Поступила в редакцию *24.10.2025*

УДК 677.07; 687.1 DOI: 10.37816/2713-0789-2026-6-1(19)-76-85

Исследование свойств и разработка методов модификации фактур текстильных полотен для создания оптических эффектов

Е. А. Кирсанова[*,1], М. А. Пигарева[*], С. В. Звягинцев[**]

[*]Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Москва, Россия
[**]ELEGANZZA, ИП Анисимов А.Н., Москва, Россия

Аннотация

В статье рассмотрены перспективные направления разработки методов модификации фактуры текстильных полотен с акцентом на создание оптических эффектов. Проанализированы современные методы исследования и модификации текстильных материалов, включая микроскопические, спектроскопические и механические методики. Особое внимание уделено взаимосвязи между фактурой поверхности и возникающими оптическими иллюзиями. Выявлены перспективы создания инновационных текстильных материалов с управляемыми визуальными характеристиками. Выделены перспективные направления для дальнейших исследований в области модификации текстильных полотен, акцентируя внимание на необходимости синергии между текстильной наукой и современными технологиями.

Ключевые слова

Модификация, текстиль, фактура, оптические эффекты, микроскопия, поверхностные свойства, оптические иллюзии.

Введение

Современные требования к текстильным материалам включают не только традиционные показатели качества, но и возможность создания специальных визуальных эффектов. Оптические иллюзии, возникающие благодаря особой фактуре поверхности, открывают новые возможности для дизайна и функционального применения текстиля. Исследование взаимосвязи между структурными параметрами поверхности и оптическими характеристиками представляет значительный научный и практический интерес.

Методы исследования фактуры текстильных материалов

Микроскопические методы. Комплексное применение методов микроскопии позволяет анализировать структуру текстильных материалов на различных уровнях. Оптическая микроскопия обеспечивает наблюдение за макроструктурой, в то время как растровая электронная микроскопия (РЭМ) и атомно-силовая микроскопия (АСМ) предоставляют

[1] *Для переписки:*
*Email: pigareva.rita@yandex.*ru

информацию о нано- и микрорельефе поверхности (Рисунок 1).

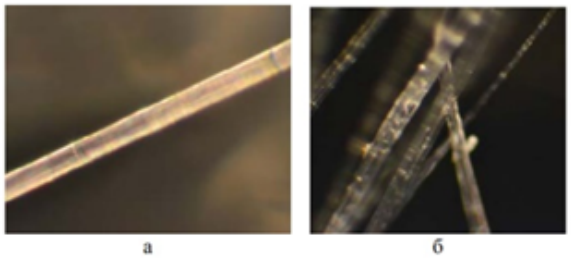

Рисунок 1 — Микрофотографии исходного (а) и модифицированного (б) волокон высокомодульных полиэтиленовых, х125 [1]

Оптическое РЭМ-исследование обеспечивает получение изображений поверхности ткани с высоким разрешением, раскрывая детали морфологии волокон, структуры пряжи и конструкции ткани. Это помогает понять, как эти микроуровневые особенности влияют на общую текстуру материала. С помощью РЭМ проводятся исследования влияния различных методов модификации текстурного материала на его морфологию и свойства [2–5]. Особый интерес представляют исследования модифицированных наноматериалами тканей, где наблюдаются существенные изменения поверхностной морфологии как при термических воздействиях (рисунок 2), так и при анализе модификации поверхности тканей различными химическими методами (рисунок 3).

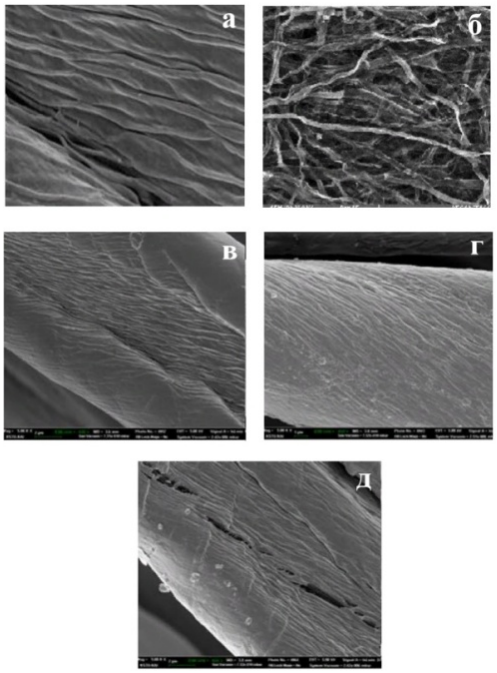

Рисунок 2 — РЭМ-изображения хлопковых волокон (х5000): а, б — контрольного образца и образца после термической обработки при температуре 1200 °С в плазмообразующей среде [5]; в, д — контрольного образца, а также образцов после плазменной обработки (420 с, аргон) и после плазменной обработки (420 с, воздух), соответственно [4]

