности / Г.Д. Нессонова, К.П. Гриневич, Н.В. Журавлева, З.В. Белякова // М.: ЦНИИТЭИ. – 1970. – 104 с.

113. Полиметилсилоксан // ХимТэк URL: <https://chimtec.ru/chem/silicon>
114. Силиконовый гидрофобизирующий состав Пента®-814 // URL: https://pentasever.ru/catalog/emulsii/silikonovyy_gidrofobiziruyushchiy_sostav_penta_814/?ysclid=mloyno3eo571810886
115. Union chimique belge S.A. // HetMot URL: <https://www.mot.be/resource/Organization/union-chimique-belge-sa?lang=en>
116. Борщев А.П. Ни шанса влаге, маслу, грязи [Электронный ресурс] / А.П. Борщев, В. Хорст // Рынок легкой промышленности.- 2001.- №11. – Режим доступа: <http://www.rustm.net/catalog/article/884.html>.- 05.09.2012
117. Жукова Е.А. Системы фасадной отделки / Е.А. Жукова, А.В. Чугунков, В.Л. Рудницкая // Наука. Строительство. Образование. – 2011. – № 1.
118. Хамматова, Э.А. Разработка технологий производства модифицированных композиционных волокнистых материалов, применяемых в нефтехимическом и нефтеперерабатывающем комплексах: монография / Э.А. Хамматова, Р.Ф. Гайнутдинов, Ю.Н. Матвеев // Казань : КНИТУ. – 2016. – 264 с.
119. Измайлов, Б.А. Доклады академии наук. Новый подход к получению карборанилметилоксанов / Б.А. Измайлов, В.Н. Калинин, А.А. Жданов, Л.И. Захаркин // М.: ИЭОС имени А.Н. Несмеянова РАН, – 1983. с. 1253.
120. Пащенко, А.А. Кремнийорганические покрытия холодного отверждения. Изд. «Вища Школа», Киев, 1972. – 163 с.
121. Ranney, M.W. Waterproofing textiles. – 1970. – 178 с.
122. Авт. свид. № 608864 СССР, МПК D06M 15/66. Состав для одновременного крашения и гидрофобной отделки текстильного материала из полиамидных, полиэфирных или ацетатных волокон: № 2380226: заявл. 28.06.1976: опубл. 30.05.1978 / Е.М. Морозова, В.И. Елисеева, К.К. Андрианов, А.К. Дабагова, В.В. Карпов, А.С. Морозов, Ф.Ф. Бачукина, А.М. Калинин. – 2 с.

123. Авт. свид. № 611958 СССР, МПК D06P 1/52, C09B 67/00. Способ гидрофобизирующей отделки текстильного материала: № 2406986: заявл. 01.08.1976 : опубл. 25.06.1978 / О.А. Музовская, Р.Г. Фомина, Г.В. Рясин, Н.С. Федотов, В.Ф. Миронов, Л.И. Жирноклеева. – 4 с.

124. Patent № 2359966, Int. Cl. D06M15/643. Process for the water-repellent finishing of fiber materials of all kinds: № 2359966: register 01.12.1973: published 05.06.1975 / Н. Н. Deiner. – URL: <https://patents.google.com/patent/DE2359966C3/en?q=2359966>

125. Trobojevic, Y. S. Textil. – 1981. – 11. – 649-653.

126. Friedel, H. Textilreinigung. – 1980. – 11. – 341-345.

127. Семянников, В.А. Фотоотверждение как метод фиксации композиций при водоотталкивающей отделке текстильных материалов / В.А. Семянников, И.В. Голиков, Е.А. Индейкин // М.: Текстильная химия. – 1993. – № 2. – С. 109-115.

