АННОТАЦИЯ

диссертационной работы Аташиковой Наргизы Асланбековны на тему «Разработка технологии Smart-текстиля с использованием полимерного оптического волокна и мембранного слоя», представленной на соискание степени доктора философии PhD по образовательной программе 8D07206 - Технология и проектирование текстильных материалов

Текстильная промышленность остается одной из важнейших составляющих легкой промышленности Казахстана, обеспечивая рабочие места, экспортные поступления и переработку сырья. На начало 2025 года в стране действовало 485 предприятий, производящих текстильные изделия - около 34% от доли всех предприятий легкой промышленности. Основные производственные мощности сосредоточены в Туркестанской области и городе Шымкенте, что объясняется доступом к хлопковому сырью и трудовым ресурсам.

Актуальность исследования технологии в Smart текстиле обусловлена ростом рынка к интересу адаптированным текстильным материалам, в том числе светящим изделиям и изделиям с мембранными свойствами. В свою очередь полимерные оптические волокна (ПОВ) обладают рядом преимуществ: высокой гибкостью, малой массой, устойчивостью интеграции в текстильные структуры без ухудшения их эксплуатационных свойств. Для создания умной одежды используют ПОВ которые востребованы в медицинских текстильных изделий, спортивной экипировки, средств индивидуальной защиты и дизайнерских световых текстильных решений. Несмотря на активное развитие Smart-текстиля, технологии получения и адаптации полимерных оптических волокон именно для текстильных применений остаются недостаточно разработанными. Существующие методы производства часто не обеспечивают требуемых показателей гибкости, светопропускания, износостойкости и совместимости с традиционными текстильными процессами (ткачество, вязание, вышивка).

В связи с этим разработка эффективной технологии внедрения ПОВ в структуру текстильного полотна является актуальной научно-технической задачей. Решение данной проблемы позволит расширить функциональные возможности текстильных изделий, повысить уровень их интеллектуализации и конкурентоспособность, а также будет способствовать развитию междисциплинарных исследований на стыке материаловедения, оптики и текстильной инженерии.

Таким образом, полимерные оптические волокна считаются многообещающим материалом для развития интеллектуального текстиля и проектирования многофункциональных изделий с улучшенными эксплуатационными характеристиками, что подтверждает актуальность и научно-практическую важность дальнейших изысканий в данной сфере.

Следующее направление исследования полимерно-текстильных материалов (ПТМ) с мембранными свойствами обусловлены с

возрастающими требованиями к функциональности, комфорту и защитным характеристикам современных текстильных изделий. В условиях развития высокотехнологичных отраслей промышленности, медицины, спорта и средств индивидуальной защиты особую значимость приобретают материалы, способные сочетать высокие барьерные свойства с воздухо- и паропроницаемостью, а также устойчивость к воздействию внешних факторов.

Полимерно-текстильные мембранные материалы представляют собой многокомпонентные системы, в которых текстильная основа обеспечивает механическую прочность и формоустойчивость, а полимерная мембрана - селективную проницаемость по отношению к газам, парам и жидкостям. Несмотря на широкий спектр существующих мембранных материалов, актуальной остаётся проблема оптимизации структуры и технологии их получения, направленной на достижение сбалансированных эксплуатационных характеристик при сохранении технологичности и экономической эффективности производства.

Современные исследования показывают, что свойства мембранных полимерно-текстильных материалов в значительной степени определяются типом полимерной мембраны, способом её формирования и характером взаимодействия с текстильной основой.

Таким образом, несмотря на имеющийся большой ассортимент разнообразных водоупорных «дышащих» мембранных текстильных материалов, вопросы технологии их получения, уравновешивания водонепроницаемости с поглощением воды, пропусканием воздуха и паров воды, улучшения функциональных характеристик все еще остаются проблемными. При производстве материала необходимо найти компромисс между водонепроницаемостью и воздухопроницаемостью с противоположным характером. Были проведены исследования по разработке простого и удобного способа получения воздухопроницаемого и паропроницаемого полимерно-текстильного материала, который поглощает, но не пропускает большое количество воды. В качестве текстильного полотна использована махровая хлопковая ткань с односторонним ворсом. Возможность применения полотен из различного сырья и различного переплетения для разработки водоупорных «дышащих» мембранных текстильных материалов остается открытым.

Цель и задачи исследования.

Цель исследования – разработка технологии Smart-текстиля с использованием полимерного оптического волокна и мембранного слоя

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

- аналитический анализ современного состояния исследований и технологии в области Smart текстиля с использованием ПОВ, полимерно-мембранным слоев;

- выбор и обоснования способов формирования и исследования трикотажного полотна с ПОВ;

- обоснования и исследования метода получения ПТМ с мембранными свойствами;

- разработка технологии формирования полимерно-мембранных слоев;

- математического планирования второго порядка (план Бокса Хантера) для прогнозирования водоупорности и водопоглощения ПТМ.

