

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет
промышленных технологий и
дизайна» доктор технических наук,
профессор



А.Г. Макаров

«28» ноября 2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» на диссертационную работу **Сулеймановой Елены Александровны «Разработка технологии создания цифровых двойников женских платьев разных силуэтно-объемных форм»**, представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности

Актуальность темы исследования

Швейная отрасль легкой промышленности переживает трансформацию под влиянием стремительного развития цифровых технологий, экологических требований, развития цифровых объектов искусства и популярности метавселенных. В связи с этим ведущие компании-разработчики САПР одежды сосредоточили свои исследования на развитии методов трехмерного проектирования цифровых двойников одежды, улучшении точности и реалистичности виртуальной примерки и внедрении методов глубокого обучения в системы автоматизированного проектирования. Разработка технологий создания цифровых двойников одежды является сегодня не просто инновацией, а насущной необходимостью.

В связи с этим востребованность представленного исследования обоснована необходимостью создания научно обоснованной технологии генерирования цифровых двойников женских платьев, позволяющей существенно сократить цикл «дизайн-производство» и минимизировать количество дорогостоящих физических образцов. Актуальность работы носит ярко выраженный прикладной характер и направлена на повышение экономической эффективности процесса проектирования и конкурентоспособности изделий рассматриваемой ассортиментной группы.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Автором диссертационного исследования разработаны:

- методика получения внешней формы цифровых двойников женских платьев, соответствующих заданным параметрам, на основе рекомендаций по подбору цифрового аватара и манекена, способов конструктивного формообразования женских платьев разных силуэтно-объемных форм и условий проведения примерки;
- методика экспертной оценки двухмерных изображений цифровых двойников женских платьев для проверки их визуальной идентичности внешней форме материальных образцов на основе метода семантического дифференциала.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов

Значимыми для теории и практики являются следующие результаты диссертационного исследования Сулеймановой Е.А.:

- разработаны алгоритмы получения плоских разверток деталей стана визуально различимых моделей женских платьев прямого, овального и трапециевидного силуэтов с разными показателями объемности форм, используемые при генерации цифровых двойников женских платьев;
- разработана схема «градации формы» станов трапециевидного силуэта женской однослойной плечевой одежды, основанная на математическом преобразовании контуров плоских разверток деталей;
- разработана система показателей и критерии оценки цифровых двойников женских платьев на основе формализации проектного образа, выбора цифровой техники и программного обеспечения, выбора способа создания и/или преобразования цифрового двойника, задания параметров и настройки цифрового двойника фигуры и проверки соответствия полученной цифровой формы одежды заданным параметрам;
- разработана система показателей и критерии оценки визуальной идентичности цифровых двойников женских платьев и материальных образцов, позволяющая установить правильность принятых конструкторских решений;
- разработаны рекомендации для задания параметров морфологических признаков цифровых аватаров и выбора манекенов, учитывающие соответствие изгибов шейного и поясничного отделов позвоночника, наклонов плечевых скатов, а также конфигураций контуров сечений тел по основным конструктивным поясам, которые в дальнейшем можно учитывать при совершенствовании процесса оценки качества посадки одежды;
- создана цифровая база данных двухмерных и трехмерных цифровых моделей женской однослойной плечевой одежды разных силуэтно-объемных форм;
- разработана технология создания цифровых моделей одежды на основе базы данных плоских разверток деталей и симуляций женской однослойной плечевой одежды разных силуэтно-объемных форм, методов преобразования

силуэтно-объемной формы приемами конструктивного моделирования и системы оценки результата цифрового проектирования.

Результаты диссертационной работы успешно прошли апробацию в ООО «Сервис МК» (г. Казань) и внедрены в производство ООО «Харизма» (г. Казань). Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии составляет 2,7 млн. руб. Полученные результаты могут быть использованы в образовательном процессе вузов при подготовке специалистов отрасли, в работе практикующих конструкторов одежды и совершенствовании систем автоматизированного трехмерного проектирования.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложений. В тексте приведены ссылки на 166 литературных источника. Работа изложена на 349 страницах машинописного текста (с приложениями), содержит 117 рисунков и 38 таблиц.

Во введении автор обосновывает актуальность темы диссертации, формулирует цель и задачи работы, раскрывает научную новизну и практическую значимость полученных результатов, а также описывает структуру исследования.