128. Patent № 3108595, Int. Cl. D06M15/643. Method for coating documents: № 19813108595: register 06.03.1981: published 16.09.1982 / К. Huhn, Н. Marwitz, К.В. Ullrich. – URL: <https://patents.google.com/patent/DE3108595A1/en?q=de3108595>

129. Patent № 4370365, Int. Cl. D06M15/3568. Method for imparting water-repellency to woven fabrics: № 06/312,828: register 19.10.1981: published 25.01.1983 / М. Takamizawa, А. Abe, К. Kasahara, Y. Komeno, А. Aoyama – URL: <https://patents.google.com/patent/US4370365A/en?q=4370365>

130. Patent № 564777. Air permeable water proofing finish for fabric: № 7964179: register 26.06.1979: published 19.01.1981 / Н. Itou, S. Ookuma, М. Kondou– URL: <https://patents.google.com/patent/JPS564777A/en?q=jp564777>

131. Авт. свид. № 726240 СССР, МПК D06M 15/66. Композиция для гидрофобной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов: № 2541017: заявл. 24.10.1977 : опубл. 05.04.1980 / Г.Д. Нессонова, К.П. Гриневич, Т.Ф. Корзинкина – 3 с.

132. Низяева, Л.А. Композиция для заключительной отделки капроновых тканей / Л.А.Низяева, Р.Д. Эфрос // М.: ВНИИПХВ. – 1978. – С. 112-116.
133. Низяева, Л.А. Текстильная промышленность / Л.А. Низяева, Л.Д. Головченко. – 1980. – № 10. – С. 52-54.
134. Torarzewski, Z., Sega, H., Ossowski, J. Textilveredlung, – 1980. – 11. – 434-436.
135. Patent № 3035824, Int. Cl. D06M15/643. Method for coating documents : № 19813108595 : register 06.03.1981 : published 16.09.1982 / K. Huhn, H. Marwitz, K. B. Ullrich – URL: <https://patents.google.com/patent/DE3108595A1/en?q=de3108595>
136. Patent № 581232. Water- and oil-repellent processing method for textile fabric with improved color fastness to rubbing : № 55024721 : register 29.02.1980 : published 10.01.1983 / T. Ito, S. Tsujikawa – URL: <https://patents.google.com/patent/JPS581232B2/en?q=jp581232>
137. Patent № 5742747. Production of polyolefin resin composition: № 11772580: register 28.08.1980: published 10.03.1982 / M. Nogiwa, T. Suzuki, T. Yoshikawa, H. Sato, S. Ishiyama, H. Oomika. – URL: <https://patents.google.com/patent/JPS5742747A/en?q=5742747>
138. Tokuzo, K., Kei-ichi, T., Tomiko, F., Hideo, S. Seni gakkaiishi fiber. – 1999. – 9. – 416-423.
139. Tokuzo, K., Ken-ichi, T., Xinhong, P., Tomiko, F., Hideo, S., Yuka, J., Tsuyoshi, Y., Kunimi W. Seni-I gakkaiishi fiber. Japan: Faculty of Human Life Science, Osaka City University. – 2000. – 56. – №3. – 155 – 162.
140. Авт. свид. №221295 СССР, МПК C08g. Способ получения полиограносилазанов: № 1138173/23-5: заявл. 03.03.1967: опубл. 01.12.1966 / К.А. Андрианов, Н.Г. Морозов, Б.А. Измайлов, Н.А. Хрисоскули, Г.В. Нессонова. – 2 с.
141. Авт. свид. № 1825829 СССР, МПК D06M 15/643, D06M 15/693. Состав для водо- и грязеотталкивающей отделки текстильных материалов: №

4903177: заявл. 18.01.1991: опубл. 07.07.1993 / Н.Р. Смеречинская, Л.А. Курьян, А.П. Сучкова, Л.И. Самарий, Горбатенко В.И., В.Ю. Якуб, А.К. Пода. – 4 с.

142. Борисова, А. А. Перспективы применения гидрофобной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов / А. А. Борисова, С. А. Рейхмане, В. П. Рассказова // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2011. – № 1(20). – С. 121-127.

143. Gao, Q. et al. Formation of highly hydrophobic surfaces on cotton and polyester fabrics using silica sol nanoparticles and nonfluorinated alkylsilane. *Ind Eng Chem Res.* – 2009. – 48. – 22. – 9797-9803.

