УДК 687.1
DOI 10.47367/0021-3497_2026_3_307

СИНТЕЗ АНИМАЦИОННОЙ ОБРАЗНОСТИ И ФОТОХРОМНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДИЗАЙНЕ ОДЕЖДЫ С ДИНАМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

SYNTHESIS OF ANIMATION IMAGERY AND PHOTOCHROMIC TECHNOLOGIES IN CLOTHING DESIGN WITH DYNAMIC PROPERTIES

М.С. ПЕТРОСОВА[1], К.С. ПЕТРОСОВ[2], Д.Н. ГОГУЗЕВ[1], Е.Г. АНДРЕЕВА[1], Н.И. КЕВОРКОВА[2]

M.S. PETROSOVA[1], K.S. PETROSOV[2], D.N GOGUZEV[1], E.G. ANDREEVA[1], N. KEVORKOVA[2]

([1]Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)), [2]Российско-Армянский университет)

([1]The Kosygin State University of Russia, [2] Russian-Armenian University)

E-mail:76802@mail.ru

Статья посвящена изучению таких свойств фотохромного принта, как скорость фотоактивации, время реверсии, укрывистость и устойчивость к стирке. Рассмотрена возможность использования фотохромных красок в текстильном дизайне для создания динамичного принта, воспроизводящего образность короткометражной анимации. В статье под динамическими свойствами понимается прежде всего фотохромный эффект – обратимый переход окраски из почти бесцветного состояния в интенсивный цвет под действием УФ-света и возврат к исходному состоянию после прекращения облучения. В ходе работы исследованы пять образцов тканей различного волокнистого состава с нанесением фотохромной краски кистью и губкой. Для количественной оценки деградации фотохромного эффекта после многократных стирок рассчитан коэффициент обратимости окрашивания. Наилучшее сочетание быстрого отклика и стойкости покрытия достигнуто для тканей с высоким содержанием полиэстера.

Творческим источником выступил музыкальный анимационный ролик "Eternity". В ходе анализа видеоряда выделены пять проектных приемов: геометрическая редукция, параметрическое отображение возраста, система выражения эмоций с помощью микросимволов, компоновочные схемы персонажей для отображения социальных связей и цветовая драматургия. Данные приемы легли в основу изобразительного решения динамичного текстильного принта. Композиционная стратегия строится на контрасте

двух приемов размещения принта на изделии: крупномасштабной одиночной фигуры, выступающей композиционным центром, и рассеянного малоформатного паттерна, заполняющего все изделие. В обоих случаях силуэт одежды намеренно упрощен (свободный трапециевидный силуэт), чтобы исключить визуальную конкуренцию кроя с динамикой цвета. В помещении рисунок остается контурным, на солнечном свету проявляется насыщенным цветом, реализуя эффект "носимой анимации". Предложенный подход демонстрирует возможность переноса анимационной образности в костюм с фотохромными элементами, позволяя одежде реагировать на изменение освещения с сохранением узнаваемости персонажа и его эмоциональных состояний.

The article is devoted to the study of photochromic print properties,including photoactivation speed, reversion time, covering power and wash fastness. The possibility of using photochromic paints in textile design to create a dynamic print that reproduces the imagery of a short animation is considered. In the article, dynamic properties are primarily understood as the photochromic effect — a reversible color transition from an almost colorless state to an intense color under UV light and a return to the original state after the irradiation stops. Five fabric samples of varying fiber compositions were tested, applying photochromic dye using a brush and sponge. A color reversibility coefficient was calculated to quantify the degradation of the photochromic effect after multiple washes. The best combination of fast response and coating durability was achieved for fabrics with a high polyester content.

