

МРНТИ 64.29.01

С.О. Доскараева¹ – основной автор, | ©
Н.Е. Ботабаев², R. Erdem³, Р.Т. Калдыбаев⁴, Ж. Серикулы⁵



¹Докторант, ²PhD, доцент, ³PhD, ⁴Канд. техн. наук, доцент, ⁵PhD, доцент

ORCID

¹<https://orcid.org/0009-0009-8239-3699> ²<https://orcid.org/0000-0001-8999-7801>

³<https://orcid.org/0000-0003-2810-8294> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-1370-7553>

⁵<https://orcid.org/0000-0002-6321-4407>



^{1,2,4,5}Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан

³Akdeniz University, Анталья, Турция



⁵drzhan@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/IJBN8599>

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ РАЗРАБОТОК В ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Аннотация. В данной обзорной статье представлен систематизированный анализ современных инновационных разработок в текстильной промышленности с акцентом на функциональные, интеллектуальные и многослойные композиционные материалы. Выявлено, что современный вектор развития отрасли сместился от создания новых волокон к глубокой модификации существующих структур с применением нанотехнологий, металлосодержащих покрытий и биополимеров. В работе классифицированы основные направления «нео-текстиля»: электронный, активный и эко-техно текстиль. Особое внимание уделено механизмам формирования электропроводимости, антибактериальности и термочувствительности тканей методами магнетронного распыления и химического осаждения. Проведённый обзор доказывает, что интеграция сенсорных структур и носимой электроники позволяет создавать адаптивные системы для медицины, нефтегазового сектора и спорта. Полученные результаты подчеркивают необходимость перехода к экологически безопасным методам модификации и могут служить научно-технологической основой для внедрения «умных» материалов в промышленное производство.

Ключевые слова: инновация, модификация, текстильные материалы, функциональные свойства, электропроводимость, воздействие внешних факторов, физико-механические свойства, специальные ткани.



Доскараева, С.О. Обзор инновационных разработок в текстильной отрасли [Текст] / С.О.Доскараева, Н.Е. Ботабаев, R. Erdem, Р.Т. Калдыбаев, Ж. Серикулы // *Механика и технологии / Научный журнал*. – 2026. – №3(93). – С.304-319. <https://doi.org/10.55956/IJBN8599>

Введение. Процессы формирования и продвижения нововведений на предприятиях по производству инновационных материалов для конкретных условий опираются на принципы, теории и методы инноватики [1,2].

Инновация (нововведение) – это процесс внедрения новых преобразований в различные сферы деятельности, а также в производство и промышленность. Результатом таких преобразований является новшество. Любые нововведения неизбежны, они порождены изменениями в обществе и

логикой развития науки, которые предполагают существенные преобразования в трудовом процессе всех предприятий и организаций [2].

Инновационный процесс затрагивает цели, структуру, задачи, технологию и человеческие ресурсы организации. Сущность нововведений составляет деятельность по достижению новых результатов, средств и способов их получения, по преодолению отсталых или рутинных элементов традиционной деятельности или по достижению новых процессов, в результате которых появляется продукт с уникальными или конкурентными превосходящими свойствами. При внедрении инноваций на предприятиях и в организациях возникают и разрешаются три группы противоречий [2]:

- между новым и старым;
- противоречия, связанные с глубиной преобразований (происходит ли радикальное изменение, т.е. имеет место инновация-модернизация, или совершенствуются традиционные методы, формы и принципы работы, т.е. имеет место инновация-трансформация);
- противоречия, связанные с перестройкой сознания работников, поскольку инновации изменяют их интересы и ценностные ориентации.

Научно-технический прогресс уже опережает скорость развития промышленных предприятий. Он охватывает как фундаментальные теоретические и прикладные исследования, конструкторско-технологические разработки, создание образцов новой техники, ее освоение и промышленное производство, так и внедрение в народное хозяйство и промышленные циклы.

Влияние научно-технического прогресса на организацию и технологии производственных предприятий в России, Казахстане и Узбекистане все более актуально.

Главным приоритетным направлением государственной поддержки производственных предприятий являются инновационные технологии.

Обзор и анализ научных исследований. В 21 веке требуются новые материалы с особыми свойствами, работающие часто в экстремальных и особо экстремальных условиях. Например, в области нефтегазовой индустрии при создании морских буровых платформ потребуются применение новых высококачественных материалов, в том числе для одежды [3-6]. То есть, текстильные материалы в основе специальной защитной одежды должны иметь свойства, чтобы противостоять тепловому воздействию холода на них.

Современное развитие науки о текстиле сместило акцент с традиционных свойств тканей на их многофункциональность, адаптированную к требованиям потребителей, промышленности, медицины и высоких технологий. Среди различных стратегий повышения функциональности текстиля методы модификации выделяется как универсальный и эффективный подход. Она позволяет интегрировать такие передовые свойства, как антимикробная активность, электропроводность, устойчивость к ультрафиолетовому излучению и чувствительность к внешним воздействиям, при этом сохраняя гибкость и комфорт текстильной основы [7-9].

Методы модификации охватывают широкий спектр процессов, включая поверхностное сшивание, нанесение покрытий, активацию с помощью плазмы и внедрение наноструктурированных агентов. Эти технологии обеспечивают точный контроль взаимодействия волокон с реагентами, способствуя долговечности и масштабируемости функциональных свойств. Современные достижения в области «зелёных» методов модификации расширяют возможности экологически безопасной обработки, делая функциональные

текстильные материалы более совместимыми с принципами устойчивого производства.

В последние годы всё больше внимания уделяется экологически безопасным методам модификации текстильных материалов, направленных приданию функциональных свойств особой важности. Так, в работах [10-15] предложен биополимерный подход к обработке текстильных материалов с целью придания им антибактериальных и электропроводящих свойств. Использование природных компонентов позволило достичь высокой функциональности при сохранении устойчивости к стирке, что подтверждает перспективность таких решений в контексте устойчивого текстильного производства.

Бурный технологический прогресс конца XX века выдвинул новые требования к текстильному материалу. Начали изобретать «умный текстиль» или «интеллектуальные текстильные материалы», обладающие особыми свойствами, которые нужны людям, отвечающим этим требованиям, в определенной области. Лучи электромагнитного диапазона на определенных уровнях негативно влияют на организм человека, животных и других живых существ, а также могут негативно влиять на работу электроприборов [16-19].