144. Textor, T., Mahltig, B. A sol-gel based surface treatment for preparation of water repellent antistatic textiles. *Appl Surf Sci.* – 2010. – 256. – 6. – 1668-1674.

145. Yu, M. et al. Superhydrophobic cotton fabric coating based on a complex layer of silica nanoparticles and perfluorooctylated quaternary ammonium silane coupling agent. *Appl Surf Sci.* – 2007. – 253. – 7. – 3669-3673.

146. Bae, G.Y. et al. Superhydrophobicity of cotton fabrics treated with silica nanoparticles and water-repellent agent. *J Colloid Interface Sci.* – 2009. – 337. – 1. – 170-175.

147. Duan, W. et al. Fabrication of superhydrophobic cotton fabrics with UV protection based on CeO₂ particles. *Ind Eng Chem Res.* – 2011. – 50. – 8. – 4441-4445.

148. Xu, L. et al. Fabrication of superhydrophobic cotton fabrics by silica hydrosol and hydrophobization. *Appl Surf Sci.* – 2011, 257, 13, 5491-5498.

149. Liang, J. et al. Transformation of hydrophilic cotton fabrics into superhydrophobic surfaces for oil/water separation. *Journal of the Textile Institute.* – 2013. – 104. – 3. – 305-311.

150. Xue, C.H. et al. Preparation of superhydrophobic surfaces on cotton textiles. *Sci Technol Adv Mater.* – 2008. – 9. – 3. – 1-7.

151. Yang, M. et al. Fabrication of superhydrophobic cotton fabric with fluorinated TiO₂ sol by a green and one-step sol-gel process. Carbohydr Polym. – 2018. – 197. – 75-82.

152. Xu, L. et al. Superhydrophobic cotton fabrics prepared by one-step water-based sol-gel coating. Journal of the Textile Institute. – 2012. – 103. – 3. – 311-319.

153. Dogan, O, Dag, R. Application of Nano Coating (SiO₂) on Textile Products. J Chem Chem Eng. – 2017. – 11. – 2. – 82-85.

154. ГОСТ 12.4.280-2014 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий. Общие технические требования» Технические условия» [Текст]. – М.: Изд-во Стандартиформ. – 2015. – 23 с.

155. Шатаева Д.Р. Разработка технологии получения гидрофобного кожевенного полуфабриката с улучшенными физико-механическими и гигиеническими свойствами: дис. канд. техн. наук: 05.19.05. – Казань. – 2014. – 156 с.

156. Патент № 2507220 С1 Российская Федерация, МПК С08L 9/00, С08К 13/02. огнестойкая резиновая смесь : № 2012128735/05 : заявл. 09.07.2012 : опубл. 20.02.2014 / Н. И. Кольцов, Ю. В. Васильева, Н. Ф. Ушмарин, Н. Н. Петрова ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова».

157. ГОСТ Р 51553-99. Материалы текстильные. Метод определения водоупорности. Испытание гидростатическим давлением. – Введ. 2001-01-01. М.: Стандартиформ, 2006. – 7 с.

158. Прибор для автоматического испытания гидростатическим напором FX 3000 HydroTester III швейцарского производителя TEXTEST INSTRUMENTS (TEXTEST AG) «Орбис» [Электронный ресурс]. – 2022. – URL:<https://orbiscorp.ru/news/gribor-dlya-avtomaticheskogo-ispytaniya>

166. ГОСТ Р 12.4.200-99. Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от тепла и огня. Метод испытаний при ограниченном распространении пламени. – М.: Издательство стандартов. – 2002. – 11 с.

167. ТР ТС 017/2011. О безопасности продукции легкой промышленности : технический регламент Таможенного союза : принят Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г., № 876 ; ред. от 9 августа 2016 г. // Консультант Плюс URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_124672/

168. ГОСТ 30568-98. Полотна и изделия трикотажные. Метод определения паропроницаемости и влагопоглощения. Межгосударственный стандарт. – Введ. 2004-10-01. – Минск: НП РУП «Белорусский государственный институт стандартизации и сертификации. – 2004. – 10 с.