The creative source was the musical animated video "Eternity". During the analysis of the video sequence, five design techniques were identified: geometric reduction, parametric display of age, a system of expressing emotions with micro-symbols, character layout schemes for displaying social connections, and color dramaturgy. These techniques formed the basis of the visual design of the dynamic textile print. The compositional strategy is built on the contrast of two methods of placing the print on the garment: a large-scale single figure acting as the compositional center, and a scattered small-format pattern filling the entire garment. In both cases, the garment silhouette is deliberately simplified (loose trapezoidal silhouette) to exclude visual competition between the cut and the color dynamics. Indoors, the pattern remains a contour outline, while in sunlight it appears in saturated color, realizing the effect of "wearable animation". The proposed approach demonstrates the possibility of transferring animation imagery into a costume with photochromic elements, allowing clothing to respond to changes in lighting while preserving the recognizability of the character and its emotional states.

Ключевые слова: фотохромные технологии, динамичный принт, дизайн одежды, текстильный принт.

Keywords: photochromic technologies, dynamic properties, clothing design, textile print.

Интерактивность и адаптивность выступают сегодня одними из ключевых векторов развития дизайна одежды, что стимулирует интерес к материалам, способным обратимо изменять окраску под воздействием внешних факторов [1]. Особое место среди них занимают фотохромные текстильные покрытия: их способность к цветовому отклику на ультрафиолетовое излучение позволяет создавать принты, визуальное состояние которых зависит от интенсивности естественного или искусственного освеще-

ния. Параллельно в проектной практике наблюдается сближение индустрии моды с выразительными средствами цифровых медиа, в частности с эстетикой короткометражной анимации и музыкального клипа, где мгновенная считываемость эмоции и повествования достигается через предельный лаконизм формы и управление динамикой цвета [2, 3].

Психологическими исследованиями неоднократно подтверждено, что наблюдатель склонен наделять намерениями и эмоциональными состояниями даже простейшие геометрические фигуры, если те наделены автономным движением или изменчивостью [4, 5]. Этот феномен создает предпосылки для переноса анимационных персонажей в текстильный декор, однако существующие работы в области дизайна костюма, как правило, либо ограничиваются статичным цитированием анимационных образов, либо рассматривают динамические свойства материалов [7, 8] изолированно, вне связи с нарративной функцией принта [1, 6]. Конкретные методы проектирования одежды, в которой персонаж анимационного ролика выступал бы одновременно и носителем эмоционального содержания, и динамичным элементом, реагирующим на световую среду, в доступной литературе освещены недостаточно.

Таким образом, актуальной задачей является постановка экспериментального исследования, направленного на оценку возможности применения фотохромных красок для получения динамичного текстильного принта в одежде. Под динамическими свойствами принта понимают его способность обратимо изменять свои физико-химические или эстетические характеристики (например, цвет, оптическую плотность, насыщенность) под воздействием внешних факторов окружающей среды (в частности, ультрафиолетового излучения), причем эти изменения происходят во времени и могут быть как кратковременными (фотоактивация и реверсивное восстановление), так и накапливающимися при циклических эксплуатационных воздействиях (например, при стирке).

Под динамическими свойствами в данной работе понимается способность материала обратимо изменять цвет под действием ультрафиолетового излучения и возвращаться в исходное состояние после прекращения облучения. Творческим источником изобразительного решения служит персонаж музыкальной анимации "Eternity". Цель исследования – экспериментально обосновать выбор текстильной тканой основы и способа нанесения фотохромного покрытия, обеспечивающих требуемые динамические свойства материала, и разработать на этой базе дизайн одежды с эффектом "носимой анимации".

Для обоснованного выбора текстильной тканой основы и способа нанесения динамичного принта, воспроизводящего персонажей музыкальной анимации "Eternity", проведена экспериментальная оценка комплекса свойств фотохромной краски. Исследованы скорость фотоактивации, время реверсивного восстановления окраски, укрывистость и устойчивость покрытия к стирке.

Материалы и методы

В качестве окрашивающего состава использована фотохромная краска на основе спирооксазинового соединения, обратимо переходящая из почти бесцветного состояния в интенсивное фиолетовое при облучении ультрафиолетом с длиной волны 365 нм.