В последнее время производители тканей все больше внимания уделяют тканям, предназначенным для защиты от электромагнитного излучения, реагируя на изменение спроса на рынке. В результате ассортимент тканей расширяется, появляются новые варианты защитных тканей. Один из наиболее распространенных вариантов-ткань с металлизированной нитью [20-23].

Одной из важных функций текстиля является защита. В настоящее время на рынке появилось множество тканей, которые реагируют на изменения окружающей среды и уменьшают ее вредное воздействие. Наиболее известными из них являются антимикробные и противогрибковые изделия и ткани, поглощающие электромагнитные волны [24-27].

В результате природных и техногенных катастроф, эпидемий и других чрезвычайных ситуаций значительно возрастает риск воздействия неблагоприятной среды на организм человека. Антимикробные текстильные материалы, модифицированные наноразмерными биологически активными препаратами, в том числе на основе серебра, являются эффективным средством защиты человеческого организма [28-32].

Изготовление одежды, защищающей электромагнитные поля, получение текстильных материалов с антистатическими, бактерицидными, электропроводящими, радиоотражающими, теплоотражающими и другими специальными свойствами требует использования металлизированных текстильных материалов. Металлизированная ткань и нетканые материалы более универсальны по своим свойствам, чем металлизированная пленка. Это связано с тем, что ткани пропускают через себя водяной пар и воздух, которые лучше солятся, более устойчивы к физико-механическим воздействиям и намного прочнее, чем пленки [33-37].

В настоящее время существует множество соединений растворов химического серебрения. Во всех случаях перед нанесением покрытия необходимо тщательно подготовить тканевую поверхность. Все химически посеребренные реагенты должны быть химически чистыми и приготовленными в дистиллированной воде [37-41].

Существует несколько способов изготовления металлизированных тканей:

- ткани из синтетических нитей, сотканые из меди или медных и посеребрённых нитей;
- синтетические ткани из полиэстера или полиамида с покрытием из меди или никеля вакуумным методом ;
- ткани, обработанные в газовых средах или растворах никелевыми или медными покрытиями (кобальтом, медью или серебром) методом химического осаждения [42-44].

В работе [45-51] предлагается производство электропроводящих волокон из натуральной пряжи с использованием электропроводящей полимерной композиции, которая легко расплывается на волокна. Результаты показывают, что эта полимерная композиция образует непрерывное покрытие, что приводит к образованию электропроводящих волокон. В этом исследовании были разработаны пряжа и текстильные материалы, защищающая от электромагнитных излучений, с использованием углеродных нанотрубок.

В работах [52-54] была исследована возможность применения метода магнетронного распыления металлов на текстильные материалы, используемые для изготовления медицинской одежды, с целью придания антистатических свойств при сохранении физико-гигиенических характеристик.

Научные работы [54-57] направлена на разработку и изучение свойств металлизированной электропроводящей ткани, используемой для изготовления материалов, защищающих от высоковольтных электрических полей и статического электричества. Сегодня все ведущие производители металлизированных тканей используют никель в качестве металлического покрытия.

В научных работах [58-62] антимикробные ионы серебра вводились в текстильные и нетканые ткани с помощью методов сухого тампона и спрея. Впитывающая способность бейматы значительно выше по сравнению с другими трикотажными тканями до и после антимикробной обработки. В результате впитывающие свойства бейматы были значительно выше, чем у других тканых тканей. Наименьшее значение электрического сопротивления наблюдалось при покрытии медью тканей, покрытых серебром. Изучена морфология поверхности всех проводящих тканей. Кроме того, были проанализированы электромагнитная защита иомическая мощность нагрева. Было обнаружено, что его экранирование ЭМС увеличивалось с процентным увеличением массы на латыни, что было связано с увеличением отражения электромагнитных волн из-за плотной, однородной и перколяционной сети проводящего медного покрытия на поверхности.

Результаты сравнительного анализа функциональных свойств различных методов модификации текстильных материалов представлены в таблице 1.

Проведённый сравнительный анализ показывает, что различные методы модификации текстильных материалов обладают существенно различающимися характеристиками. Металлические покрытия, особенно на основе меди и серебра, обеспечивают высокие значения электропроводности (до 10^3 S/см) и эффективности экранирования электромагнитного излучения (до 80 dB), что делает их перспективными для применения в защитных и электронных текстильных системах. В то же время системы на основе биополимеров, модифицированных наночастицами серебра, демонстрируют максимальную антибактериальную эффективность (более 99%) при более

низких значениях электропроводности. Таким образом, выбор метода модификации определяется целевым назначением материала и необходимым балансом между функциональными свойствами, экологичностью и технологичностью.

Таблица 1

Сравнительный анализ функциональных свойств модифицированных текстильных материалов

Метод модификации	Электропроводность, S/cm	Экранирование ЭМИ, dB	Антибактериальная эффективность, %	Преимущества	Ограничения
Покрытие серебром (Ag)	10^{-2} – 10^1	20–60	>99	Высокая антибактериальная активность, стабильность свойств	Высокая стоимость, возможное вымывание
Медное покрытие (Cu)	10^1 – 10^3	40–80	60–90	Высокая электропроводность, хорошее экранирование	Окисление, снижение долговечности
Углеродные нанотрубки (CNT)	10^0 – 10^2	30–70	30–70	Гибкость, устойчивость к деформациям	Сложность равномерного распределения
Полимерные проводящие покрытия (PEDOT:PSS и др.)	10^{-3} – 10^0	10–40	20–50	Гибкость, технологичность нанесения	Низкая стабильность при стирке
Биополимер + наночастицы серебра	10^{-3} – 10^0	15–40	>99	Экологичность, высокая антибактериальная эффективность, устойчивость	Ограниченная электропроводность

В работах [63–67] изучена без электродная серебрение парамидных волокон и морфология роста отложений серебра. Структура и свойства полученных парамидных волокон, осажденных серебром, оценивались на основе сканирующего электронного микроскопа, расчета процента прироста массы серебра, измерения электрического сопротивления, анализа кристаллической структуры и тестирования механических свойств. Результаты показали, что увеличение массы серебра было эффективным для улучшения проводимости парамидных волокон, отложенных в серебре.

