

В диссертационный совет 24.2.300.02
на базе ФГБОУ ВО «Ивановский
государственный политехнический
университет»
153000 г. Иваново, Шереметевский пр., д. 21

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук Черуновой Ирины Викторовны
на диссертационную работу Чэнь Чэньюй на тему
«ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ
ЖЕНСКИХ ПЛАТЬЕВ СКЛАДЧАТОЙ ФОРМЫ»,

представленную к защите на соискание учёной степени кандидата
технических наук по научной специальности 2.6.16. Технология производства
изделий текстильной и лёгкой промышленности

Актуальность темы диссертационной работы

Проектирование одежды сложных форм из различных материалов традиционно представляет собой комплексную задачу, в которой непосредственные физико-технические свойства материалов вносят существенный вклад в характеристики формы конечного швейного изделия. Особого внимания заслуживает одежда складчатой формы, в которой качество и точность воспроизведения идеи дизайнера в физическом материале в части получения инженерного обеспечения деталей оболочки, образующей складки с целевыми объёмом, глубиной и направленностью, требует высокого уровня точности прогнозируемого результата. Такой результат в условиях активного развития цифровых технологий швейных изделий приводит к особой востребованности функционала имитационного моделирования с созданием цифровых двойников. Однако сложность физико-технических эффектов, которые приводят к формированию различных складчатых поверхностей одежды в имитационных моделях, требует разработки новых эффективных методов и протоколов для быстрого и точного получения цифровых двойников изделий текстильной и лёгкой промышленности (ЦДИТЛП), для которых функционал технологий искусственного интеллекта даёт новые перспективные возможности. Обозначенные аспекты позволяют сделать вывод, что представленная тема представленного диссертационного исследования «Имитационное моделирование цифровых двойников женских платьев складчатой формы» является актуальной.

Цели и задачи диссертационного исследования

Целью исследования является сокращение длительности процесса имитационного моделирования женских платьев складчатой формы.

Объект исследования – ткани, женские платья и процесс их имитационного моделирования.

Предмет исследования – закономерности формообразования складчатой поверхности женских платьев.

Для достижения цели представлено решение следующих задач:

1. Провести критический анализ современных методов определения драпируемости и других показателей физико-механических свойств тканей в реальной и виртуальной средах.

2. Разработать новый метод для оценки антропоморфной драпируемости текстильных материалов, воспроизводящий условия закрепления пробы ткани на плечевом поясе фигуры человека, и реализующее его устройство, одинаково функционирующее в материальной и виртуальной средах.

3. Оценить эффективность применения антропоморфного коэффициента драпируемости по сравнению с существующими методами.

4. Разработать алгоритм применения антропоморфного коэффициента драпируемости, измеренного на коротких и длинных пробах, для прогнозирования показателей внешней формы для изучения влияния параметров чертежей на формообразование женских платьев имитационного моделирования их ЦД.

5. Создать инструменты ИМ ЦД тканей на базе нейросетей для измерения усилий растяжения при малых величинах удлинения, жесткости при изгибе, поверхностной плотности и толщины, для генерации ЦД тканей в 3D программах. Разработать библиотеку фотографических 2D и 3D изображений тканей, необходимую и достаточную для генерации ЦД тканей.

6. Разработать конструкцию женского платья для изучения складчатости поверхности, образуемой под влиянием складок разной величины и имеющих разные направления.

7. Разработать метод оценки складчатости поверхности женского платья на основе компьютерного зрения и алгоритм его применения для выбора условий конструктивного моделирования чертежей и обеспечения визуального подобия драпированных платьев из разных тканей.

8. Провести комплексную валидацию разработанных методов оценки драпируемости, параметризации складчатой поверхности, генерации ЦД тканей путем сравнения ЦД и реальных платьев.