Краска наносилась на пять образцов тканей, различающихся волокнистым составом и структурой: кулирная гладь (хлопок 100%), "дюспо" (полиэстер 100%, полотняное переплетение), хлопчатобумажная ткань полотняного переплетения, смесовая ткань "адверто" (синтетическая саржа), а также хлопчатобумажная ткань с нашивными пайетками. Нанесение выполнялось двумя способами – мягкой кистью и поролоновой губкой, имитирующими различные технологические режимы печати. После полного высыхания образцы подвергались стандартизованному УФ-облучению (источник 6 Вт, расстояние 10 см) с выдержками 5, 30 и 55 секунд. Время реверсивного возврата окраски к исходному состоянию фиксировалось с помощью цифро-

вой фоторегистрации, при этом для каждого образца проводилось трехкратное измерение.

Укрывистость оценивалась визуально по равномерности прокраса. Для определения устойчивости к эксплуатационным воздействиям образцы подвергались пяти циклам машинной стирки при 30°С с нейтральным моющим средством и сушке без отжима, после чего измерения времени восстановления и оценка укрывистости повторялись.

Для количественной характеристики деградации фотохромного эффекта предложен коэффициент обратимости окрашивания (КОО), рассчитываемый по формуле:

$$\text{КОО} = \frac{1}{3}\left(\frac{t^{\frac{\text{до}}{55}}}{t^{\frac{\text{после}}{55}}} + \frac{t^{\frac{\text{до}}{30}}}{t^{\frac{\text{после}}{30}}} + \frac{t^{\frac{\text{до}}{5}}}{t^{\frac{\text{после}}{5}}}\right), \quad (1)$$

где $t^{\frac{\text{до}}{\text{x}}}$ и $t^{\frac{\text{после}}{\text{x}}}$ – время восстановления после x секунд УФ-облучения до и после пяти стирок соответственно.

Коэффициент показывает, во сколько раз в среднем увеличилось время реверсии, и служит мерой устойчивости покрытия.

Результаты и обсуждение

Экспериментальные данные сведены в табл. 1. Анализ зафиксированных значений времени восстановления показывает, что и тип ткани, и способ нанесения существенно влияют на динамику фотохромного перехода.

Таблица 1

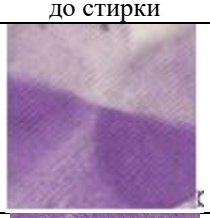
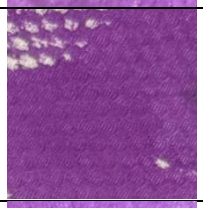
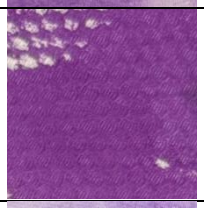
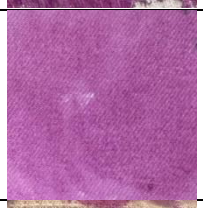
Образец (ткань, способ нанесения)	Время восстановления, с (до стирки / после 5 стирок)			КОО
	5 с УФ	30 с УФ	55 с УФ	
Кулирная гладь (х/б), кисть	488 / 120	488 / 120	518 / 120	4,15
Кулирная гладь (х/б), губка	274 / 100	274 / 100	274 / 100	2,74
"Дюспо" (100%-ный полиэстер), кисть	243 / 62	243 / 88	327 / 120	3,14
"Дюспо" (100%-ный полиэстер), губка	160 / 62	200 / 88	255 / 120	2,32
Х/б ткань, кисть	210 / 82	210 / 82	210 / 82	2,56
Х/б ткань, губка	300 / 82	300 / 82	334 / 82	3,79
Синтетическая саржа "адверто", кисть	241 / 90	241 / 90	344 / 90	3,05
Синтетическая саржа "адверто", губка	298 / 44	298 / 44	298 / 44	6,77
Х/б ткань с пайетками, кисть	243 / 70	243 / 80	264 / 100	2,91
Х/б ткань с пайетками, губка	300 / 70	300 / 80	300 / 120	3,51

Табл. 2 на качественном уровне демонстрирует различие между хлопчатобумажной и полиэстеровой основами: на полиэстере ("дюспо") окраска появляется равномернее и возвращается к исходному состоянию быстрее, тогда как на хлопке краситель глубже проникает в волокно, замедляя обратную реакцию. Нанесение краски кистью формирует более толстый слой, увеличивающий время реверсии, в то время как нанесение губкой обеспечивает тонкую, быстро релаксирующую пленку.

