

В диссертационный совет 6D.КOA-050 на базе
Технологического университета Таджикистана, 734061, г.
Душанбе, ул. Н. Карабаева 63/3

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
на диссертацию Юсуфзода Шахнозы Азизбек
на тему «Разработка сокращённой технологии подготовки к цифровой
прямой печати активными чернилами на хлопчатобумажных тканях» ,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.11.4. Технология и первичная обработка текстильных
материалов и сырья

Диссертационная работа посвящена совершенствованию подготовки хлопчатобумажных тканей к цифровой прямой печати активными чернилами. В исследовании комплексно рассмотрено влияние параметров цифрового оригинала изображения, способов ферментативной подготовки и катионной модификации ткани, а также состава предпечатной композиции на колориметрические характеристики, степень фиксации красителя и качество напечатанного рисунка.

Работа относится к числу актуальных прикладных исследований, результаты которых представляют научный и практический интерес для развития современных технологий цифровой текстильной печати и могут быть использованы при внедрении ресурсосберегающих, экологически безопасных и экономически эффективных процессов на предприятиях текстильной промышленности Республики Таджикистан.

Полученные результаты представляют научный и практический интерес для предприятий текстильной промышленности, использующих цифровые способы декорирования хлопчатобумажных материалов. Предлагаемые технологические решения ориентированы на повышение качества печати, сокращение расхода химических материалов, активных чернил, воды и энергии, а также снижение экологической нагрузки отделочного производства.

1. Соответствие диссертации паспорту научной специальности.
Диссертация соответствует паспорту специальности 2.11.4. Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья по следующим пунктам:

- Пункту 3. Методы оптимизации технологических процессов на основе системного подхода к качеству входного продукта, технологического процесса и выходного продукта;
- Пункту 15. Физико-химические основы основных технологических операций обработки текстильных материалов в отделочном производстве;
- Пункту 16. Экологические проблемы красильно - отделочного производства и пути решения этих проблем;
- Пункту 17. Основные принципы колорирования текстильных изделий.

Содержание работы непосредственно связано с совершенствованием способов подготовки и колорирования целлюлозосодержащих текстильных материалов, исследованием физико-химических закономерностей отделочного производства, разработкой экологически ориентированной технологии и оптимизацией процессов цифровой печати активными красителями. Следовательно, тема, цель, задачи и полученные результаты соответствуют заявленной научной специальности.

2. Актуальность темы. Современное текстильное производство развивается в направлении цифровизации, повышения гибкости технологических процессов, сокращения сроков выпуска новых видов продукции и снижения ресурсоёмкости отделочных операций.

Прямая цифровая печать является одним из перспективных способов колорирования текстильных материалов. Она позволяет воспроизводить сложные многоцветные рисунки, оперативно изменять дизайн продукции, выпускать малые и средние партии тканей и исключать изготовление печатных шаблонов.

Вместе с тем качество цифровой печати зависит не только от характеристик печатного оборудования и применяемых чернил, но и от свойств текстильного материала, способа его подготовки и параметров исходного цифрового изображения.

Особую сложность представляет цифровая печать активными чернилами по хлопчатобумажным тканям. Активные красители способны образовывать химическую связь с целлюлозой, однако эффективность их сорбции и фиксации определяется состоянием поверхности волокна, гидрофильностью ткани, равномерностью смачивания, капиллярным переносом жидкой фазы и составом предпечатной композиции.

Недостаточно обоснованная подготовка ткани может привести к растеканию капель чернил, снижению чёткости контуров, неравномерности окраски, уменьшению степени фиксации красителя и расхождению между цифровым оригиналом и напечатанным изображением.

Традиционная подготовка хлопчатобумажных тканей включает энергоёмкие и водоёмкие процессы щелочного отваривания и перекисного беления. Для современных тканей, изготовленных из качественного хлопкового сырья и имеющих незначительную засорённость природными примесями, применение наиболее жёстких режимов подготовки не всегда является технологически оправданным.

В этой связи использование ферментативной биоотварки, обеспечивающей селективное удаление крахмальной шпихты и части сопутствующих примесей без существенного повреждения природной целлюлозы, имеет важное научное, производственное и экологическое значение.