169. ГОСТ ISO 9237-2013. Материалы текстильные. Метод определения воздухопроницаемости. Межгосударственный стандарт. — М.: Стандартинформ. – 2016. – 11 с.

170. Тестер воздухопроницаемости // IDM instruments URL: <https://idminstruments.com.au/testing-instruments/products/air-permeability-tester.html>

171. ГОСТ Р ИСО 2074–2012. Материалы текстильные. Определение антибактериальной активности изделий с антибактериальной обработкой. Национальный стандарт РФ. – М.: Стандартинформ. – 2012. – 12 с.

172. ГОСТ ISO 6330-2014. Материалы текстильные. Процедуры домашней стирки и сушки, применяемые для испытаний [Текст]. - М.: Изд-во Стандартинформ. - 2015. - 26 с.

173. ГОСТ Р 8.736-2011 Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. – М.: Стандартинформ. – 2011. – 23 с.

174. Воронков М.Г. Аппретирование текстильных материалов кремнийорганическими мономерами и олигомерами. Обзорн. инф. / М.Г. Воронков, В.М. Макарская // Новосибирск: Наука. – 1978. – С. 30–37.

175. Махоткина, Л. Ю. Разработка гидрофобных текстильных материалов для производства рабочей одежды с применением кремнийорганических соединений / Л. Ю. Махоткина, А. А. Халилова // Наука России: Цели и задачи : сборник научных трудов по материалам XXII международной научной конференции, Екатеринбург, 10 августа 2020 года / Международная Объединенная Академия Наук. Том Часть 1. – Екатеринбург: НИЦ «Л-Журнал». – 2020. – С. 131-135.

176. Махоткина, Л. Ю. Влияние обработки поверхности текстильного материала раствором на основе кремнийорганического соединения на прочностные характеристики материала / Л. Ю. Махоткина, Г. Г. Лутфуллина, А. А. Халилова // Молодежь и наука: шаг к успеху : сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых : в 5 т., Курск, 21–22 марта 2019 года. Том 5. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга». – 2019. – С. 281-284.

177. Халилова, А. А. Исследование электризуемости текстильных материалов, обработанных кремнийорганическим соединением / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова // Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности : Материалы I Всероссийской научной конференции с международным участием, Казань, 25–28 апреля 2023 года. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет. – 2023. – С. 273-276.

178. Придание огнестойкости текстильным материалам различного назначения / Е. Л. Владимирцева, С. В. Смирнова, О. И. Одинцова, М. В. Винокуров // Российский химический журнал. – 2014. – Т. 58. – № 2. – С. 49-58.

179. Пат. № 2463401 Российская Федерация, МПК D06M 15/00. Препарат для восстановления эксплуатационных свойств изделий из тканей:

№ 2011116984/05 : заявл. 29.04.2011: опубл. 10.10.2012 / С. А. Кочаров, А. А. Ильин, Н. Н. Корсун [и др.] ; заявитель Открытое акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности».

180. Пат. № 2463399 Российская Федерация, МПК D06M 13/00. Способ получения целлюлозосодержащих тканей специального назначения: № 2011116983/05: заявл. 29.04.2011: опубл. 10.10.2012 / А. А. Ильин, С. А. Кочаров, С. Л. Белопухов [и др.]; заявитель Открытое акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности».

181. Пат. № 2226577 Российская Федерация, МПК D06N 3/06. многослойный облицовочный термостойкий материал типа искусственной кожи : № 2002121277/04 : заявл. 13.08.2002 : опубл. 10.04.2004 / С. Н. Козлов, Б. М. Михайлов, Т. Б. Сорокина [и др.]; заявитель ФГУП ЦНИИПИК-Центральный научно-исследовательский институт пленочных материалов и искусственной кожи.

182. Халилова, А. А. Разработка импортозамещающей композиции для гидрофобной отделки текстильных материалов / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова, Э. Ф. Вознесенский // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2025. – № 1(415). – С. 146-151.