Положения, выносимые на защиту

- 1) метод оценки драпируемости, отличающийся антропоморфностью и возможностью воспроизведения условий конструирования и изготовления одежды;
- 2) технология генерации цифровых двойников тканей на бесконтактных неинструментальных измерениях пяти групп показателей;
- 3) модель ИМ складчатой формы платья и коррекции чертежа по признаку морфологической подробности.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки

Теоретическая значимость исследования состоит в развитии основ управления складчатостью морфологически подобных поверхностей однослойной одежды с использованием цифровых двойников тканей, сгенерированных на основе антропоморфного коэффициента драпируемости.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для практики

Практическая значимость выполненного исследования состоит в создании инструментария для получения цифровых двойников тканей и женских платьев, доступного предприятиям лёгкой промышленности, без приобретения дорогостоящего оборудования. Предложенный алгоритм количественного преобразования складчатой поверхности и драпируемости материала в параметры конструктивного моделирования чертежей позволяет существенно сократить затраты на изготовление физических образцов и развивает параметрическое проектирование в индустрии моды. Результаты работы могут быть использованы на швейных предприятиях, в дизайн-студиях, в учебном процессе вузов при подготовке специалистов в области цифрового проектирования одежды, а также для создания новых модулей автоматической оцифровки материалов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Постановка цели и задач исследования обоснована анализом материала литературных источников.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке методологии имитационного моделирования цифровых двойников складчатой поверхности платьев.

Автором получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

Впервые получены следующие научные результаты:

1. Разработан метод для оценки драпируемости тканей, моделирующий условия взаимодействия одежды с антропоморфно подобной поверхностью и позволяющий учитывать влияние конструктивных параметров чертежей плечевой одежды (конфигурацию срезов, габаритные размеры) и реализованный в устройстве.

2. Обоснована концепция создания ЦД тканей при использовании нейронной сети в качестве инструмента ИМ, основанная на формализации входных данных и формализации процесса измерения показателей растяжимости, жесткости, толщины, поверхностной плотности и драпируемости в реальных условиях, использовании референсных фотографий ткани в плоском и складчатом состояниях.

3. Получена регрессионная модель, связывающая морфологию складчатой поверхности женского платья, количественно выраженную через процент светлой площади на фронтальных изображениях, и драпируемость ткани с коэффициентом складчатости, закладываемом на этапе конструктивного моделирования чертежей.

Достоверность полученных результатов исследований подтверждается использованием поверенного лабораторного оборудования и стандартизированных методик для получения эталонных значений; большим объемом экспериментальных данных; применением современных методов математической статистики; высоким уровнем корреляции данных при сравнении виртуальных и материальных образцов, а также положительной апробацией работы на международных конференциях.

Использованные в работе методы и средства обеспечили качество результатов решения прикладных задач, для которых применены метод компьютерного зрения (программа ImageJ); методы физико-механических испытаний тканей (растяжение при малых нагрузках на разрывной машине MetroteksMT110-G, жесткости при изгибе модифицированным консольным методом, определение коэффициента драпируемости по методу Cusick); методы 3D-моделирования и симуляции (программы Style3D, Rhino-7); методы корреляционного и регрессионного анализа (SPSS, Graphpad); методы статистической обработки данных (расчет MAPE, доверительных интервалов, дисперсионный анализ ANOVA); методы машинного обучения нейронных сетей (GPT-5.1, Gemini3Pro, Grok-4.1, Qwen3-Max); виртуальные и физические эксперименты. Для 3D-печати устройства для вычисления антропоморфного коэффициента драпируемости использована технология фотополимерной печати.

Личный вклад автора

На всех этапах выполнения работы автор под руководством научного руководителя принимал личное участие в постановке цели и формулировке основных задач исследования, в планировании и проведении экспериментов, обсуждении полученных результатов, формулировании выводов и проверке гипотез, подготовке материалов публикаций совместно с соавторами. Доля соискателя в опубликованных работах составляет от 63 до 80 %.

Краткий анализ содержания работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 175 наименований и двух приложений. Общий объем работы составляет 214 страниц машинописного текста, включая 36 рисунков и 25 таблиц. Оригинальность текста диссертации составляет 99,91 %.

На первичном этапе автором дана общая характеристика работы и обоснована актуальность исследования, сформулированы цель и задачи, приведены сведения о научной и практической значимости.