В исследованиях [68–72] описан новый и мощный метод металлизации хлопчатобумажной ткани без использования хрома и палладия (в качестве катализатора). Исследование направлено на обработку хлопчатобумажной ткани методом гальванического покрытия с использованием меди, создание multifunctional тканей.

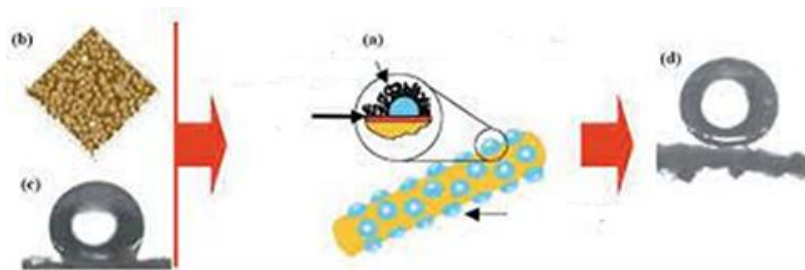
В работах [73-74] определены основные направления совершенствования ассортимента текстильных материалов и изделий, методы оценки их свойств с учетом поставленных перед отраслью важных задач. Они подчеркивали важность создания тканей для производства защитной одежды, где предоставлена информация о новых текстильных материалах, которые значительно снижают безопасность окружающей среды за счет использования источников электромагнитного загрязнения, таких как сотовая и спутниковая связь, навигационные и радиолокационные системы, радиоустановки, бытовая техника и изделия медицинского назначения.

В работе [75] содержится важная информация о ткани, разработанной в бытовых целях для медицинской и биологической защиты при использовании радиоэлектронного оборудования. В качестве нитей был использован наноструктурированный ферромагнитный микроспутник со стеклянной изоляцией. Скручивание этих нитей составляет от 100 до 800 кр/м и составляет 1-3,2% поверхностной плотности ткани. Остальные основные и веревочные нити изготовлены из натуральных и химических волокон. В результате проведения работ увеличились разрывные нагрузки ткани, износостойкость.

В настоящее время защита человека от электромагнитного излучения аналогична защите от радиационного излучения. Об этом не так много говорят, но проблема довольно сложная. Радиосвязь, электроэнергетика, радиосвязь, радиолокация, электротехника, высокочастотные промышленные технологии – это неполный список отраслей, в которых человек подвергается воздействию радиации. Но лишь небольшое энергетическое воздействие электромагнитного излучения отрицательно сказывается на организме человека на клеточном и молекулярном уровнях. Выше упомянутые работы заинтересованы в проведении исследований, связанных с рассматриваемой проблемой. Однако масштабные исследования в этой области будут проводиться и в будущем.

Для достижения особо выраженных функций часто применяют углеродные волокна. Дальнейшее развитие инноваций в новых материалах связано с углеродными нанотрубками. Нанотрубки были получены методом дугового разряда в атмосфере гелия. Это новая форма конденсированного углерода. Диаметр многослойной углеродной нанотрубки составляет порядка десятков нанометров, а длина достигает нескольких микрон.

В России разработана оригинальная методика роста наноструктур в газостате для получения нанотрубок и нановолокон с очень высокой удельной поверхностью. Новые свойства волокон все чаще проявляются в функциональном текстиле (рис. 1), включая применение покрытий с серебром [2].



а – обработанный полимерный слой; b, c – связывающий полимер; d – наночастицы.

Рис. 1. Применение серебра в формировании свойств текстиля [2]

Разработка материалов с использованием этих и других свойств происходит активно внедряется в инновационные технологии, особенно для спортивной одежды и снаряжения. Разработана уникальная производственная технология для тонкой эластичной нити с покрытием из чистого серебра (рис. 2) [76].

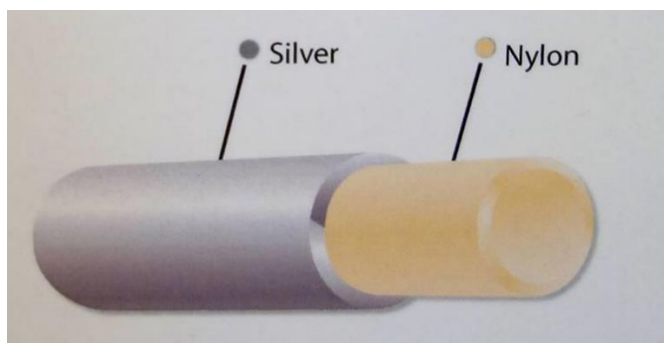


Рис. 2. Структура текстильной нити с покрытием серебром [76]

Есть сведения, что серебро обладает высокими антибактериальными свойствами. Слой серебра покрывает волокно на 100% поверхности. Но требуется разработка и применение стандартов для регламентирования и сертификации текстиля с антибактериальными свойствами.

Широта ассортимента текстильных материалов с новыми свойствами не ограничена. Подкладочные, термоскрепленные материалы, трикотаж, ткани – поле для эксперимента. При этом сырье для всех видов новых материалов представляет большую ценность, так как требует больших технологических, материальных и экологических затрат.

Поэтому основным и наиболее перспективным направлением расширения ассортимента и улучшения свойств текстильных материалов различного состава является не столько разработка новых видов химических веществ для производства текстильных волокон, сколько модификация уже существующих волокон и готовых текстильных материалов с целью придания им новых свойств.

Активное развитие науки и продвижение передовых технологий на современном этапе явилось основой для формирования новой области знаний – инновационного материаловедения – и стало причиной появления новой категории материалов – так называемых «умных тканей». Их особенность заключается в реакции на изменение состояния окружающей среды.

В дизайне костюма применение новых тканей способствует разработке. Это залог конкурентоспособности предприятий отрасли.

В ассортименте текстильных изделий технического назначения важное место занимают несколько инновационных направлений под общим названием «нео-текстильные изделия» (рис. 3) [77-79]. Существуют три семейства подобных материалов: электронный текстиль, текстиль с активными свойствами и эко-техно текстиль. Эко-техно текстиль позволяет развивать природоохранную деятельность посредством восстановления и защиты окружающей естественной среды и применения технологий вторичной переработки сырья и текстильных продуктов.