Не менее актуальным является исследование влияния контрастности, яркости и масштаба цифрового изображения на результат печати. В производственных условиях несоответствие параметров электронного оригинала характеристикам напечатанного изображения компенсируется проведением повторных цветопроб, что сопровождается дополнительным расходом ткани, чернил и рабочего времени.

Следовательно, установление закономерностей между параметрами цифрового изображения, способом подготовки ткани и колориметрическими показателями отпечатка представляет собой актуальную научно-техническую задачу.

Актуальность работы усиливается использованием цифровых технологий для воспроизведения и современной интерпретации традиционных орнаментов типа «икат». Это способствует сохранению национального текстильного наследия и созданию новых конкурентоспособных видов продукции.

Таким образом, тема диссертации соответствует современным направлениям цифровизации, ресурсосбережения и экологизации текстильного производства, а её актуальность не вызывает сомнений.

3. Степень научной новизны результатов диссертации и положений, выносимых на защиту. Научная новизна диссертационной работы определяется комплексным исследованием цифровых и химико-технологических факторов, формирующих качество прямой цифровой печати активными чернилами по хлопчатобумажным тканям.

К наиболее существенным результатам, обладающим научной новизной, относятся:

1. Установлены количественные зависимости изменения колориметрических характеристик напечатанного изображения от контрастности, яркости и масштаба цифрового оригинала.

2. Выявлены особенности влияния ферментативной биоотварки на гидрофильные, капиллярные и сорбционные свойства хлопчатобумажного материала, определяющие растекание капель чернил, интенсивность окраски и чёткость печатного рисунка.

3. Экспериментально обосновано влияние катионной и амфолитной модификации поверхности целлюлозного материала на сорбцию анионных активных красителей, степень их фиксации и устойчивость напечатанного изображения.

4. Установлена взаимосвязь между составом предпечатной композиции, поверхностным состоянием хлопчатобумажной ткани и колориметрическими показателями цифровой печати.

5. Разработана сокращённая схема подготовки определённого ассортимента хлопчатобумажных тканей, предусматривающая возможность применения ферментативной биоотварки без последующего перекисного беления.

6. Обоснована возможность предварительной оценки и прогнозирования результата цифровой печати с учётом параметров электронного оригинала и способа подготовки текстильного материала.

Положения, выносимые на защиту, отражают основные результаты выполненного исследования. Они включают установленные зависимости влияния параметров цифрового изображения на характеристики отпечатка, научно обоснованный способ ферментативной и катионной подготовки ткани и технологическое обоснование сокращённой схемы предпечатной обработки.

Сформулированные положения логически связаны с целью и задачами исследования, подтверждены экспериментальными данными и достаточно полно раскрыты в тексте диссертационной работы.

4. Степень изученности научной темы. Автором проанализированы отечественные и зарубежные исследования, посвящённые цифровой прямой печати по целлюлозным материалам, ферментативной подготовке тканей, катионной модификации целлюлозы, химии активных красителей и управлению цветом.

В работах Н.Н. Гранатовича рассмотрена подготовка текстильных материалов к цифровой печати активными красителями с применением катионных препаратов. Исследования Н.А. Топорищевой, А.В. Чешковой, Н.Н. Ясинской, Н.В. Скобовой, Т. Tzanov и A.S. Aly раскрывают возможности ферментативной и биотехнологической обработки целлюлозосодержащих тканей. В публикациях В. Gooby, D. Javoršek и S. Moon освещены вопросы цветового менеджмента, точности и воспроизводимости цвета в цифровой текстильной печати.

Вместе с тем известные исследования преимущественно раскрывают отдельные аспекты проблемы. Комплексное влияние параметров цифрового оригинала, ферментативной биоотварки, катионной обработки и состава предпечатной композиции на результат прямой цифровой печати активными чернилами изучено недостаточно полно.

Самостоятельное научное значение диссертации состоит в системном исследовании цифровых, химико-технологических и колориметрических факторов, определяющих качество печати, а также в установлении зависимостей, пригодных для прогнозирования результата цифровой прямой печати на хлопчатобумажных тканях.