В первой главе «Современное состояние исследований цифровых двойников текстильных материалов и одежды» для достижения поставленной цели автором проведён анализ актуальных тенденций и разработок с фокусированием внимания на способах оценки и применения драпировочных свойств текстильных материалов с учётом применяемых физических устройств и виртуальных испытаний драпируемости. Автором рассмотрено современное состояние измерения параметров текстильных тканей с применением технологий искусственного интеллекта, а также функциональность и потенциал развития исследований цифровых двойников текстиля и одежды на основе 3D-моделирования. В результате выявлены ключевые проблемы генерации цифровых двойников, недостаточность методов прогнозирования формы одежды и коррекции параметров лекал на основе драпируемости, сформулированы задачи дальнейшего исследования.

Во второй главе «Объекты и методы исследования» автором сформирована обеспеченность программной экспериментально-физической среды для решения поставленных задач; обоснованы модели искусственного интеллекта, методы анализа изображений, методы оценки физико-механических свойств тканей с учетом методологии оценки согласованности прогнозирования параметров и статистической проверки данных.

Третья глава «Проектирование и реализация нового устройства для испытания драпируемости» посвящена разработке нового подхода и его практической реализации в определении параметров драпируемости тканей для швейных изделий в виде физического прототипа устройства (драпометра) по новому методу и его виртуальной версии, для чего разработаны соответствующие методики испытаний и алгоритмы.

Четвертая глава «Построение и валидация цифровых двойников тканей на основе измерений с помощью искусственного интеллекта» сосредоточена на разработке процесса построения цифрового двойника ткани с помощью ИИ параметров, для чего автором создан набор изображений и система кодирования параметров для измерений с помощью искусственного интеллекта, выполнена процедура формирования и калибровка протокола промпта для измерений в условиях технологий искусственного интеллекта с последующей валидацией на уровне швейного изделия.

Пятая глава «Прогнозирование формы платья» отражает выполненные автором процедуры по созданию и применению модели прогнозирования и валидация параметров формообразования базового платья, для чего выполнено исследование драпируемости платьев с коррекцией чертежей складчатого платья на основе реакции в грациях серого и коэффициента драпируемости ткани.

Далее автором представлены выводы и рекомендации по работе, список литературы и ряд приложений.

Публикации

Основные результаты диссертации опубликованы в 7 печатных работах, из которых 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, одна статья в издании, индексируемом в базах Scopus, и 4 в материалах конференций.

Все обозначенные аспекты в комплексе подтверждают авторитетную степень обоснованности, новизны и достоверности полученных автором результатов.

В целом, рассматриваемая диссертационная работа имеет внутреннее единство структуры. Полученные результаты исследования обоснованы и соответствуют поставленным целям и задачам.

Представленные материалы исследований имеют достаточную степень обоснованности выдвинутых диссертантом положений, выводов и рекомендаций. Качество оформления, язык и стиль автореферата и диссертации соответствуют требованиям. Автореферат и опубликованные автором работы отражают содержание диссертационной работы.

Замечания и вопросы по работе

При общем положительном впечатлении, которое оставляет диссертационная работа Чэнь Чэньюй, при ее прочтении возник ряд вопросов и замечаний:

1. Просьба пояснить, какими критериями в контексте поставленных целей работы обусловлена выборка экспериментальных тканей для платьевого ассортимента, представленная в таблице 2.1.
2. Следовало актуализировать в исследовании обозначенный в работе стандарт ASTM D1777-96, который уже отменен, и использовать действующий ASTM D1777-2026.
3. Из материалов диссертации (глава 2) осталось недостаточно ясно, какой комплекс требований к техническим устройствам получения и передачи изображений введен в методологию работы для исходного ограничения уровня аппаратного шума, чтобы случайные флуктуации в области складок ткани не распознавались искусственным интеллектом как сторонние признаки или дефекты. В рамках данного замечания целесообразно также учесть рекомендации ГОСТ Р 71484.2-2024 «Искусственный интеллект. Качество данных для аналитики и машинного обучения. Часть 2. Показатели качества данных».
4. Чем обоснован выбор для исследования опорного размера женской фигуры 160/84, которая использована в качестве референтного размера? И, соответственно, каким образом предусмотрена интеграция получаемых результатов в систему типовых размеров женских фигур по российским стандартам?
5. Какие условия и технические допуски должны быть введены для распространения моделей и зависимостей, полученных в работе экспериментально на ограниченной выборке текстильных материалов, на применение метода виртуальных измерений драпируемости тканей других комбинаций состава и свойств.
6. Из анализа валидации разработанного метода не достаточно ясно, какие установленные показатели позволили оценить робастность промпт-протокола при генерации цифровых двойников для текстильных материалов, параметры которых (состав, плотность, толщина, переплетение) находятся за пределами исходного датасета?
7. Исходя из выводов о результатах обработки данных физико-технических характеристик материалов с помощью моделей ИИ, автором выделен GPT-5.1 как обеспечивающий наиболее сбалансированную структуру выходных значений среди четырех протестированных моделей. Просьба уточнить, какие именно элементы архитектуры GPT-5.1 обеспечивают это преимущество и как его можно учесть в промпт-протоколе, чтобы другие модели ИИ, не обладающие таким механизмом, могли воспроизвести улучшенный результат?
8. Следует отметить, что при значительном охвате вниманием иностранных публикаций, положенных в основу работы, труды российских учёных в общем списке литературы диссертации практически не представлены.

Вместе с тем, следует отметить, что высказанные замечания и вопросы не снижают общего положительного впечатления от диссертации.

Считаю ценным то, что представленные в работе исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда по гранту РНФ № 25-11-00022 "Технология виртуальных испытаний текстильных материалов для 3D моделирования одежды".

Степень завершённости работы

Представленная Чэнь Чэньюй диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом.

Научные публикации по теме диссертации представлены в авторитетных изданиях. Представленные экспериментальные и теоретические материалы имеют доверительную степень обоснованности выдвинутых диссертантом положений, выводов и рекомендаций.

Автореферат в достаточной мере отражает содержание диссертации.

Работа имеет внутреннее единство и логический стиль изложения.

Работа соответствует следующим пунктам паспорта научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности:

- 7. Цифровое прогнозирование, математические методы, информационные технологии моделирования технологических процессов первичной обработки сырья, организации производства и изготовления волокон, нитей, материалов и изделий лёгкой промышленности.

- 8. Технологии имитационного моделирования цифровых двойников волокон, нитей, материалов, изделий легкой промышленности и человеческих фигур.

- 26. Методы системного анализа свойств формы и материалов в проектируемых ИТЛП.

Заключение

В целом, диссертация Чэнь Чэньюй на тему «Имитационное моделирование цифровых двойников женских платьев складчатой формы» представляет собой законченную научно-квалификационную работу. Отмеченные замечания по изложению работы не влияют на положительное заключение по ней. Работа выполнена автором самостоятельно на высоком научном уровне.

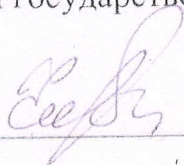
В диссертации изложены научно-обоснованные технологические решения и разработки, относящиеся к проектированию женской одежды с использованием цифровых технологий, направленные на улучшение качества,

конкурентоспособности продукции и имеющие существенное значение для развития швейной промышленности, что соответствует п.9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ.

Чэнь Чэнюй заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности.

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г.Шахты 31 августа 2026 года, протокол № 1.

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Конструирование, технологии и дизайн»
Института сферы обслуживания
и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО
«Донской государственный технический университет» в г.Шахты



И.В.Черунова

Черунова Ирина Викторовна, Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г.Шахты, профессор кафедры «Конструирование, технологии и дизайн», доктор технических наук, профессор.

Контактная информация:

Адрес: 346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, д. 147

Телефон: +7(8636)-23-72-22

E-mail: doc_kafinkid@sssu.ru



31.08.2026