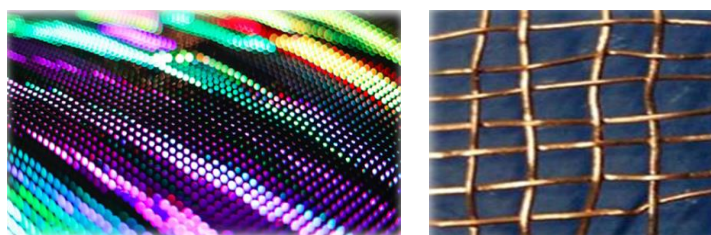


Рис.3. Нео-текстильные изделия [77]

В работах [78-80] проведены исследование изделий, демонстрирующих различные виды адаптивных эффектов, включая визуальную трансформацию с применением термохромного текстиля, где подтверждено стабильное проявление конструктивных эффектов (рельефов, лифа) за счёт активации термохромных свойств текстиля (рис. 4).



а – термохромный эффект неактивен, б, в – термохромный эффект активен

Рис. 4. Швейное изделие из термохромного текстиля со свойствами имитационного моделирования конструктивных эффектов (конструктивных членений – рельефов и лифа) [78-80]

Испытан опытный образец адаптивного жилета с использованием специальных ИК-ремиссионных материалов, которые обеспечивают пассивную терморегуляцию и снижение заметности человека в инфракрасном диапазоне. Подтверждена высокая эффективность применения таких материалов для уменьшения тепловой сигнатуры и обеспечения комфорта пользователя (рис. 5) [78-80].

Реализовано изделие с использованием оптоволоконного текстиля, предназначенное для создания инновационных световых эффектов, управляемых программируемой системой освещения, что расширяет эстетические и функциональные характеристики одежды (рис. 6). Кроме того, разработано и испытано адаптивное изделие на основе рефлексивных материалов, обеспечивающее ярко выраженные визуальные эффекты при направленном освещении, что значительно повышает видимость и безопасность пользователя в условиях ограниченной освещённости (рис. 7) [78-80].



а – вид спереди; б – подкладка; в – вид сзади.

Рис. 5. Опытный образец [78-80]



Рис.6. Адаптивное изделие с использованием оптоволоконного текстиля [78-80]

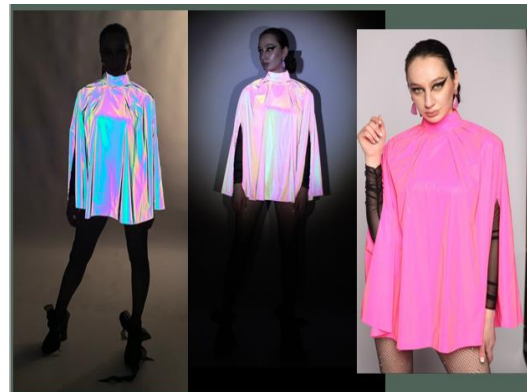


Рис.7. Адаптивная одежда на основе рефлексивных материалов [78-80]

Электронный текстиль объединил две ранее самостоятельные области: текстиль и электронику. Текстильный материал является основой, на которой устанавливаются разнообразные электронные устройства. Чипы активно используются для изготовления спортивной одежды и костюмов.

Активный текстиль не требует электропитания для своего функционирования и используется в текстильной, косметической, химической и парфюмерной области, имеет подложку. Наружный слой может быть создан с помощью печати, химической отделки, путём заполнения или распыления. Есть технологии с интегрированием в ткань ароматных молекул, косметических или термохромных волокон в виде микрокапсул для предохранения от неприятных запахов, для сохранения тепла и создания эффекта люминесценции. Эти ткани имеют два режима работы: активный и пассивный. То есть, использование подложки как основы нового сложного материала, с последующим интегрированием необходимых волокон или частиц из них в заданный объем материала становится эффективным

принципом для развития текстильных инновационных материалов с новыми полезными свойствами [77-80].

Проводящие текстильные материалы представляют собой стремительно развивающееся направление на стыке материаловедения, текстильной инженерии и гибкой электроники. В настоящем обзоре были рассмотрены ключевые проблемы, связанные с долговечностью, адгезией, экологической безопасностью и интеграцией в электронные системы, а также обозначены перспективные области применения – от мониторинга здоровья и экранирования ЭМИ до накопления энергии и интеллектуальной одежды. Анализ широкого спектра современных исследований показал растущий интерес к многофункциональности, устойчивым технологиям и масштабируемым методам обработки.

Будущие исследования должны быть направлены на стандартизацию испытаний, экологизацию процессов и междисциплинарное сотрудничество, что позволит ускорить переход от лабораторных разработок к промышленному внедрению. Решение текущих задач и внедрение интеллектуального проектирования обеспечат проводящим текстильным материалам ключевую роль в создании нового поколения носимых технологий.

Заключение. На основе проведённого систематизированного анализа инновационных разработок в текстильной отрасли можно сформулировать следующие основные выводы:

Смена парадигмы развития: Установлено, что современный этап развития отрасли характеризуется переходом от синтеза новых химических веществ к глубокой модификации свойств существующих волокон. Это позволяет создавать высокотехнологичные материалы при сохранении базовых физико-гигиенических характеристик текстильной основы.

Технологическая доминанта: ключевыми методами придания тканям многофункциональности (электропроводности, антибактериальности, экранирования) являются наноструктурирование и металлизация. Обзор показал высокую эффективность методов магнетронного распыления и химического осаждения металлов (серебра, меди, никеля), а также интеграции углеродных нанотрубок для создания систем защиты от электромагнитного излучения.

Классификация «нео-текстиля»: В работе систематизированы три приоритетных направления: электронный текстиль (с интегрированными датчиками), активный текстиль (реагирующий на среду без питания) и экотехно текстиль. Подтверждено, что использование адаптивных эффектов – термохромных, рефлексивных и ИК-ремиссионных материалов – позволяет эффективно решать задачи пассивной терморегуляции и безопасности пользователя.

Практическая значимость: Инновационные разработки в области «умных» тканей становятся инструментом повышения конкурентоспособности предприятий, позволяя снижать энергоёмкость производства и создавать продукты с высокой добавленной стоимостью для медицины, нефтегазового сектора и спорта.

Перспективы и барьеры: несмотря на значительный технологический задел, массовое внедрение интеллектуального текстиля сдерживается отсутствием единых стандартов сертификации антибактериальных и проводящих свойств. Будущие исследования должны быть сфокусированы

на экологизации процессов модификации («зелёная» химия) и разработке масштабируемых методов интеграции гибкой электроники в текстильные структуры.