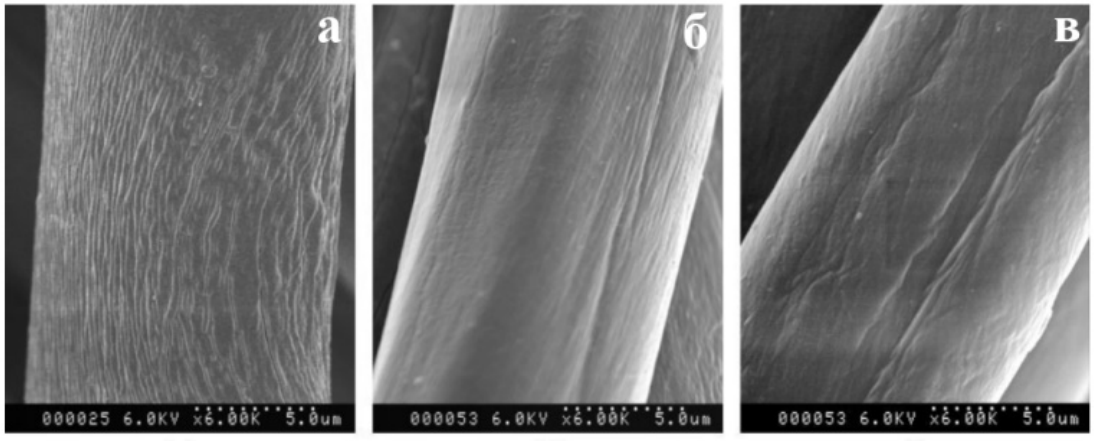

Рисунок 3 — РЭМ–изображения: а — необработанной хлопчатобумажной ткани; б — хлопчатобумажной ткани, обработанной нанозолем титана; в — хлопчатобумажной ткани, обработанной нанозолем диоксида кремния и титана [5]

Исследование механических свойств

Для характеристики механических свойств, влияющих на оптические характеристики, применяется система Kawabata (KES), которая позволяет точно измерять и анализировать ключевые характеристики тканей, а также выявлять их потенциальные оптические эффекты, в том числе такие, как передвижение цвета в зависимости от угла зрения [6–8]. Параметры гладкости, жёсткости и эластичности непосредственно связаны с особенностями светорассеяния и формирования оптических иллюзий.

Оптические иллюзии в текстиле: механизмы формирования

Оптические иллюзии в текстильных материалах возникают вследствие сложного взаимодействия между физическими характеристиками поверхности и особенностями человеческого зрительного восприятия.

Механизмы формирования можно классифицировать по трём основным группам факторов: геометрические параметры рельефа, оптические характеристики, эффекты взаимодействия.

Геометрические параметры рельефа включают морфометрические характеристики, такие как высота неровностей (Ra, Rz), где значения Ra менее 5 мкм создают визуальную гладкость, диапазон 10–50 мкм формирует матовую поверхность с мягким светорассеянием, а показатели выше 50 мкм обеспечивают выраженную объёмность и игру теней.

Шаг неровностей (Sm) также играет важную роль: при Sm менее 0.3 мм возникает эффект непрерывной поверхности, значения 0.3–1.0 мм создают ритмичный рисунок, а превышение 1.0 мм приводит к дискретному восприятию элементов.

Пространственная организация характеризуется кривизной поверхности, где выпуклые элементы визуально приближаются, а вогнутые участки создают иллюзию глубины, и направленностью микроструктур, при которой продольная ориентация усиливает восприятие длины, поперечное направление расширяет визуальный образ, а диагональное расположение генерирует динамические эффекты.