После пяти циклов стирки время восстановления возрастает у всех образцов, а интенсивность окраски снижается.

В табл. 2 представлены фотографии образцов в активированном состоянии (сразу после 30 секунд УФ-облучения) до и после стирки. Наиболее заметная потеря укрывистости и появление пятнистости наблюдаются на хлопчатобумажных тканях, особенно с пайетками, где слой краски местами разрушается.

Таблица 2

Тип материала	Окраска кистью		Окраска губкой	
	до стирки	после стирки	до стирки	после стирки
Кулирная гладь (х/б)				
"Дюспо" (100%-ный полиэстер)				
Х/б ткань				
Синтетическая саржа "адверто"				
Х/б ткань с пайетками				

Образцы из полиэстера сохраняют значительно более высокую равномерность и насыщенность. Количественно эта закономерность выражена диаграммой (рис. 1).

Рис. 1

Минимальный прирост времени зафиксирован для образцов "дюспо" с нанесением краски губкой (КОО = 2,32), тогда как для синтетической саржи "адверто" с нанесением краски кистью коэффициент достигает 6,77, что указывает на глубокое проникновение пигмента и его последующее вымывание из рыхлой структуры.

На следующем этапе исследования выполнен предпроектный анализ анимационного видеоролика "Eternity", который разработан для сопровождения сценического выступления артиста Артема Узунова одним из авторов настоящей статьи. Ознакомиться с работой можно по QR-коду, представленному на рис. 2.

Рис. 2

Предпроектный анализ позволил выявить визуальные приемы, пригодные для переноса в дизайн динамичного текстильного принта.

Первое проектное решение – последовательная геометрическая редукция человеческой фигуры (рис. 3). Сопоставление детализированного варианта (рис. 3, а) и редуцированного образа (рис. 3, б) показывает сознательный отказ от лицевых черт, суставных сочленений и пальцев в пользу скругленного прямоугольника или эллипса, дополненного прямыми линиями конечностей.

Экспериментально установлено, что движущиеся геометрические фигуры воспринимаются зрителем как одушевленные субъекты, обладающие намерениями и эмоциональной жизнью [4, 5]. Именно это свойство зрительского восприятия эксплуатируется в "Eternity" и делает редуцированный образ пригодным для переноса на ткань: даже в статике он сохраняет антропоморфную узнаваемость, а его простота снижает когнитивную нагрузку и облегчает масштабирование до формата принта.

а)

б)

Рис. 3

Вторым существенным приемом выступает параметрическое отображение возрастных изменений (рис. 4). Переход от детства к отрочеству передан исключительно через два геометрических параметра: абсолютный размер скругленного прямоугольника туловища и соотношение длин линий конечностей относительно этого прямоугольника.

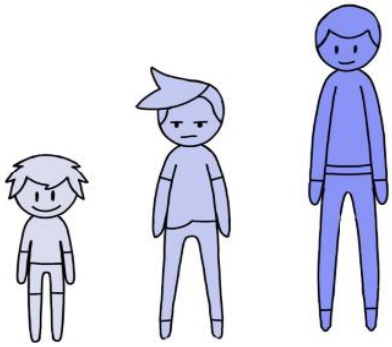


Рис. 4

У ребенка прямоугольник мал, линии конечностей коротки; у подростка прямоугольник крупнее, линии удлинены. Дополнительным маркером служит трансформация прически – от нескольких неупорядоченных коротких линий до структурированной треугольной формы (чёлка). Такая параметризация открывает возможность создания на ткани серии модульных отпечатков одного персонажа в разных фазах, а при последовательном расположении – формирования визуального нарратива, аналогичного раскадровке.