Список литературы

1. Kutumova E.O., Kutumova E.V., Matvievsкая N.Yu. Innovatsionnaya ekonomika tekstil'nykh predpriyatiy kak instrument snizheniya energoemkosti valovogo regional'nogo produkta [Innovative economy of textile enterprises as a tool for reducing the energy intensity of gross regional product] // Modern High Technologies (Regional Supplement). – 2012. – No. 3 (29). – P. 33–40. [in Russian].
2. Lavrent'ev G.V., Lavrent'eva N.B. Innovatsionnye obuchayushchie tekhnologii v professional'noy podgotovke spetsialistov [Innovative educational technologies in professional training of specialists] [Electronic resource]. – Access mode: http://www2.asu.ru/cppkp/index.files/ucheb.files/innov/Part1/chapter1/1_1.html. – Access date: 16.04.2025. [in Russian].
3. Ganiyeva G.A., Ryskulova B.R., Tashpulatov S.Sh. Ergonomic studies of dynamic compliance of parameters within the "man–special clothing" system for workers of the oil industry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2015. – No. 3. – P. 151–154.
4. Ganiyeva G.A., Ryskulova B.R., Tashpulatov S.Sh. Selection of special clothes design parameters on the basis of optimization of dynamic conformance parameters // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, No. 19. – P. 40603–40606.
5. Moldagazheva Z.D., Zhilisbayeva R.O., Tashpulatov S.Sh., Kucharbaeva K.Zh., Toktarbaeva A.T. Razrabotka novykh ognestoykikh paketov dlya spetsodezhdy svarshchikov [Development of new fire-resistant assemblies for welders' protective clothing] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017. – No. 5. – P. 65–69. [in Russian].
6. Talaspaeva A.A., Zhilisbayeva R.O., Tashpulatov S.Sh. Issledovanie prochnostnykh kharakteristik netkanykh obraztsov [Study of strength characteristics of nonwoven samples] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017. – No. 5. – P. 126–128. [in Russian].
7. Stoppa M., Chiolerio A. Wearable electronics and smart textiles: A critical review // Sensors. – 2014. – Vol. 14. – P. 11957–11992. – DOI: 10.3390/s140711957.
8. Chen T., Fang Q., Zhong Q., Chen Y., Wang J. Synthesis and thermosensitive behavior of polyacrylamide copolymers and their applications in smart textiles // Polymers. – 2015. – Vol. 7. – P. 909–920. – DOI: 10.3390/polym7050909.
9. Khattab T.A., Mowafi S., El-Sayed H. Development of mechanically durable hydrophobic lanolin/silicone rubber coating on viscose fibers // Cellulose. – 2019. – Vol. 26. – P. 9361–9371. – DOI: 10.1007/s10570-019-02721-5.
10. Zhang Y., Wang Y., Li J. Durability of silver nanoparticle coatings on cotton fabrics // Textile Research Journal. – 2020. – Vol. 90, No. 5. – P. 567–576. – DOI: 10.1177/0040517519876543.
11. Liu X., Zhao L., Chen Y. Adhesion challenges in dip-coated conductive textiles // Surface & Coatings Technology. – 2019. – Vol. 374. – P. 923–930. – DOI: 10.1016/j.surfcoat.2019.06.045.
12. Islamov B. et al. Biopolymer-based modification of cotton fabrics for antibacterial and conductive functionality // BIO Web of Conferences. – 2024. – P. 04014. – DOI: 10.1051/bioconf/202404014.
13. Kim H., Lee J., Park S. Mechanical stability of PEDOT textiles under cyclic bending // Materials Today Communications. – 2021. – Vol. 26. – Art. 102034. – DOI: 10.1016/j.mtcomm.2021.102034.
14. Singh R., Kumar A. Plasma-assisted grafting for textile electronics // Journal of Applied Polymer Science. – 2022. – Vol. 139, No. 12. – Art. e51876. – DOI: 10.1002/app.51876.
15. Ahmed S., Patel M. Conductivity uniformity in printed textile sensors // Sensors and Actuators A: Physical. – 2020. – Vol. 303. – Art. 111728. – DOI: 10.1016/j.sna.2020.111728.

16. Wang B. et al. Thermosensitive behavior and antibacterial activity of cotton fabric modified with a chitosan-poly(N-isopropylacrylamide) hydrogel // *Polymers*. – 2016. – Vol. 8. – Art. 110. – DOI: 10.3390/polym8040110.
17. Zhu C., Li Y., Liu X. Polymer interface molecular engineering for E-textiles // *Polymers*. – 2018. – Vol. 10. – Art. 573. – DOI: 10.3390/polym10060573.
18. Abdelrahman M.S., Khattab T.A. Development of one-step water-repellent and flame-retardant finishes for cotton // *ChemistrySelect*. – 2019. – Vol. 4. – P. 3811–3816. – DOI: 10.1002/slct.201900048.
19. Tyurin I., Tashpulatov S., Belgorodsky V., Andreeva E. Mathematical modeling of viscoelastic foam material for design of filtering respirators // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 371. – Art. 02055. – DOI: 10.1051/e3sconf/202337102055.
20. Tyurin I.N., Kuzmin A.G., Komisaruk L.V., Tashpulatov S.Sh. E-textile touch button placement with help-request function for smart sportswear // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 431. – Art. 06017. – DOI: 10.1051/e3sconf/202343106017.
21. Ortlek H.G., Saracoglu O.G., Saritas O., Bilgin S. Electromagnetic shielding characteristics of woven fabrics made of hybrid yarns containing metal wire // *Fibers and Polymers*. – 2012. – Vol. 13. – P. 63–67. – DOI: 10.1007/s12221-012-0063-6.
22. Lou C.W., Lin T.A., Chen A.P., Lin J.H. Stainless steel/polyester woven fabrics and copper/polyester woven fabrics: Manufacturing techniques and electromagnetic shielding effectiveness // *Journal of Industrial Textiles*. – 2016. – Vol. 46. – P. 214–236. – DOI: 10.1177/1528083715580518.
23. Liang R.R., Cheng W.J., Xiao H., Shi M., Tang Z., Wang N. A calculating method for the electromagnetic shielding effectiveness of metal fiber blended fabric // *Textile Research Journal*. – 2018. – Vol. 88. – P. 973–986. – DOI: 10.1177/0040517517693980.
24. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Tashpulatov S.Sh., Andreeva E.G. Electronic textiles: a review of main research areas // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. – 2024. – No. 1. – P. 5–12. – DOI: 10.47367/0021-3497_2024_1_5.
25. Ruckdashel R.R., Venkataraman D., Park J.H. Smart textiles: A toolkit to fashion the future // *Journal of Applied Physics*. – 2021. – Vol. 129. – Art. 130903. – DOI: 10.1063/5.0024006.
26. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Tashpulatov S.Sh., Andreeva E.G. Study of friction in the "textile-human" system for ergonomic design of sustainable functional clothing // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Vol. 420. – Art. 09014. – DOI: 10.1051/e3sconf/202342009014.
27. Nesenbergs K., Selavo L. Smart textiles for wearable sensor networks: Review and early lessons // *Proceedings of 2015 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*. – 2015. – P. 1–6.
28. Boateng J.S. et al. Wound healing dressings and drug delivery systems: a review // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2008. – Vol. 97, No. 8. – P. 2892–2923. – DOI: 10.1002/jps.21210.
29. Lipsky B.A. et al. 2012 Infectious Diseases Society of America clinical practice guideline for the diagnosis and treatment of diabetic foot infections // *Clinical Infectious Diseases*. – 2012. – Vol. 54, No. 12. – P. e132–e173. – DOI: 10.1093/cid/cis346.
30. Rai M. et al. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials // *Biotechnology Advances*. – 2009. – Vol. 27, No. 1. – P. 76–83. – DOI: 10.1016/j.biotechadv.2008.09.002.
31. Tian J. et al. Biological activities and potential health benefits of essential oils: A review // *Food Science & Nutrition*. – 2020. – Vol. 8, No. 2. – P. 463–478. – DOI: 10.1002/fsn3.1330.
32. Mogoşanu G.D., Grumezescu A.M. Natural and synthetic polymers for wounds and burns dressing // *International Journal of Pharmaceutics*. – 2014. – Vol. 463, No. 2. – P. 127–136. – DOI: 10.1016/j.ijpharm.2013.12.015.