Оптические характеристики определяются светоотражающими свойствами, включая коэффициент отражения с высокими значениями 0.7–0.9 для металлических эффектов, средними 0.3–0.7 для мягкого свечения и низкими 0.1–0.3 для глубокой матовости, а также угловой зависимостью блеска, где изотропное отражение создаёт равномерное свечение, а анизотропное формирует движущиеся блики. Спектральные особенности охватывают селективное поглощение, создающее иллюзию изменения цвета под разными углами, и интерференционные пигменты, обеспечивающие эффект «хамелеона».

Эффекты взаимодействия проявляются через Мойре-эффекты, возникающие при наложении периодических структур с близкими пространственными частотами и применяемые для создания динамических узоров, интерференционные явления в многослойных структурах с переменным коэффициентом преломления и тонкоплёночных покрытиях, создающих радужные эффекты, а также дифракционные картины, формируемые регулярными микроструктурами с периодом 0.5–2.0 мкм и обеспечивающие спектральное разложение белого света [9].

Методы модификации фактуры

Методы модификации фактуры включают химические методы с применением нанозолей титана и кремния, создающих контролируемую шероховатость в диапазоне Ra 0.1–2.0 мкм, изменяющих коэффициент отражения на 15–40 % и обеспечивающих угловую зависимость оптических

характеристик, что приводит к повышению контрастности оптических иллюзий, усилению цветонасыщенности и созданию направленных световых эффектов. При создании многоуровневых или композитных тканей, которые могут включать как традиционные волокна, так и элементы, напечатанные с помощью 3D-печати, АСМ позволяет изучать морфологию этих многослойных структур. Это особенно важно для уникальных текстильных решений, таких как динамические ткани, которые способны менять свою структуру или свойства в зависимости от внешних условий (например, температуры или влажности). АСМ также предоставляет исследователям возможность выявлять мельчайшие детали текстуры и структуры поверхностей, что критично для понимания того, как определённые добавки или модификации могут влиять на общие оптические характеристики материала. Таким образом, возможно получение тканевых материалов не только различной фактуры, но и обладающих уникальными свойствами, например имеющих супергидрофобную поверхность (рисунок 4).

Физические методы модификации фактуры включают плазменную обработку для точечного изменения морфологии поверхности и создания анизотропных оптических свойств, термическое тиснение для формирования регулярного рельефа с заданными параметрами и создания сложных голографических эффектов, а также лазерную гравировку с точностью воспроизведения до 10 мкм, формированием дифракционных решёток и созданием 3D-иллюзий через рельефное картирование.

Плазменная обработка представляет собой высокоэффективный метод модификации поверхности текстильных материалов без изменения их объёмных свойств. Для изделий лёгкой промышленности применяется преимущественно низкотемпературная плазма атмосферного давления, позволяющая осуществлять непрерывную обработку материалов. При воздействии плазмы происходит активация поверхности за счёт образования активных радикалов и функциональных групп, что приводит к увеличению поверхностной энергии и улучшению смачиваемости [11].

Точечное изменение морфологии достигается за счёт использования масок и специальных электродных систем, позволяющих создавать локальные зоны обработки с заданной геометрией. Для создания анизотропных оптических свойств применяется направленная плазменная обработка, формирующая ориентированные микроструктуры на поверхности волокон. Исследования демонстрируют, что такая обработка позволяет создавать поверхности с контролируемым светорассеянием и направленным отражением [12].

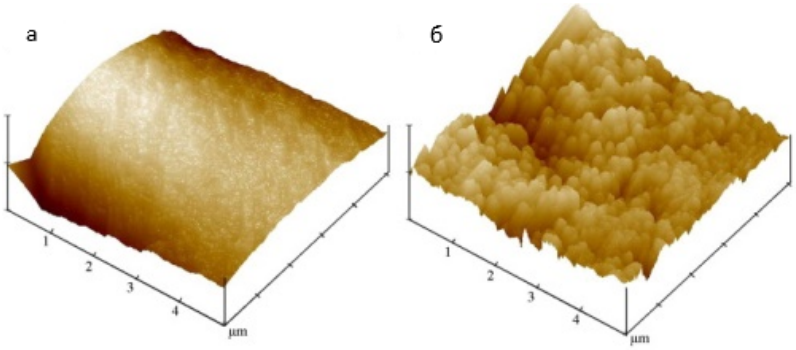

Рисунок 4 — АСМ-изображения чистого хлопкового волокна (а) и хлопкового волокна, подвергнутого гидротермической обработке и последующей модификации слоем н-додецилтриметоксисилана (DTMS) (б) [10]

Термическое тиснение широко применяется для отделки материалов в обувной и галантерейной промышленности. Процесс осуществляется на каландрах с гравированными валами, где сочетание температуры (120–220 °C) и давления (5–15 МПа) позволяет создавать устойчивый рельеф глубиной до 500 мкм [13].