Объектами исследования являются тканевые и трикотажные полотна, изготовленные из хлопковой, полиэфирной и хлопко-полиэфирной пряжи; оптическое волокно представляет собой моно нить с гладкой поверхностью; акриловая эмульсия – 40%-ная водная эмульсия полиметилакрилата (ПМА) белого или светло молочного цвета, производства АО «Навоиазот» (Республика Узбекистан).

Предметом исследования является получение, состав и строение, физико-механические и гигиенические свойства трикотажного полотна с ПОВ, полимерно-текстильных материалов с мембранной функциональностью.

Научная новизна исследования заключается в создании усовершенственных, простых технологий Smart текстильных материалов на основе ПОВ, а также ПТМ с мембранными свойствами, в рамках которой:

– экспериментально подтверждена научная концепции Smart текстиля, как многофункционального материала;

– определены технологические параметры получения трикотажного материала с введением ПОВ в качестве уточной нити;

– разработаны научные принципы по получению водоупорных, водопоглощающих, воздуха- и паропроницаемых ПТМ с заданными характеристиками;

– разработаны и научно обоснованы технологии получения Smart текстильных материалов нового поколения с расширенным функциональным назначением.

Практическая ценность работы заключается в придании функциональных свойств ПТМ:

– введение ПОВ в качестве уточной нити в трикотажное полотно придает материалу высокую механическую прочность при растяжении, устойчивость к истиранию, и отличается светоотражающей способностью.

– полимер-текстильный мембранный материал на основе акриловой эмульсии и махровой хлопковой ткани отличается высоким показателем водопоглащения, высокой (материал с односторонним ворсом) и умеренной водоупорностью (материал с двухсторонним ворсом), сбалансированной высокими значениями воздухопроницаемости и паропроницаемости.

Основные положения, выносимые на защиту:

- технология получения и высокая механическая прочность трикотажного полотна с ПОВ в качестве уточной нити;

- технология получения, способ сбалансирования водопоглощения, водоупорности, воздухопроницаемости и паропроницаемости мембранных полимерно-текстильных материалов.

Основные результаты исследования:

В ходе комплексного исследования были получены следующие результаты:

1. Получены трикотажные полотна с включением полимерного оптического волокна в виде мононити из полиметилметакрилата. Технологически удобным способом введения полимерной нити в структуру полотна является закладывание его в петельные ряды в качестве уточной нити.

2. Чрезмерная толщина и ограниченная упругость полимерной нити затрудняет процесс петлеобразования, поэтому процесс формирования полотна требует особого подхода к выбору его дизайна и технологических режимов, иглы трикотажного станка. Получены полотна простого и плющевого переплетения, в которых полимерная нить участвует в петлеобразовании в сочетании с хлопковой пряжей. Полученные полотна имеют высокую механическую прочность при растяжении, устойчивость к истиранию, и отличаются светоотражающей способностью.

3. Нанесение акриловой эмульсии (ПМА) распылением на текстильные подложки представляет собой простой и эффективный метод получения водонепроницаемых, воздухопроницаемых и функциональных полимерно-текстильных материалов. Содержание ПМА в получаемых композитах колеблется от 8 до 15 мас.% материала. Функциональные характеристики материалов определяются типом волокна, переплетением ткани и количеством полимерных слоев.

4. В процессе модификации макромолекулы ПМА проникают в пористую структуру хлопковых волокон, образуя стабильную сеть межмолекулярных взаимодействий. Эти взаимодействия включают водородные связи между сложноэфирными группами ПМА и гидроксильными группами целлюлозы, а также частичное физическое закрепление полимера в микрофибриллярной структуре волокон. В результате образуется квазигомогенная межполимерная система, в которой термическая деградация происходит кооперативно, а не независимо. В полиэфирных тканях тесный контакт между ПМА и волокнами образует двухфазную систему, в которой разложение происходит за счет комбинированной деградации полиэфирной и акриловой фаз, сопровождающейся увеличением энтальпии и общей потери массы.

5. Морфология внутренней поверхности махровых хлопчатобумажных тканей остается практически неизменной после нанесения эмульсии. Гидрофильный ворс ткани поглощает значительное количество воды, которая удерживается микропористым гидрофобным полимерным слоем на обратной стороне (угол смачивания капли воды составляет 135-140°). Размер пор этого слоя предотвращает проникновение жидкой воды (водостойкость 400-450 мм вод. ст.), одновременно пропуская воздух (воздухопроницаемость 1,5-3 $м^3/(м^2 \cdot с)$) и водяной пар (паропроницаемость 150-500 $г/(м^2 \cdot ч)$), создавая желаемый «мембранный эффект», что подтверждается наблюдениями с помощью сканирующего электронного микроскопа.