183. Кочурихина, М. А. Применение силанов - залог долговечности теплоизоляционных материалов. Часть 2 / М. А. Кочурихина, Р. И. Юнусов // Базальтовые технологии. – 2013. – № 1. – С. 62-64.

184. Халилова, А. А. Исследование стойкости к открытому пламени натуральных текстильных материалов с водоотталкивающей пропиткой / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова, И. Ф. Сайфутдинова // Технологии и качество. – 2024. – № 4(66). – С. 7-13.

185. Халилова, А. А. Исследование самозатухаемости текстильных материалов с водоотталкивающей пропиткой для рабочей одежды / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова // Современные пожаробезопасные материалы и

технологии : Сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ. – 2024. – С. 530-533.

186. Халилова, А. А. Гигиеническая оценка текстильных материалов с водоотталкивающей пропиткой на основе силана и хлорпарафина / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX). – 2024. – № 1. – С. 342-345.

187. Халилова, А. А. Влияние обработки целлюлозных материалов водоотталкивающей композицией на санитарно-гигиенические и биостойкие свойства / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова, Н. П. Бодрякова // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. – 2025. – Т. 71. – № 1. – С. 24-28.

188. Биоповреждения хлопковых волокон / Е. Л. Пехташева, А. Н. Неверов, Г. Е. Заиков, С. А. Шевцова // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 8. – С. 173-177.

189. Хетагурова В.Ф., Санков Е.А. Биологические повреждения хлопковых волокон // Текстильная промышленность. – 1951. – №9. – С.21-25.

190. Биостойкость натуральных и синтетических текстильных волокон / Е. Л. Пехташева, А. Н. Неверов, Г. Е. Заиков [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т. 15. – № 7. – С. 292-305.

191. Р. Сильверстейн, Ф. Вебстер, Д. Кимл. Спектрометрическая идентификация органических соединений // пер. с англ. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 557 с.: ил. — (Методы в химии).

192. О. Т. Шипина, М. Р. Гараева, А. А. Александров. ИК-спектроскопические исследования целлюлозы из травянистых растений // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 6. – С. 148-152.

192. Халилова, А. А. Термический анализ целлюлозосодержащих текстильных материалов с водоотталкивающим составом на основе аminosилана и хлоропарафина / А. А. Халилова, Н. В. Тихонова, Е. А. Сергеева // Вестник Технологического университета. – 2025. – Т. 28. – № 7. – С. 153-159.

193. Использование методов термического анализа для оценки пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, А. В. Петров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2020. – № 5(389). – С. 92-97.

194. Влияние добавок целлюлозы травянистых растений на комплекс свойств резин серной вулканизации на основе бутадиен-нитрильного каучука / Е. Н. Черезова, Ю. С. Карасева, Н. М. Х. Аль-Базили, К. А. Момзякова // Вестник Технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 10. – С. 30-33.

195. Берлин, А. А. Химические основы снижения пожарной опасности материалов на ОСНОВЕ целлюлозы / А. А. Берлин, А. Б. Сивенков, Г. Ш. Хасанова // Горение и плазмохимия. – 2021. – Т. 19. – № 2. – С. 65-77.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А.