33. Doshibekova A., Jurinskaya I., Tashpulatov S., Zhilisbayeva R., Sarttarova L., Akbarov R., Kalmakhanova M. Effect of technological parameters on copper deposition on chemically and chemical-galvanically nickel-plated fibers // *Research Journal of Textile and Apparel*. – 2023. – Ahead-of-print. – DOI: 10.1108/RJTA-03-2023-0037.
34. Tashpulatov S.Sh., Badanova A.K., Doshibekova A.B., Cherunova I.V., Akbarov R.D., Nemirova L.A. Investigation of the properties of electrically conductive fibers for shielding electromagnetic radiation // *Tekhnologiya Tekstilnoi Promyshlennosti*. – 2019. – No. 5 (383). – P. 74–78.
35. Camacho D.E., Encinas A. Electrically conductive jute fibers by spray coating // *Materials Letters*. – 2021. – Vol. 300. – Art. 130204. – DOI: 10.1108/RJTA-03-2023-0037.
36. Xu D., Yang W.W., Jiang H.M., Fan H., Liu K.S. Electromagnetic interference shielding characteristics of a core layer-coated fabric with excellent hand-feel // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2020. – Vol. 15. – P. 1–8. – DOI: 10.1177/1558925020959734.
37. Zhang H. et al. Development of electroless silver plating on para-aramid fibers and growth morphology of silver deposits // *Journal of Applied Polymer Science*. – 2012. – Vol. 124, No. 4. – P. 3363–3371. – DOI: 10.1002/app.35332.
38. Zhao H., Liang Q., Lu Y. Microstructure and properties of copper plating on citric acid modified cotton fabric // *Fibers and Polymers*. – 2015. – Vol. 16. – P. 593–598. – DOI: 10.1007/s12221-015-0593-9.
39. Ali A. et al. Multifunctional electrically conductive copper electroplated fabrics sensitized by in-situ deposition of copper and silver nanoparticles // *Nanomaterials*. – 2021. – Vol. 11. – P. 1–24. – DOI: 10.3390/nano11113097.
40. Erdem R., Rajendran S. Influence of silver-loaded antibacterial agent on knitted and nonwoven fabrics // *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*. – 2016. – Vol. 11, No. 1. – P. 38–46. – DOI: 10.1177/155892501601100107.
41. Burkitbay A., Tashpulatov S.Sh., Tleulinova I.B., Qaldybek K.Zh. Razrabotka antimikrobnogo sostava na osnove prirodnkh komponentov dlya perevazochnykh materialov [Development of an antimicrobial composition based on natural components for dressing materials] // *International Forum “Contribution of the Technological University of Tajikistan to the Effective Implementation of Accelerated Industrialization of the Country”*. – Dushanbe, 01.11.2025. – P. 150–154. [in Russian].
42. Tyurin I.N., Kuzmin A.G., Komisaruk L.V., Tashpulatov S.Sh. E-textile touch button placement with a help-request function for smart sportswear // *E3S Web of Conferences: XI International Scientific and Practical Conference Innovative Technologies in Environmental Science and Education (ITSE-2023)*. – EDP Sciences, 2023. – P. 06017. – DOI: 10.1051/e3sconf/202343106017.
43. Chen Y., Xu B., Gong J., Wen J., Hua T., Kan C.-W., Deng J. Design of high-performance wearable energy and sensor electronics from fiber materials // *Applied Materials & Interfaces*. – 2019. – Vol. 11. – P. 2120–2129. – DOI: 10.1021/acsami.8b16167.
44. Tyurin I.N., Tashpulatov S.Sh. Razrabotka metodiki otsenki stabil'nosti elektrovodnykh struktur dlya adaptivnoy odezhdy [Development of a methodology for assessing the stability of electrically conductive structures for adaptive clothing] [Electronic resource] // *Universum: Technical Sciences*. – 2025. – No. 6 (135). [in Russian].
45. Heitor L.O., Otavio B. Temperature-dependent shape-memory textiles: physical principles and applications // *Textiles*. – 2023. – Vol. 3, No. 2. – P. 257–274. – DOI: 10.3390/textiles3020017.
46. Norman L., Bernd S. The development of a stitch-based strain sensor for textiles // *Acta Technica Jaurinensis*. – 2024. – DOI: 10.14513/actatechjaur.00728.
47. Tyurin I., Solnykov N., Getmantseva V., Tashpulatov S., Rajapova M. Development of new functional packages of textile materials with IR-reflecting properties for personal safety // *Fibre Chemistry*. – 2025. – Vol. 56, No. 5. – DOI: 10.1007/s10692-025-10585-8.