Третьим приемом, зафиксированным в ходе анализа, является система микросимволов для передачи эмоций персонажа (рис. 5). Вместо мимической проработки в анимационном клипе используются графические единицы, заимствованные из универсального языка пиктографии и эмодзи: дуга – улыбка, перевернутая дуга – грусть, вертикальные или диагональные линии над головой – напряжение и страх, волнистая линия – волнение, символ сердца – симпатия и любовь.

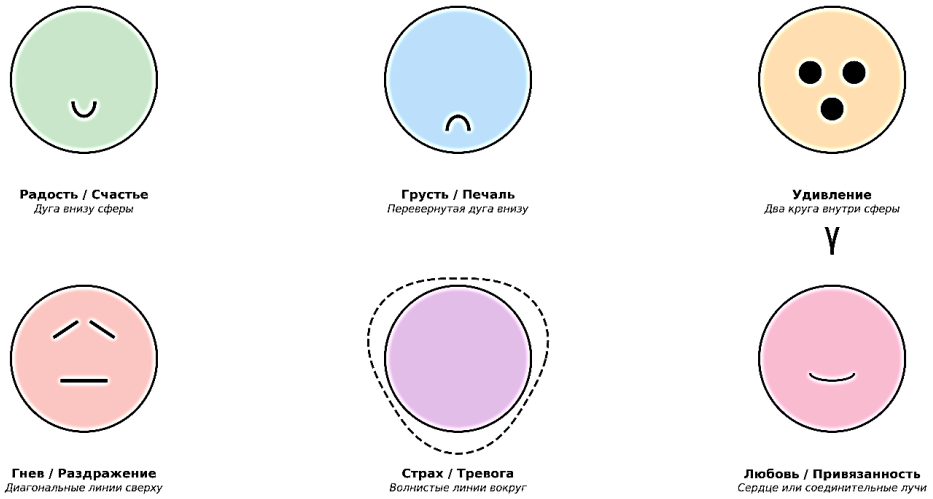
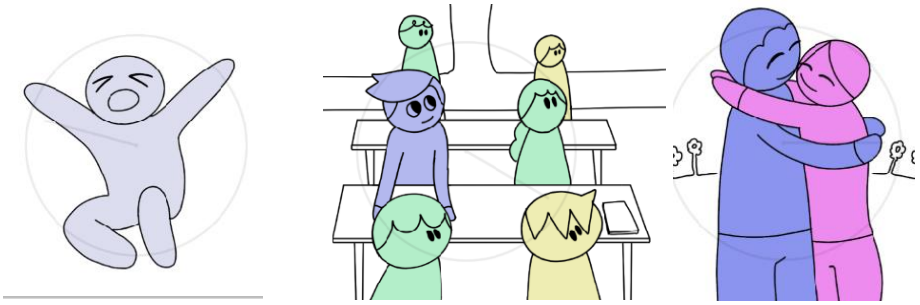


Рис. 5

Данные микросимволы привязаны к верхней части базовой формы персонажа и безошибочно интерпретируются независимо от культурного контекста. В принте они могут быть воспроизведены тем же графическим способом, а их малый размер и контурность делают их удобными для нанесения фотохромной краской с высокой детализацией.

Четвертый прием – компоновка фигур для обозначения социальных связей персонажей (рис. 6). В анимационном клипе одиночная фигура (рис. 6, а) соответствует изоляции и зарождению, группа из трех-четырех сближенных эллипсов (рис. 6, б) – школе, социализации, друзьям, а пара из двух более крупных фигур (рис. 6, в) – партнерским отношениям.



а) б) в)

Рис. 6

При переносе на текстиль этот принцип может быть реализован через раппортную организацию принта, где одиночные, парные и групповые композиции ритмически чередуются, создавая повествовательную интригу даже в статичном орнаменте.