ИК-спектры: силан А-1100, ХП-470, ВО композиции на основе силана и ХП

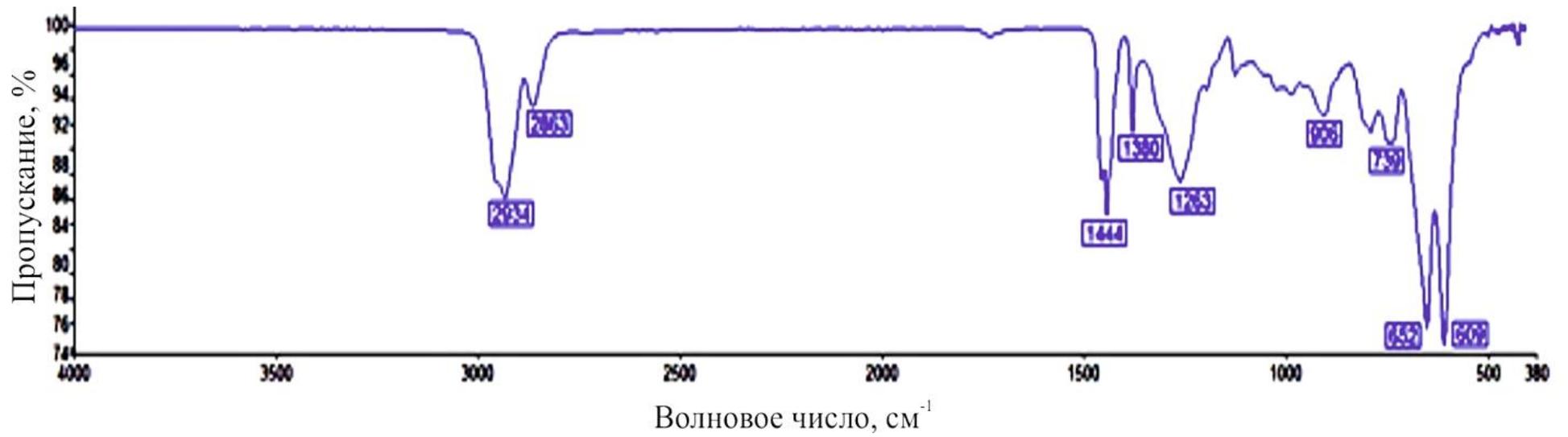


Рисунок 1 – ИК-спектр ХП-470

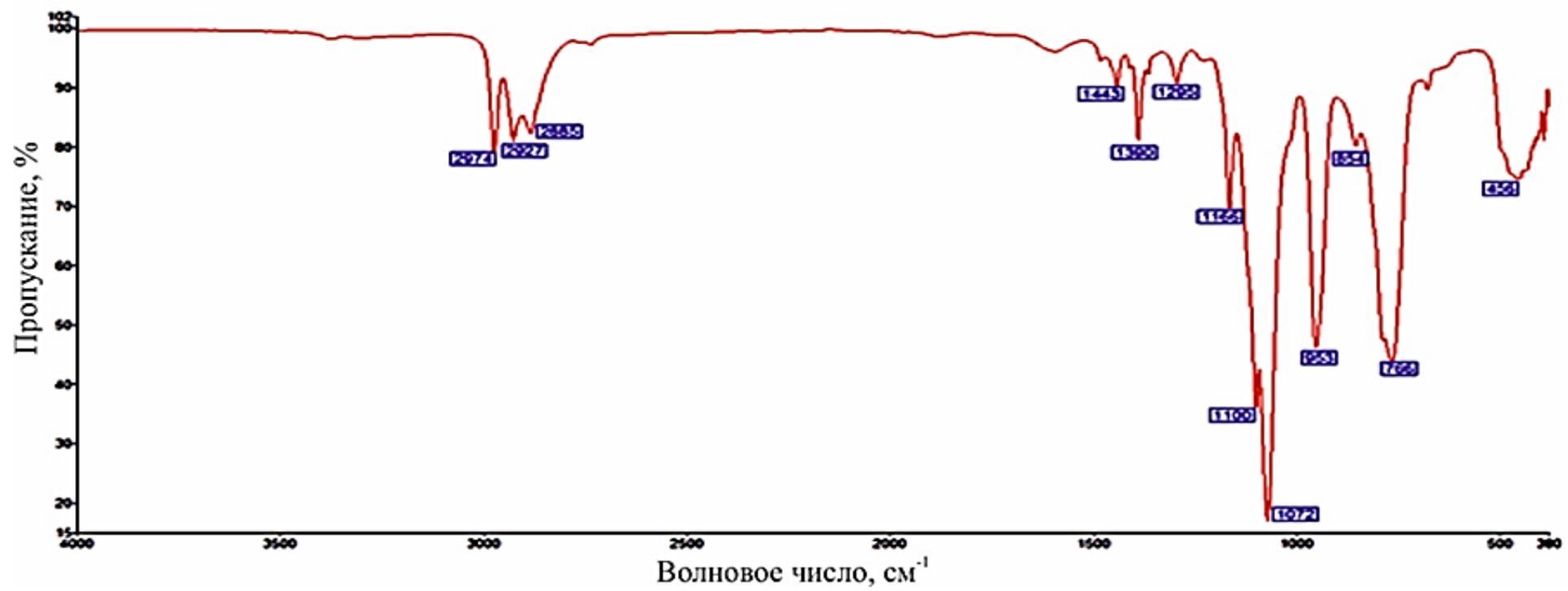


Рисунок 2 – ИК-спектр силана марки А-1100

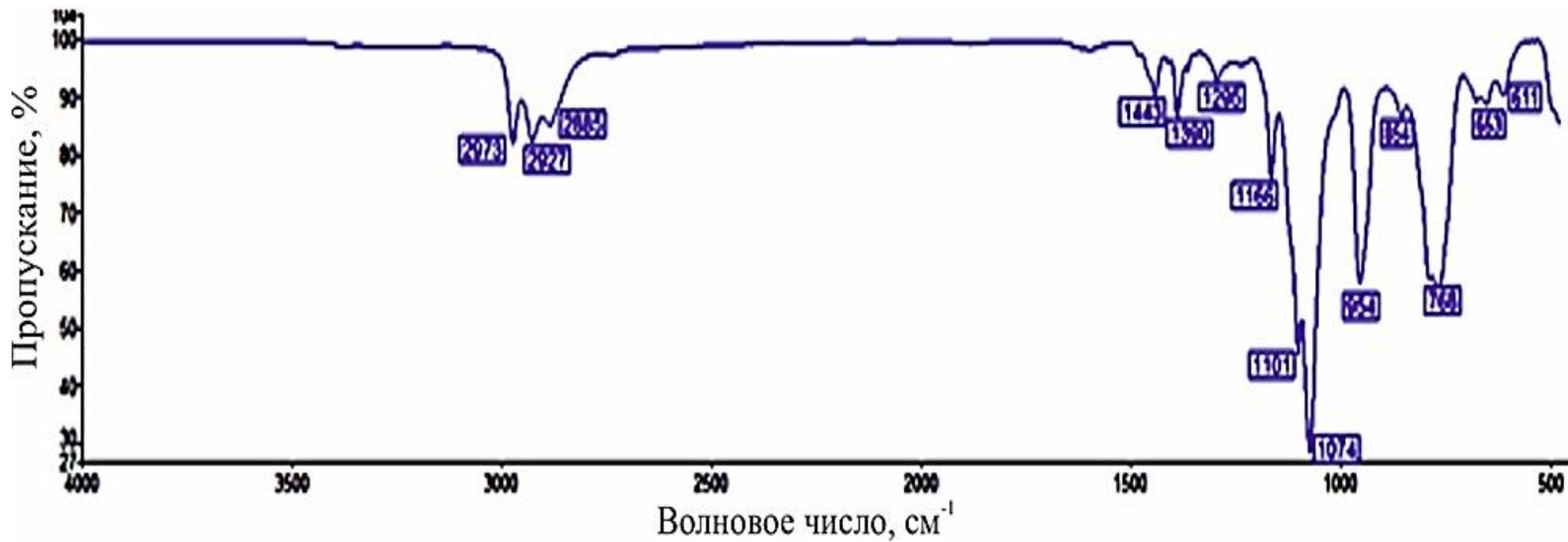


Рисунок 3 – ИК-спектр ВО композиции на основе силана и ХП

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акты внедрения и испытания

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

АО «КазХимНИИ»

В.Ю. Матвеева

«15» сентября 2025 г.



АКТ

производственных испытаний

результатов диссертационной работы Халиловой Алины Адиковны на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16 – Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

Мы, нижеподписавшиеся, представители АО «Казанский химический научно-исследовательский институт» (АО «КазХимНИИ»): руководитель испытательного центра О.А. Антонович, старший научный сотрудник лаборатории средств индивидуальной защиты кожи (СИЗ) И.Ф. Сайфутдинова, составили настоящий акт о том, что в производственных условиях АО «КазХимНИИ» испытаны текстильные материалы, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина, представленные в диссертационной работе Халиловой А.А.