48. Novye materialy kak perspektivnaya khimicheskaya produktsiya i tekhnologii ikh polucheniya [New materials as promising chemical products and technologies for their production] [Electronic resource]. – Access mode: http://www.chem.msu.ru/rus/journals/membranes/3/puti_tx6.htm. – Access date: 06.04.2025. [in Russian].
49. Sheraliyeva R., Zufarova Z., Fuzailova K., Yakushov M., Tashpulatov S., Cherunova I., Kholiqov K. Dependence of the topology of damage to eco-friendly wetsuits under different scenarios for digital design // INTERNATIONAL CONFERENCE PTLICISIWS-2022. – 2022.
50. Norbaeva R.Kh., Egamberdiev F.O., Tashpulatov S.Sh. Puti povysheniya prochnostnykh svoystv shveynykh nitok i nitochnykh soedineniy v tekstil'nykh materialakh [Ways to improve the strength properties of sewing threads and thread joints in textile materials] // Universum: Technical Sciences. – 2023. – No. 9 (114). [in Russian].
51. Botirova R.N., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Mansurova M.A., Matismailov S.L. Improvement of classification of factors affecting the quality of silicon connections in sewing products // European Science Review. – 2019. – Vol. 1. – P. 86–88. – DOI: 10.29013/ESR-19-1.2-86-88.
52. Islamov B.Kh., Mamaeva D.A., Fattakhov M.A., Tashpulatov S.Sh. Issledovanie elektrokhimicheskikh svoystv tekhnologicheskoy zhidkosti pri poluchenii shelka-syrtsa [Investigation of the electrochemical properties of a technological liquid in raw silk production] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2024. – No. 3 (411). – P. 112–116. – DOI: 10.47367/0021-3497_2024_3_133. [in Russian].
53. Islamov B.X., Mamayeva D., Ulukmurodov A., Tashpulatov S., Cherunova I. Study of the environmental impact of recycling fibrous waste // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 116. – Art. 04014. – DOI: 10.1051/bioconf/202411604014.
54. Cherunova I.V., Tashpulatov S.Sh., Akbarov R.D., Badanova A.K., Doshibekova A.B. Issledovanie svoystv elektrovodnykh volokon dlya materialov, ekraniruyushchikh elektromagnitnoe izluchenie [Investigation of the properties of electrically conductive fibers for materials shielding electromagnetic radiation] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019. – No. 5. – P. 74–78. [in Russian].
55. Akbarov R.D., Tashpulatov S.Sh., Zhilisbayeva R.O., Cherunova I.V., Bolisbekova R.T. Primenenie kompozitsionnykh materialov dlya zashchitnoy odezhdy ot vozdeystviya elektricheskikh poley [Application of composite materials for protective clothing against exposure to electric fields] // Izvestiya VUZov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2018. – No. 5. – P. 188–192. [in Russian].
56. Baymuratov B.H., Tashpulatov S.Sh., Akbarov R.D., Ilhamova M.U., Yusuphodjaeva G.A., Uzakov U.T. Development of special fabrics protecting from electromagnetic radiation // Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference (AITAE 2018). – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol. 459. – Art. 012031. – DOI: 10.1088/1757-899X/459/1/012031.
57. Erdem R., Rajendran S. Influence of silver-loaded antibacterial agent on knitted and nonwoven fabrics // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. – 2018. – Published online: November 15, 2018. – DOI: 10.1177/15589250160110010.
58. Purwar R., Joshi M. Recent developments in antimicrobial finishing of textiles // AATCC Review. – 2004. – Vol. 4. – P. 22–26.
59. Gao Y., Cranston R. Recent advances in antimicrobial treatments of textiles // Textile Research Journal. – 2008. – Vol. 78, No. 1. – P. 60–72. – DOI: 10.1177/0040517507082332.
60. Rajendran R., Radhai R., Kotresh T.M., Csiszar E. Development of antimicrobial cotton fabrics using herb-loaded nanoparticles // Carbohydrate Polymers. – 2013. – Vol. 91. – P. 613–617. – DOI: 10.1016/j.carbpol.2012.08.064.
61. Mansfield R.G. Keeping it Fresh // Textile World. – 2002. – Vol. 152. – P. 42–45.
62. Sun Y., Sun G. Conferring durable antimicrobial properties on nonwoven polypropylene via plasma-assisted graft polymerization of DADMAC // Surface & Coatings Technology. – 2013. – Vol. 224. – P. 1–7.