Наконец, важнейшим выразительным средством, интегрирующим все перечисленные приемы в анимации, является цветовая динамика, синхронизированная с музыкальным ритмом. В анимационном клипе цвет персонажа меняется от бледных, почти прозрачных оттенков на стадии зарождения через насыщенные, яркие тона в период расцвета к постепенному угасанию и финальному свечению – трансценденции. Именно эта хроматическая прогрессия становится смысловым каркасом, связывающим геометрию и эмоцию. Для дизайна текстильного принта она имеет особое значение, поскольку может быть материализована с помощью фотохромных красок: в помещении или в тени принт остается бледным, контурным, а под воздействием прямого ультрафиолета последовательно проявляет насыщенный цвет, тем самым воспроизводя в материале логику жизненного цикла, заложенную в анимационном источнике.

Таким образом, анализ визуальной концепции "Eternity" позволяет выделить пять взаимосвязанных проектных приемов – геометрическую редукцию, параметрическое отображение возраста, систему микросимволов, компоновочные модели социальных связей персонажей и цветовую драматургию, совокупность которых образует изобразительный инструментарий будущего динамичного текстильного принта. Выделенные приемы не привязаны к культурно-специфическим кодам, обладают универсальной считываемостью и масштабируемостью, что делает их основой для дальнейшей разработки одежды с фотохромными элементами.

Выделенные в ходе анализа визуальные приемы музыкальной анимации "Eternity" – геометрическая редукция персонажа, параметрическая передача возраста, система микросимволов эмоций и компоновочные схемы социальных связей – послужили непосредственной основой для проектирования динамичного текстильного принта. В соответствии с полученными экспериментальными данными в качестве материала-основы выбрана гладкая ткань с высоким содержанием полиэстера "дюспо", обеспечивающая быстрое реверсивное восстановление окраски и наибольшую устойчивость к стирке при нанесении фотохромной краски с помощью губки. Композиционная стратегия строится на контрасте двух приемов размещения принта: крупномасштабной одиночной фигуры, выступающей композиционным центром, и рассеянного малоформатного паттерна, заполняющего все изделие. В обоих случаях силуэт одежды намеренно упрощен (свободный трапециевидный силуэт), чтобы исключить визуальную конкуренцию кроя с динамикой цвета.

а) б)

Рис. 7

Модель (рис. 7) представляет собой комплект из платья и брюк клеш от колена. На передней и задней частях платья размещен принт в виде встречи двух персонажей. Масштаб принта сопоставим с габаритами самого изделия, занимает центральную зону переда, остальная поверхность изделия сплошь заполнена малоформатными фигурами, образующими раппортный принт.

Каждая фигура воспроизводит редуцированного персонажа в различных вариациях: встречаются одиночные изображения с короткими конечностями (ребенок), пары сближенных эллипсов (партнеры) и группы из трех-четырех элементов (семья, социализация), что прямо переносит на ткань компоновочные модели, выявленные в анимации. Благодаря крупному масштабу изменение окраски под действием ультрафиолета приобретает демонстративный характер: в помещении персонажи остаются едва заметным контуром (рис. 7, б), а на солнечном свету активно проявляется насыщенный фиолетовый и голубой цвет (рис. 7, а), визуализируя идею жизненной кульминации, заложенную в музыкальном ролике. Лаконичное конструктивное решение, отсутствие декоративных членений и фурнитуры переключают внимание зрителя непосредственно на трансформацию цвета, позволяя одежде функционировать как "носимая анимация", чей облик меняется вслед за солнечным светом, воспроизводя логику жизненного цикла, изначально заданную в произведении "Eternity".

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ музыкального анимационного ролика "Eternity" позволил выделить пять проектных приемов – геометрическую редукцию, параметрическое отображение возраста, систему микросимволов, компоновочные модели социальных связей персонажей и цветовую драматургию, которые в совокупности сформировали изобразительную основу динамичного текстильного принта. Экспериментально установлено, что оптимальным носителем фотохромной краски для такого принта является гладкая ткань с высоким содержанием полиэстера "дюспо"; нанесение принта выполнено губкой через трафарет. Такая ткань и способ нанесения обеспечивают минимальное время реверсивного восстановления окраски, удовлетворительную укрывистость и наибольшую устойчивость к стирке (КОО = 2,32). С опорой на полученные данные разработана модель одежды с эффектом "носимой анимации", при котором персонаж и его эмоциональное состояние визуально трансформируются под действием естественного освещения, при этом сохраняется узнаваемость и смысловая связь с анимационным источником. Предложенный подход демонстрирует возможность синтеза выразительных средств короткометражной анимации и фотохромных технологий в дизайне костюма.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кричевский Г.Е.* Химическая технология текстильных материалов: учебник для студ. хим. вузов. М.: Высшая школа, 2001. 503 с.