В качестве объектов испытания, представлены следующие контрольные и опытные образцы текстильных материалов:

- «Саржа» из 100% хлопка, саржевого переплетения, арт. Ц4098, пов. плотностью 240 г/м² «Балтийский текстиль», Россия,

- «Брезент» из смесового сырья 60%-хлопок, 40% лен, полотняного переплетения, арт. 11135, пов. плотностью 340 г/м² ООО «ТканиТЕКС», Россия;

- опытные образцы текстильных материалов, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина.

Для определения защитных и эксплуатационных свойств водоотталкивающих текстильных материалов определяли разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение, электризуемость, огнестойкость, водоупорность, краевой угол смачивания, гигроскопичность, влагоотдачу, паропроницаемость, воздухопроницаемость.

Произведена оценка защитных и эксплуатационных свойств водоотталкивающих текстильных материалов. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка защитных и эксплуатационных свойств водоотталкивающих текстильных материалов

Наименование технических характеристик		Наименование образцов			
		«Саржа»		«Брезент»	
		контрольный образец	опытный образец	контрольный образец	опытный образец
Прочность на разрыв, Н	основа	791,4	791,1	935,2	934,2
	уток	271,6	271,3	696,4	699,9
Прочность на раздир, Н	основа	22,9	24,7	85,6	84,7
	уток	17,1	28,6	89,2	87,4
Относительное удлинение, %	основа	28,2	29,4	20,5	26,1
	уток	34,6	34,8	6,9	8,4
Водоупорность, см.вод.ст.		1,33	19,4	2,4	12,3
Краевой угол смачивания, град.		86	126	87	144
Огнестойкость, с		4	8	5	11
Напряженность электростатического поля, кВ/м		1,12	0,5	1,25	0,77
Воздухопроницаемость, мм/с		10,02	9,34	18,29	16,34
Паропроницаемость, г/м ² *ч		28,20	27,13	30,25	27,80
Гигроскопичность, %		13,2	10,7	16,1	13,3
Влагоотдача, %		35,7	44,0	37,5	46,2

В результате проведенных испытаний установлено, что опытные образцы текстильных материалов, обработанные водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина, демонстрируют существенные улучшения защитных и гигиенических свойств по сравнению с контрольными образцами. Отмечено увеличение значений водоупорности, краевого угла смачивания, огнестойкости, а также снижение напряженности электростатического поля. Параметры гигроскопичности,

воздухопроницаемости и паропроницаемости остались на приемлемом уровне, удовлетворяющем стандартам комфорта и безопасности. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности предложенного способа обработки текстильных материалов, что подтверждает актуальность и практическую ценность выполненных исследований.

Руководитель испытательного центра
АО «КазХимНИИ», к.х.н.



О.А. Антонович

Старший научный сотрудник
лаборатории СИЗ АО «КазХимНИИ», к.т.н.



И.Ф. Сайфутдинова



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
АО «КазХимНИИ»

В.Ю. Матвеева

«15» сентября 2025 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов диссертационной работы Халиловой Алины Адиковны

Научно-техническая комиссия в составе старшего научного сотрудника лаборатории средств индивидуальной защиты кожи (СИЗ) Сайфутдиновой И.Ф., начальника цеха химических защитных изделий (ЦХЗИ) Закировой Р.М., главного технолога ЦХЗИ Ивановой Н.П. составила настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы Халиловой А.А. приняты к внедрению АО «КазХимНИИ».

Разработанные технологические рекомендации по производству текстильного материала, обработанного с водоотталкивающей композицией на основе силана и хлорпарафина планируется к использованию в АО «КазХимНИИ» при разработке комплектов средств индивидуальной защиты кожи.

Старший научный сотрудник
лаборатории СИЗ АО «КазХимНИИ», к.т.н.

И.Ф. Сайфутдинова

Начальник ЦХЗИ

Р.М. Закирова

Главный технолог ЦХЗИ

Н.П. Иванова