Для формирования сложных голографических эффектов используются валики с прецизионной гравировкой, создающей регулярные микроструктуры с периодом 0.5–2.0 мкм. Такие структуры, нанесённые на поверхность полимерных материалов и кожевенных изделий, способны создавать оптические эффекты псевдообъёма и динамического изменения изображения при перемещении наблюдателя. Особенностью современных установок является возможность зонного тиснения с переменными параметрами, позволяющего создавать сложные композиции с различными оптическими свойствами на одном изделии.

Лазерные технологии находят всё более широкое применение в лёгкой промышленности для создания декоративных эффектов на различных материалах. Использование волоконных и CO_2-лазеров с ЧПУ обеспечивает точность позиционирования до 10 мкм и возможность создания сложных микроструктур [14].

Формирование дифракционных решёток осуществляется за счёт создания регулярных бороздок с шагом 0.5–2.0 мкм на поверхности полимерных покрытий. Такие решетки, нанесённые на элементы одежды и аксессуары, создают эффекты спектрального разложения света и радужного сияния [15].

Технология рельефного картирования для создания 3D-иллюзий основана на генерации карт высот, преобразуемых в вариабельную глубину гравировки. Этот метод позволяет создавать на плоских поверхностях иллюзию объёмного изображения, изменяющегося при изменении угла наблюдения. Прецизионное управление мощностью лазера обеспечивает плавные переходы рельефа с высотным разрешением до 25 мкм [16].

Методы модификации фактуры текстильных материалов с учётом их структурных особенностей включают различные подходы для тканых материалов, где механические методы представлены жаккардовым переплетением, создающим сложные 3D-фактуры за счёт многослойности, локального изменения плотности для рельефных узоров и комбинирования нитей разной толщины, а также термическим тиснением с температурным режимом 150–220°C, давлением 5–15 кг/см^2 и созданием стабильного рельефа глубиной до 2 мм, химические методы включают локальную мерсеризацию с селективным уплотнением волокон, созданием эффекта «крэш» за счёт разной усадки и изменением отражающей способности участков.

Для трикотажных полотен структурные модификации предполагают комбинирование петельных структур с сочетанием платочных и рисунчатых переплетений, рельефными жгутами, объёмными косами и шишечками, а также формование в процессе вязания с изменением плотности по зонам и техническими параметрами плотности 5–25 петель/дюйм и глубины рельефа 1–8 мм, отделочные обработки включают формовую сушку с фиксацией объёмной формы, температурой 80–120°C и временем обработки 10–30 минут.

Нетканые материалы обрабатываются термическим скреплением методом каландрирования с созданием тисненых узоров, глубиной рельефа 0.5–3 мм и температурой 130–180°C, гидроструйным формованием со структурированием водяными струями высокого давления, созданием ажурных эффектов и локальным уплотнением волокон. Вышитые

поверхности модифицируются объёмной вышивкой с техникой «сашико» глубиной стежка 3–8 мм, использованием объёмных нитей и многослойным выполнением, вышивкой с подложкой из войлока толщиной 2–5 мм, пены PU толщиной 1–3 мм и термопластичных материалов, инновационные методы включают 3D-вышивку с компьютерным проектированием рельефа, автоматическим регулированием натяжения нити и послойным выполнением сложных фактур. Специфические методы для разных материалов включают для тканей плетевые эффекты с использованием фасонных нитей, применением металлизированных пряж и комбинированием материалов с разной усадкой, для трикотажа термопластичную обработку с формованием на каркасах, многоуровневой фиксацией формы и созданием сложных пространственных структур, для вышивки комбинированные техники с вышивкой по предварительно тиснёной основе, сочетанием с аппликацией и использованием термочувствительных нитей.