5. Объём и структура диссертации. Диссертация имеет традиционную структуру и включает введение, общую характеристику работы, четыре главы, выводы и рекомендации, список литературы, перечень публикаций автора и приложения. Объём представленной работы составляет 159 страниц; в ней приведены 38 таблиц, 50 рисунков и использованы 124 литературных источника.

Структура диссертации соответствует логике исследования: в первой главе представлен литературный обзор; во второй изложены объекты и методы; в третьей приведены экспериментальные результаты и их обсуждение; в четвёртой выполнено экономическое обоснование и дана оценка эффекта от внедрения.

6. Оценка содержания диссертации по главам

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определена степень её изученности, сформулированы цель и задачи исследования, охарактеризованы объект и предмет работы.

Цель исследования состоит в повышении качества прямой цифровой печати хлопчатобумажных тканей чернилами на основе активных красителей за

счёт рационализации подготовки цифрового изображения, применения ферментативной обработки и катионной модификации текстильного материала.

Для достижения поставленной цели автором определены задачи по исследованию влияния контрастности, яркости и масштаба цифрового оригинала, сравнительной оценке способов подготовки ткани, изучению эффективности катионных и амфолитных веществ и разработке рационального состава предпечатной композиции.

Объектом исследования являются целлюлозосодержащие хлопчатобумажные ткани, подготавливаемые к прямой цифровой печати активными красителями.

Предмет исследования составляют закономерности влияния параметров цифрового изображения, способов ферментативной и катионной подготовки и состава предпечатной композиции на колориметрические показатели, степень фиксации красителя и качество напечатанного рисунка.

Во введении также раскрыты научная новизна, теоретическая и практическая значимость, положения, выносимые на защиту, степень достоверности результатов и личный вклад соискателя.

Основные элементы научного аппарата сформулированы последовательно и соответствуют содержанию диссертации.

В первой главе рассмотрены современные направления развития цифровой печати по текстильным материалам, преимущества и ограничения капельно-струйного формирования изображения, особенности применения активных чернил и требования к подготовке хлопчатобумажных тканей. Проанализированы вопросы управления цветом, характеристики цвета в системе CIE Lab, промышленное оборудование для прямой цифровой печати и способы предпечатной обработки целлюлозных материалов.

Значительное внимание уделено цифровому воспроизведению исторических и созданию новых национальных орнаментов. Автор рассматривает абровые ткани и орнаменты типа «икат» как источник художественно-композиционных решений для современной цифровой печати. Анализ литературы позволил обосновать необходимость комплексной подготовки изображения и ткани и сформулировать научную задачу исследования.

Вторая глава носит методический характер. В ней дана характеристика исследуемых хлопчатобумажных тканей, описаны традиционные и ферментативные способы их подготовки, технология предпечатной обработки, применяемые катионные и амфолитные вещества, а также методы оценки результатов цифровой печати.

Для оценки качества использованы колориметрические показатели системы CIE Lab, цветовое различие ΔE , показатели интенсивности окраски и степень фиксации активных красителей. Кроме того, определялись гидрофильные свойства тканей, устойчивость печати к физико-химическим воздействиям и влияние цифровой обработки изображения. Применённый

комплекс методов соответствует поставленным задачам и обеспечивает достаточную объективность результатов.

Третья глава содержит основную экспериментальную часть и охватывает все этапы исследования: получение цифровых аналогов и паттернов, изучение влияния контрастности, яркости и масштаба, сравнительную оценку способов подготовки ткани, оптимизацию предпечатной обработки, разработку состава для катионизации и производственные испытания.

На первом этапе выполнены оцифровка, графическая обработка, векторизация, формирование бесшовного раппорта и колористическая адаптация исторических орнаментов «икат». Подготовленные паттерны предназначены для промышленной печати на хлопчатобумажных тканях и учитывают технологические ограничения печатного оборудования.

В ходе исследования влияния параметров цифрового оригинала установлено, что изменение контрастности, яркости и масштаба закономерно отражается на цветовых координатах и визуальном восприятии отпечатка. Полученные зависимости имеют практическое значение для сокращения числа цветопроб и предварительного прогнозирования результата печати.