63. Pirzada A.M., Panhwar S., Keerio H.A. et al. Plastic polymer waste conversion into green by-end products: a review // International Journal of Environment and Waste Management. – 2025. – Vol. 37, No. 1. – P. 54–71. – DOI: 10.1504/IJEW.2025.146392.
64. Zhao H., Liang Q., Lu Y. Microstructure and properties of copper plating on citric acid modified cotton fabric // Fibers and Polymers. – 2015. – Vol. 16. – P. 593–598. – DOI: 10.1007/s12221-015-0593-9.
65. Javed K., Galib C.M.A., Yang F., Chen C.M., Wang C.X. Conductive polymer structures // Synthetic Metals. – 2014. – Vol. 193. – P. 41–47.
66. Zhang T., Yan H.Q., Fang Z.P., Yuping E., Wu T., Chen F. Surface morphology and coating properties // Applied Surface Science. – 2014. – Vol. 309. – P. 218–223.
67. Baltusnikaite J., Varnaite-Zuravliova S., Rubeziene V., Rimkute R., Verbiene R. Textile electroconductive composites // Fibres & Textiles in Eastern Europe. – 2014. – Vol. 22. – P. 84–88.
68. Liu X.Q., Chang H.X., Li Y., Huck W.T.S., Zheng Z.J. Conductive polymer interfaces // ACS Applied Materials & Interfaces. – 2010. – Vol. 2. – P. 529–535.
69. Cetiner S. Advances in textile surface engineering // Textile Research Journal. – 2014. – Vol. 84. – P. 1463–1472.
70. Guo R.H., Jiang S.X., Yuen C.W.M., Ng M.C.F., Lan J.W. Electrical modification of textiles // Journal of the Textile Institute. – 2013. – Vol. 104. – P. 1049–1059.
71. Yu Y., Yan C., Zheng Z. Flexible conductive textiles // Advanced Materials. – 2014. – Vol. 26. – P. 5508–5515.
72. Guo R., Yu Y., Xie Z. et al. Nanostructured conductive textile coatings // Advanced Materials. – 2013. – Vol. 25. – P. 3343–3351.
73. Patent RU 2580140. Tekstil'nyy kompozit dlya zashchity ot elektromagnitnykh izlucheniye [Textile composite for protection against electromagnetic radiation] / Kudryavtseva T.N., Grishchenkova V.A., Ryzhkin A.I., Petrov E.V., Lyn'kov L.M., Prudnik A.M. – Published 10.04.2016. – Bulletin No. 10. [in Russian].
74. Patent RU 2197041. Sposob polucheniya radiopogloshchayushchego materiala [Method for producing a radio-absorbing material] / Babushkin S.V., Dedov A.V., Platonov A.V., Nazarov V.G. – Published 20.01.2003. – Bulletin No. 2. [in Russian].
75. Patent RU 2411315. Tkan' dlya zashchity ot elektromagnitnykh izlucheniye [Fabric for protection against electromagnetic radiation] / Grishchenkova V.A., Vladimirov D.N., Fukina V.A., Khandogina E.N., Shapovalova E.I. – Published 10.02.2011. – Bulletin No. 4. [in Russian].
76. «Ves' mir» i srebro: vozmozhnosti sozdaniya novykh produktov s unikal'nymi svoystvami [“The Whole World” and Silver: Opportunities for Creating New Products with Unique Properties] [Electronic resource]. – Access mode: <https://wesmir.com/novosti/418/>. – Access date: 26.04.2025. [in Russian].
77. Nazarov Yu.V., Popova V.V. Innovatsionnyy tekstil'. Osnovnye vidy i oblasti primeneniya [Innovative textiles. Main types and areas of application] [Electronic resource]. – Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnyy-tekstil-osnovnye-vidy-i-oblasti-primeneniya>. – Access date: 16.03.2025. [in Russian].
78. Tyurin I.N., Solnykov N.A., Getmantseva V.V., Tashpulatov S.Sh. Development of new functional packages of textile materials with IR-reflecting properties // Fibre Chemistry. – 2025. – DOI: 10.1007/s10692-025-10585-8.
79. Tyurin I.N., Kuzmin A.G., Komisaruk L.V., Tashpulatov S.Sh. E-textile touch button placement for smart sportswear // E3S Web of Conferences. – 2023. – P. 06017. – DOI: 10.1051/e3sconf/202343106017.
80. Tyurin I.N., Tashpulatov S.Sh. Nauchnye osnovy tsifrovogo proektirovaniya i izgotovleniya odezhdy na osnove printsipov resursosberezheniya [Scientific foundations of digital design and manufacture of clothing based on resource-saving principles]: monograph. – Kursk: Universitetskaya kniga, 2025. – 478 p. [in Russian].

Материал поступил в редакцию 25.11.25, принят 30.05.26.

С.О. Доскараева¹, Н.Е. Ботабаев¹, R. Erdem², Р.Т. Калдыбаев¹, Ж. Серікұлы¹

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²Akdeniz University, Antalya, Turkey

ТОҚЫМА ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ ИННОВАЦИЯЛЫҚ ӘЗІРЛЕМЕЛЕРГЕ ШОЛУ

Аннотация. Бұл шолу мақаласында тоқыма өнеркәсібіндегі заманауи инновациялық әзірлемелерге жүйелендірілген талдау жасалып, функционалдық, интеллектуалдық және көпқабатты композициялық материалдарға ерекше назар аударылады. Саланың қазіргі даму бағыты жаңа талшықтарды жасауға емес, нанотехнологияларды, металл құрамды жабындарды және биополимерлерді қолдану арқылы қолданыстағы құрылымдарды терең модификациялауға бағытталғаны анықталды. Жұмыста «нео-тоқыма» негізгі бағыттары жіктелген: электрондық, белсенді және эко-техно тоқыма. Магнетрондық бүрку және химиялық тұндыру әдістері арқылы маталардың электрөткізгіштігі, бактерияға қарсы қасиеттері және термосезімталдығының қалыптасу механизмдеріне ерекше назар аударылған. Жүргізілген шолу сенсорлық құрылымдар мен киілетін электрониканы біріктіру медицина, мұнай-газ саласы және спорт үшін бейімделетін жүйелерді жасауға мүмкіндік беретінін көрсетеді. Алынған нәтижелер экологиялық қауіпсіз модификация әдістеріне көшу қажеттілігін айқындайды және «ақылды» материалдарды өнеркәсіптік өндіріске енгізудің ғылыми-технологиялық негізі бола алады.

Түйін сөздер: инновация, модификация, тоқыма материалдары, функционалдық қасиеттер, электрөткізгіштік, сыртқы факторлардың әсері, физика-механикалық қасиеттер, арнайы маталар.

S.O. Doskaraeva¹, N.E. Botabayev¹, R. Erdem², R.T. Kaldybayev¹, Zh. Serikuly¹

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Akdeniz University, Antalya, Turkey

REVIEW OF INNOVATIVE DEVELOPMENTS IN THE TEXTILE INDUSTRY

Abstract. This review article provides a systematized analysis of modern innovative developments in the textile industry, focusing on functional, smart, and multilayer composite materials. It is established that the industry's current development vector has shifted from synthesizing new fibers to the deep modification of existing structures using nanotechnologies, metal-containing coatings, and biopolymers. The study classifies key areas of "neo-textiles," including electronic, active, and eco-techno textiles. Special attention is given to the mechanisms for imparting electrical conductivity, antibacterial activity, and thermosensitivity through magnetron sputtering and electroless deposition. The analysis demonstrates that integrating sensor structures and wearable electronics enables the creation of adaptive systems for medicine, the oil and gas sector, and sports. These findings highlight the necessity of transitioning to eco-friendly modification methods and serve as a scientific foundation for the industrial implementation of smart materials.

Keywords: innovation, modification, textile materials, functional properties, electrical conductivity, influence of external factors, physical and mechanical properties, specialized fabrics.