2. *Wells P.* Understanding Animation. London: Routledge, 1998. 280 p.

3. *Furniss M.* Art in Motion: Animation Aesthetics. Revised ed. Bloomington: Indiana University Press, 2007. 288 p

4. *Heider F., Simmel M.* An experimental study of apparent behavior // The American Journal of Psychology. 1944. Vol. 57, № 2. P. 243…259.

5. *Gao T., McCarthy G., Scholl B.J.* The wolfpack effect: perception of animacy irresistibly influences interactive behavior // Psychological Science. 2010. Vol. 21, № 12. P. 1845…1853. – DOI: 10.1177 /0956797610388044.

6. *Quinn B.* Textile Futures: Fashion, Design and Technology. Oxford: Berg, 2010. 320 p.

7. *Лапина Е.А., Чешкова А.В., Юсупова Ш.А., Штуканов М.Д.* Влияние подготовки цифрового изображения на результат струйной печати на текстильном плоттере активными чернилами // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. Т. 66, № 2. С. 74…77. – DOI 10.46418/0021-3489_2024_66_02_13. – EDN JTCYIM.

8. *Зимнуров А.Р., Гришин Р.А., Козлова О.В. и др.* Текстиль с маскирующими свойствами // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 6(408). С. 129…134. – DOI 10.47367/0021-3497_2023_6_ 129. – EDN DTXOGX.

9. *Лапина Е.А., Юсупова Ш.А., Чешкова А.В и др.* Влияние подготовки хлопчатобумажных тканей на качество цифровой прямой струйной печати активными чернилами// Известия высших учебных за-

ведений. Технология текстильной промышленности. 2025. № 1(415). С. 152…158. – DOI 10.47367/0021-3497_2025_1_152. – EDN CDPIIK.

R E F E R E N C E S

1. *Krichevskiy G.E.* Chemical technology of textile materials. Moscow: Vysshaya shkola, 2001. 503 p.

2. *Wells P.* Understanding Animation. London: Routledge, 1998. 280 p.

3. *Furniss M.* Art in Motion: Animation Aesthetics. Revised ed. Bloomington: Indiana University Press, 2007. 288 p.

4. *Heider F., Simmel M.* An experimental study of apparent behavior // The American Journal of Psychology. 1944. Vol. 57, No. 2. P. 243…259.

5. *Gao T., McCarthy G., Scholl B.J.* The wolfpack effect: perception of animacy irresistibly influences interactive behavior // Psychological Science. 2010. Vol. 21, No. 12. P. 1845…1853. – DOI: 10.1177/0956797610388044.

6. *Quinn B.* Textile Futures: Fashion, Design and Technology. Oxford: Berg, 2010. 320 p.

7. *Lapina E.A., Cheshkova A.V., Yusupova Sh.A., Shtukanov M.D.* Influence of digital image preparation on the result of inkjet printing on a textile plotter with reactive inks // Technology of Light Industry. The News of higher educational institutions. 2024. Vol. 66, No. 2. P. 74…77. – DOI: 10.46418/0021-3489_2024_66_02_13. EDN: JTCYIM.

8. *Zimnurov A.R., Grishin R.A., Kozlova O.V. et al.* Textile with masking properties // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. 6(408). P. 129…134. – DOI: 10.47367/0021-3497_2023_6_129. EDN: DTXOGX.

9. *Lapina E.A., Yusupova S.A., Cheshkova A.V. etc.* The effect of cotton fabric preparation on the quality of digital direct inkjet printing with active ink// Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2025. 1(415). С. 152…158. – DOI 10.47367/0021-3497_2025_1_152. – EDN CDPIIK.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 11.05.26.