Сравнение различных способов подготовки показало, что состояние поверхности ткани, её гидрофильность и капиллярные свойства существенно влияют на растекание капель чернил, чёткость рисунка, интенсивность окраски и степень фиксации красителя. Ферментативная биоотварка обеспечивает селективное удаление технологических загрязнений и позволяет сохранить природные свойства целлюлозы.

При оптимизации предпечатной обработки исследовано влияние катионных и амфолитных веществ и полиэлектролитов. Установлено, что изменение поверхностного заряда целлюлозы способствует усилению сорбции анионных активных красителей, увеличению интенсивности окраски и снижению потерь красителя при промывке.

Практическая значимость разработанного решения подтверждена получением малого патента Республики Таджикистан №2502114 «Способ предварительной катионизации целлюлозной ткани для цифровой печати активными красителями», опубликованного 16 июня 2025 года.

Производственные испытания проведены на производственной площадке «Самойловский текстиль» в г. Иваново и в условиях ООО «Пилаи точик» в г. Душанбе. В ходе испытаний подтверждено повышение интенсивности окраски; величина цветового различия по сравнению с печатью по предварительно отбеленной ткани достигала 6 единиц. Полученные материалы соответствовали требованиям по устойчивости окраски: к сухому и мокрому трению — 4 балла, к стирке и поту — 4–5 баллов.

В четвёртой главе выполнено технико-экономическое обоснование внедрения разработанной технологии. Установлено, что замена традиционной двухстадийной подготовки сокращённой схемой с применением биоотварки

снижает затраты на подготовку ткани примерно на 46,7 % и обеспечивает экономию 3799,4 сомони на 1000 погонных метров.

Дополнительный эффект от снижения расхода активных чернил составляет 2170–10 831,1 сомони на 1000 погонных метров при сокращении расхода чернил на 10–50 %. Суммарный прямой экономический эффект находится в диапазоне 5982,6–14 647,5 сомони на 1000 погонных метров ткани.

Экономическая эффективность дополняется сокращением трудозатрат, количества вспомогательных операций, расхода воды и энергии, а также уменьшением объёма и загрязнённости сточных вод. Представленные расчёты подтверждают практическую целесообразность внедрения разработанных решений.

В заключительной части диссертации сформулированы шесть основных выводов, отражающих результаты разработки цифровых орнаментов, исследования влияния контрастности, яркости и масштаба, сравнительной оценки способов подготовки тканей, применения катионных и амфолитных веществ и определения технико-экономической эффективности разработанной технологии.

Выводы соответствуют поставленным задачам, логически связаны с содержанием экспериментальной части и подтверждаются представленными таблицами, графическими зависимостями, производственными испытаниями и расчётами.

Практические рекомендации ориентированы на применение разработанных решений при подготовке цифровых изображений, выборе способа обработки хлопчатобумажных тканей и разработке технологических регламентов цифровой печати.

Содержание выводов и рекомендаций достаточно полно отражает основные результаты диссертационного исследования.

7. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость диссертации. Научная значимость работы заключается в развитии представлений о взаимосвязи параметров цифрового изображения, поверхностных и капиллярно-сорбционных свойств хлопчатобумажной ткани и качества прямой цифровой печати активными чернилами.

Автором показано, что подготовка к цифровой печати должна рассматриваться как единая система, включающая корректировку электронного оригинала, формирование необходимых свойств текстильного материала и создание условий для эффективной сорбции и фиксации красителя.

Практическая значимость состоит в разработке рекомендаций по выбору параметров цифрового оригинала, применению ферментативной биоотварки, катионных и амфолитных веществ и формированию предпечатной композиции.

Полученные результаты могут использоваться при разработке технологических регламентов, настройке промышленного печатного оборудования, повышении воспроизводимости цветопередачи и сокращении количества пробных отпечатков, брака и технологических потерь.

Экономическая значимость подтверждается снижением затрат на подготовку ткани и возможностью сокращения расхода дорогостоящих активных чернил.

Экологическая значимость определяется уменьшением количества технологических операций, расхода воды, тепловой энергии и химических реагентов, а также снижением объёма загрязнённых сточных вод.

Социальная и культурная значимость работы связана с сохранением, цифровым воспроизведением и современной интерпретацией традиционных орнаментов «икат», расширением ассортимента отечественной текстильной продукции и повышением её конкурентоспособности.