Заключение

Таким образом, можно резюмировать, что влияние на фактуру текстильных волокон может оказывать не только непосредственная методика формирования или модификации текстуры, но и назначение материала. Влияние фактуры текстильных волокон на визуальное восприятие и создание оптических иллюзий имеет множество аспектов, которые не ограничиваются лишь методами формирования. По мере развития технологий, исследуются новые возможности, которые позволяют сочетать различные подходы для достижения нестандартных решений. Таким образом, объединение традиционных методов и современных технологий в области текстиля не только открывает новые горизонты для дизайна и функциональности, но и вызывает новый виток интереса к исследованию оптических иллюзий, что может служить основой для создания многофункциональных и эстетически привлекательных текстильных изделий. Существенное улучшение свойств полимерных текстильных материалов может быть достигнуто не только за счёт воздействия на их механические характеристики, но и через внедрение инновационных методов модификации, которые открывают новые горизонты для использования тканей не только в традиционных, но и в дизайнерских решениях.

Установлено, что эффективность модификации фактуры напрямую зависит от структурных особенностей текстильных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Гришанова И. А., Азанова А. А. Исследование свойств модифицированных полимерных текстильных материалов. *Вестник Казанского технологического университета*, 2012, т. 15, № 21, с. 63-66.

[2]. Жогаштиев Н. Т., Ташполотов Ы. Т., Калмурзаев Н. М. Исследование поверхности хлопковых волокон после термической переработки в вакуумной камере методом сканирующей электронной микроскопии. *Бюллетень науки и практики*, 2020, т. 6, № 8, с. 34-38.

DOI: 10.33619/2414-2948/57/03

[3]. Moses J. J., Venkataraman V. K. Study of mechanical and surface properties on some chemical treated cotton fabric by KES-F, SEM and FTIR analysis. *Journal of Textile Science & Engineering*, 2014, vol. 4, no. 3.

[4]. Азанова А. А. Исследование поверхности хлопковых волокон, обработанных низкотемпературной плазмой, методом сканирующей электронной микроскопии. *Вестник Казанского технологического университета*, 2015, т. 18, № 18, с. 161–162.

[5]. Abidi N. et al. Cotton fabric surface modification for improved UV radiation

protection using sol–gel process. *Journal of Applied Polymer Science*, 2007, vol. 104, no. 1, pp. 111-117.

DOI: 10.1002/app.24572

[6]. Carrera E., Capdevila X., Valldeperas J. Correlation Analysis between the Kawabata System (KES-F) and the UPC Ring Methods of Fabric Analysis. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2016, vol. 11, no. 2, pp. 1-8.

DOI: 10.1177/155892501601100201

[7]. Корнилович А. В., Кузьмичев В. Е., Ефимова О. Г. Использование комплекса KES для исследования растяжимости тканей для костюмов wing-suit. *Информационная среда вуза*, 2017, № 1(24), с. 120–123.

[8]. Xin B., Hu J., Baciu G. Visualization of textile surface roughness based on silhouette image analysis. *Textile Research Journal*, 2010, vol. 80, no. 2, pp. 166–176.

[9]. Saveljev V., Kim S.-K., Kim J. Moiré effect in displays: A tutorial. *Optical Engineering*, 2018, vol. 57, no. 3, p. 030803. DOI: 10.1117/1.OE.57.3.030803

[10]. Xu B., Cai Z. Fabrication of a superhydrophobic ZnO nanorod array film on cotton fabrics via a wet chemical route and hydrophobic modification. *Applied Surface Science*, 2008, vol. 254, no. 18, pp. 5899–5904.

DOI:10.1016/j.apsusc.2008.03.160

[11]. Kale K. H., Desai A. N. Atmospheric pressure plasma treatment of textiles using non-polymerizing gases. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 2011, vol. 36, pp. 289–299.

[12]. Pillai R. R. et al. Plasma-Corona-Processed Nanostructured Coating for Thermoregulative Textiles. ACS Appl. Polym. Mater. 2024, 6, 14047–14056.

DOI: 10.1021/acsapm.3c02448

[13]. Художественная обработка материалов. Художественная обработка кожи. Тула: Тульский государственный университет, 2018. 108 с.

[14]. Леденева И. Н. и др. Математическое моделирование процесса бесконтактной поверхностной лазерной пирографии на обувных нетканых материалах. *Вестник технологического университета*, 2023, т. 26, № 10, с. 136-142.

DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_10_136

[15]. Патент № 2319185 C2 Российская Федерация, МПК G02B 27/22, G03B 35/00, G02B 1/00. Листовой материал с плавающим составным изображением, содержащий микролинзы : № 2003136147/28 : заявл. 02.07.2002 : опубл. 10.03.2008 / Флорсзак Д. М., Краса Р. Т., Маки С. П., Осгуд Р. М. И.; заявитель 3М Инновейтив Пропертиз Компани.

[16]. Ковалева О. В., Бондаренко М. В., Патина Т. Е. Создание объёмно-пространственного орнамента с использованием цифровых технологий. Дизайн и технологии, 2023, № 95(137), с. 14–23.

Кирсанова Елена Александровна — д–р техн. наук, профессор, профессор, кафедра Материаловедения и товарная экспертиза, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (Российская Федерация, 119071, Москва, Малая Калужская ул., д. 1).

Пигарева Маргарита Алексеевна — аспирант, кафедра Материаловедения и товарная экспертиза, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство) (Российская Федерация, 119071, Москва, Малая Калужская ул., д. 1).

Звягинцев Сергей Владимирович — канд. техн. наук, специалист, ELEGANZZA, ИП Анисимов А.Н. (Российская Федерация, 127299, Москва, ул. Космонавта Волкова, д. 10, стр. 1).

Research of properties and development of methods for modifying the texture of textile fabrics to create optical effects

E. A. Kirsanova[*,1], M. A. Pigareva[*], S. V. Zvyagintsev[**]

**The Kosygin State University of Russia, Moscow, Russia*
***ELEGANZZA, Anisimov A.N, Moscow, Russia*

Abstract

The article discusses promising directions in the development of methods for modifying the texture of textile fabrics to create optical effects. Modern research methods and modification of textile materials, including microscopic, spectroscopic, and mechanical techniques, are analyzed. Special attention is paid to the relationship between surface texture and the resulting optical illusions. The prospects for creating innovative textile materials with controlled visual characteristics are identified. Promising areas for further research in the field of textile fabric modification are highlighted, emphasizing the need for synergy between textile science and modern technologies.

Keywords

Modification, textile, texture, optical effects, microscopy, surface properties, optical illusions.

REFERENCES

[1]. Grishanova I. A., Azanova A. A. Issledovanie svoystv modifitsirovannykh polimernykh tekstil'nykh materialov [Study of properties of modified polymeric textile materials]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2012, vol. 15, no. 21, pp. 63-66. (In Russ.)

[2]. Zhogashtiev N. T., Tashpolotov Y. T., Kalmurzaev N. M. Issledovanie poverkhnosti khlopkovykh volokon posle termicheskoy pererabotki v vakuumnoy kamere metodom skaniruyushchey elektronnoy mikroskopii [Investigation of the surface of cotton fibers after thermal treatment in a vacuum chamber by scanning electron microscopy]. *Byulleten' nauki i praktiki* [Bulletin of Science and Practice], 2020, vol. 6, no. 8, pp. 34-38. (In Russ.)

DOI: 10.33619/2414-2948/57/03

[3]. Moses J. J., Venkataraman V. K. Study of mechanical and surface properties on some chemical treated cotton fabric by KES-F, SEM and FTIR analysis. *Journal of Textile Science & Engineering*, 2014, vol. 4, no. 3.

[4]. Azanova A. A. Issledovanie poverkhnosti khlopkovykh volokon, obrabotannykh nizkotemperaturnoy plazmoy, metodom skaniruyushchey elektronnoy mikroskopii [Investigation of the surface of cotton fibers treated with low-temperature plasma by scanning electron

[1] *Corresponding author:*
*Email: pigareva.rita@yandex.*ru

microscopy]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2015, vol. 18, no. 18, pp. 161-162. (In Russ.)

[5]. Abidi N. et al. Cotton fabric surface modification for improved UV radiation protection using sol–gel process. Journal of Applied Polymer Science, 2007, vol. 104, no. 1, pp. 111-117. DOI: 10.1002/app.24572

[6]. Carrera E., Capdevila X., Valldeperas J. Correlation Analysis between the Kawabata System (KES-F) and the UPC Ring Methods of Fabric Analysis. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 2016, vol. 11, no. 2, pp. 1-8.