6. Для практического применения выбор ткани может быть адаптирован к целевым свойствам. Двусторонние махровые хлопчатобумажные ткани рекомендуются, когда требуется высокое водопоглощение, умеренная водостойкость и высокая воздухо- и паропроницаемость. Односторонние махровые хлопчатобумажные ткани предпочтительны в тех случаях, когда требуется высокая водостойкость, умеренное влагопоглощение и сохранение воздухопроницаемости.

Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации.

Вклад докторанта в подготовку публикаций заключается в непосредственном участии в разработке и проведении исследований, включая получение трикотажных полотен с использованием полимерного оптического волокна, разработку структуры и состава полимерно-текстильных материалов с мембранной функциональностью, а также изучение их физико-механических и гигиенических свойств. Совместно с консультантами выполнили анализ и интерпретацию экспериментальных данных, обобщение полученных результатов и подготовка материалов к ниже следующим публикациям:

1. Nargiza Atashikova, Vladimir Solgalov, Abdugani Azimov (2025) Use of polymer optical fibers to determine friction and pressure in special clothes, The Journal of The Textile Institute, VOL 116. NO 12, 2953-2962, DOI: 10.1080/00405000.2025.2468525 Materials Science (miscellaneous) - процентиль 57, квартиль 2 (Scopus). Science Citation Index Expanded (SCIE) Q2, IF 1.5MATERIALS SCIENCE, TEXTILES (Web of Science)

2. N.A. Atashikova, A.S. Rafikov, D.O. Abdusamatova, M.X. Shirinova, A.M. Azimov, N.Y. Botabayev, “Analysis of Waterproof “Breathable” Functional Polymer-Textile Materials Based on Acrylic Emulsion and Various Types of Fabrics,” Polymer Engineering & Science (2026): Volume 66, Issue5, 3799-3813, https://doi.org/10.1002/pen.70468. квартиль Q1, процентиль 80 (Scopus), Science Citation Index Expanded (SCIE) Q2 Web of Science

3. Н.А. Аташикова, А.С. Рафиков, К.З. Юнусов, Э. Рамазан, А.М.Азимов. МОДИФИКАЦИЯ ТРИКОТАЖНОГО ПОЛОТНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИМЕРНОГО ОПТИЧЕСКОЕ ВОЛОКНО В SMART ТЕКСТИЛЕ. Научный журнал «Механика и технологии» № 1(91) (2026), 139-147, Тараз.

4. N.A. Atashikova, A.M. Azimov, N.Ye. Botabayev, B.B. Turakulov, D.S. Kadyrova. New generation textile fibers// Вестник науки Южного Казахстана, Специальный выпуск. Изд-во ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, 2024, 568-570

5. Н.А. Аташикова, А.М. Азимов, А.С. Рафиков, Н.Е. Ботабаев, Д.С. Кадырова. SMART текстиль как современная тенденция развития // Вестник науки Южного Казахстана, Специальный выпуск. Изд-во ЮКУ им. М.Ауэзова, Шымкент, 2024, 8-10

6. Gulnoza A. Jurayeva, Nargis R. Kadirova, Nargiza A. Atashikova, Adham S. Rafikov, Biochemical modification of leather-containing waste for paper and cardboard production // ICITE– 2024 XI Международная ежегодная

конференция «Промышленные технологии и инжиниринг» 14-15 ноября 2024 Шымкент, Казахстан

7. Nargiza A. Atashikova, Kamola S. Fayzullayeva, Dilfuza O. Abdusamatova, Adham S. Rafikov, Abdugani M. Azimov. Biochemical and waterproof modification of textile materials // ICITE– 2024 XI Международная ежегодная конференция «Промышленные технологии и инжиниринг» 14-15 ноября 2024 Шымкент, Казахстан

8. Абдусаматова Д.О., Аташикова Н.А., Ширинова М.Х., Нигматова Ф.У. «Получение и свойства водонепроницаемых композиционных слоистых материалов с мембранными свойствами для медицинских простыней», Международная научно-техническая конференция «ИННОВАЦИИ В ТЕКСТИЛЕ, ОДЕЖДЕ, ОБУВИ (ICTAI-2025)» посвященной 60-летию УО «Витебского государственного технологического университета» INTERNATIONAL CONFERENCE ON TEXTILE AND APPAREL INNOVATION ICTAI-2025, 18-19 ноября 2025 года, г. Витебск, Белоруссия.

Ключевые слова: Smart-текстиль, интеллектуальный текстиль, полимерное оптическое волокно, мембранный материал, функциональный текстиль, инновационные технологии, текстильные материалы, оптические сенсоры.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 110 страницах, 11 таблиц, 32 рисунков и приложений. Диссертационная работа состоит из списка нормативных ссылок, терминов и определение, обозначения и сокращения, введения, 4 глав, заключения, а также списка 107 использованных источников.