8. Публикации результатов исследования по теме диссертации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в достаточном объёме. По материалам исследования опубликованы 6 статей в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Президенте Республики Таджикистан и Российской Федерации, 2 статьи в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus, и 14 статей в других научных журналах и сборниках материалов конференций.

Получен один малый патент Республики Таджикистан. Практическое использование результатов подтверждено двумя актами внедрения.

Тематика публикаций соответствует основным разделам диссертации и охватывает цифровое воспроизведение национальных орнаментов, исследование параметров цифрового изображения, ферментативную подготовку хлопчатобумажных тканей, применение катионных и амфолитных веществ, оценку колориметрических характеристик и технико-экономическую эффективность разработанной технологии.

Результаты исследования докладывались и обсуждались на международных и республиканских научно-практических конференциях в Душанбе, Ташкенте, Санкт-Петербурге, Казани и Москве.

Количество и содержание публикаций свидетельствуют о достаточной апробации основных положений диссертационной работы в научной среде.

9. Соответствие диссертации требованиям Комиссии. Диссертационная работа Юсуфзода Шахнозы Азизбек представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором решена актуальная научно-техническая задача совершенствования подготовки хлопчатобумажных тканей к прямой цифровой печати активными чернилами.

Работа обладает внутренним единством, содержит новые научно обоснованные результаты и технологические решения, имеющие значение для развития цифровых способов колорирования текстильных материалов.

Научные положения, выводы и рекомендации автора подтверждены экспериментальными исследованиями, современными методами колориметрической оценки, производственными испытаниями, малым патентом и актами внедрения.

Результаты исследования опубликованы в научных изданиях и прошли необходимую апробацию.

По содержанию, объёму, научной новизне, достоверности, практической и экономической значимости диссертационная работа соответствует требованиям пунктов 31, 33, 34 и 35 Порядка присуждения учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Республики Таджикистан от 30 июня 2021 года №267.

Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и требованиям указанного Порядка. В нём отражены актуальность темы, степень её изученности, цель и задачи, объект и предмет исследования, научная новизна, положения, выносимые на защиту, практическая значимость, достоверность результатов, сведения об апробации, внедрении и публикациях.

Существенных расхождений между содержанием автореферата и диссертационной работой не выявлено.

Несмотря на общую положительную оценку диссертационной работы, следует отметить отдельные замечания и пожелания.

10. Замечания по диссертационной работе

1. На с. 69–72 в табл. 3.2–3.4 подробно представлены результаты влияния масштаба, яркости и контрастности цифрового оригинала на колориметрические характеристики отпечатка. Вместе с тем для практического применения полученных зависимостей целесообразно было бы дополнительно обобщить их в виде сводной таблицы рекомендуемых диапазонов настройки цифрового изображения для отдельных цветов.

2. На с. 97–106 в табл. 3.14–3.21 достаточно подробно представлены результаты исследования влияния катионных, анионных и амфолитных веществ на интенсивность окраски, степень фиксации красителя и устойчивость печати. Вместе с тем в целях расширения возможностей практического применения разработанных предпечатных композиций желательным было бы дополнительно привести рекомендации по продолжительности их использования после приготовления и условиям хранения до нанесения на текстильный материал.

3. В табл. 3.23 рассмотрено влияние биоотварки и последующего беления при различных концентрациях пероксида водорода на белизну фона и цветовые характеристики отпечатка. При этом критерии выбора хлопчатобумажных тканей, для которых может быть рекомендована биоотварка без последующего беления, следовало бы сформулировать более конкретно с учётом исходной белизны, степени засорённости ткани и характера печатного рисунка.

4. Представленные зависимости между параметрами цифрового оригинала и колориметрическими показателями отпечатка могли бы быть дополнены сведениями о количестве параллельных опытов, величинах погрешности и статистической значимости полученных результатов, что повысило бы наглядность их экспериментального обоснования.

Высказанные замечания не снижают научной и практической значимости исследования, не влияют на достоверность основных результатов и носят преимущественно рекомендательный характер.

11. Заключение. Диссертационная работа Юсуфзода Шахнозы Азизбек на тему «Разработка сокращённой технологии подготовки к цифровой прямой