DOI: 10.1177/155892501601100201

[7]. Kornilovich A. V., Kuz'michev V. E., Efimova O. G. Ispol'zovanie kompleksa KES dlya issledovaniya rastyazhimosti tkaney dlya kostyumov wingsuit [Use of the KES system for studying the extensibility of fabrics for wingsuits]. *Informatsionnaya sreda vuza* [University Information Environment], 2017, no. 1(24), pp. 120-123. (In Russ.)

[8]. Xin B., Hu J., Baciu G. Visualization of textile surface roughness based on silhouette image analysis. *Textile Research Journal*, 2010, vol. 80, no. 2, pp. 166-176.

[9]. Saveljev V., Kim S.-K., Kim J. Moiré effect in displays: A tutorial. *Optical Engineering*, 2018, vol. 57, no. 3, 030803. DOI: 10.1117/1.OE.57.3.030803

[10]. Xu B., Cai Z. Fabrication of a superhydrophobic ZnO nanorod array film on cotton fabrics via a wet chemical route and hydrophobic modification. *Applied Surface Science*, 2008, vol. 254, no. 18, pp. 5899-5904. DOI: 10.1016/j.apsusc.2008.03.160

[11]. Kale K. H., Desai A. N. Atmospheric pressure plasma treatment of textiles using non-polymerizing gases. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 2011, vol. 36, pp. 289-299.

[12]. Pillai R. R. et al. Plasma-Corona-Processed Nanostructured Coating for Thermoregulative Textiles. ACS Appl. Polym. Mater. 2024, 6, 14047–14056.

DOI: 10.1021/acsapm.3c02448

[13]. Khudozhestvennaya obrabotka materialov. Khudozhestvennaya obrabotka kozhi [Artistic processing of materials. Artistic processing of leather]. Tula: Tul'skiy gosudarstvennyy universitet [Tula State University], 2018, 108 p. (In Russ.)

[14]. Ledeneva I. N. et al. Matematicheskoe modelirovanie protsessa beskontaktnoy poverkhnostnoy lazernoy pirografii na obuvnykh netkanykh materialakh [Mathematical modeling of the process of non-contact surface laser pyrography on footwear nonwoven materials]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Technological University], 2023, vol. 26, no. 10, pp. 136-142. (In Russ.)

DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_10_136

[15]. Patent № 2319185 C2 Rossiyskaya Federatsiya, MPK G02B 27/22, G03B 35/00, G02B 1/00. Listovoy material s plavayushchim sostavnym izobrazheniem, soderzhashchiy mikrolinzy [Sheet material with a floating composite image containing microlenses]. Florszak D. M., Krasa R. T., Macki S. P., Osgud R. M. No. 2003136147/28: filed 02.07.2002: publ. 10.03.2008. (In Russ.)

[16]. Kovaleva O. V., Bondarenko M. V., Patina T. E. Sozdanie ob"emno-prostranstvennogo ornamenta s ispol'zovaniem tsifrovykh tekhnologiy [Creation of three-dimensional spatial ornament using digital technologies]. *Dizain i tekhnologii* [Design and Technologies], 2023, no. 95(137), pp. 14-23. (In Russ.)

Kirsanova E. A. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Materials Science and Commodity Expertise, The Kosygin State University of Russia (Malaya Kaluzhskaya st., 1, Moscow, 119071, Russian Federation).

Pigareva M. A. — Postgraduate Student, Department of Materials Science and Commodity Expertise, The Kosygin State University of Russia (Malaya Kaluzhskaya st., 1, Moscow, 119071, Russian Federation).

Zvyagintsev S. V. — Cand. Sc. (Eng.), ELEGANZZA, Anisimov A.N. (Kosmonavta Volkova St., 10, Build. 1, Off. 25, Moscow, 127299, Russia).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Исследование свойств и разработка методов модификации фактур текстильных полотен для создания оптических эффектов / Е. А. Кирсанова, М. А. Пигарева, С. В. Звягинцев // Промышленные процессы и технологии. 2026. Т. 6. № 1(19). С. 76 – 85.

DOI: 10.37816/2713-0789-2026-6-1(19)-76-85

Please cite this article as:

Kirsanova E. A., Pigareva M. A., Zvyagintsev S. V. Research of properties and development of methods for modifying the texture of textile fabrics to create optical effects. Industrial processes and Technologies, 2026, vol. 6, no. 1(19), pp. 76 – 85.

DOI: 10.37816/2713-0789-2026-6-1(19)-76-85