В первой главе приведены результаты анализа процессов цифровизации модной индустрии и современных технологий проектирования цифровых моделей одежды. Сформулировано авторское определение понятий «цифровая одежда» и «форма цифровой одежды». Определены формы представления двумерных и трехмерных моделей. Описаны субъекты и объекты процесса проектирования цифровых трехмерных моделей одежды. Рассмотрены методы и средства создания внешней объемно-пространственной формы цифровой одежды, установлены элементы ее цифрового представления. Формализованы технологии создания 2D и 3D моделей цифровой одежды. Выявлена ключевая проблема, связанная с необходимостью совершенствования технологий создания цифровых двойников для одежды различных силуэтов и объемов, что определило цель и задачи исследования.

Во второй главе определены объекты исследования: аватары цифровой среды, манекены типовых женских фигур, плоские развертки деталей женских платьев прямого, трапециевидного и овального силуэтов различного объема, форма цифровых двойников и материальных прототипов с описанием характеристик. Обоснован выбор методик, оборудования и программного обеспечения для проведения исследования.

Автором представлены результаты сравнительного анализа манекенов типовых фигур и аватаров программ трехмерного проектированию и даны рекомендации по их совместному использованию. Установлено, что при создании цифровых двойников плечевой одежды свободных форм необходимо обеспечение соответствия манекенов и аватаров в области опорной поверхности в изгибах шейного и поясничного отделов позвоночника, наклоне плечевых скатов.

В главе приведены алгоритмы получения конструкций 12 визуально различных моделей женских платьев различных силуэтов и объемов с учетом инструментальной базы программ трехмерного проектирования и приемов формообразования изделий. Создание моделей трапецевидного и прямоугольного силуэтов разных объемных форм произведено на основе полученной авторами базовой конструктивной основы лифа прилегающего силуэта с применением различных приемов конструктивного моделирования – параллельное и коническое расширение. Модели овального силуэта разных объемов спроектированы на основе модельной конструкции прямого силуэта малой формы. Представлено математическое описание контуров полученных деталей. Предложена «градация формы» контуров плоских разверток деталей станов трапецевидного силуэта.

С целью визуализации внешней формы изготовлено 12 материальных образцов и созданы их цифровые двойники в программе Clo3D с учетом подобия свойств материалов. Проведены результаты примерки в цифровой и реальной средах.

В третьей главе представлены результаты эксперимента по оценке соответствия цифровых двойников заданным параметрам и их визуальной идентичности материальным образцам, описана разработка базы данных цифровых разверток и трехмерных двойников женских платьев, и новая технология их создания.

Разработанная система показателей и критериев для экспертной оценки цифровых двойников включает пять групповых показателей с единичными показателями и весовыми коэффициентами, и позволяет количественно оценить не только соответствие конечного результата заданным параметрам, но и результат каждого этапа их проектирования: формализацию проектного образа, выбор цифровой техники и программного обеспечения, выбор способа создания и/или преобразования цифрового двойника, задание параметров и настройка цифрового двойника фигуры, генерация цифрового двойника. Определено четыре уровня достижения результата.

Для оценки визуальной идентичности цифрового двойника и материального образца автором разработана методика, заключающаяся в экспертной оценке двумерных изображений внешней формы по семи показателям и ее количественной интерпретации с использованием метода семантического дифференциала. Выделены пять степеней визуальной идентичности, согласно которым спроектированные цифровые двойники имеют полную или высокую степень визуальной идентичности.

С целью обоснования достоверности результатов, полученных методом экспертной оценки, проведены дополнительные исследования: сопоставление контуров внешних форм женских платьев по двумерным изображениям, анализ рельефа поверхности, геометрии сечений и изометрии цифровых 3D-моделей и сканов материальных образцов. Выявлена корреляция между визуальной идентичностью и отклонениями периметров (ΔP) и площадей (ΔS) контуров.

Определен «интервал визуального безразличия» ($\Delta P = \pm 0 \div 3,5\%$; $\Delta S = \pm 0 \div 13\%$), в пределах которого формы воспринимаются как идентичные.

На основе выявленных расхождений разработаны рекомендации по коррекции разверток и условиям проведения цифровой примерки для повышения реалистичности визуализации и улучшения качества посадки.

Создана база данных цифровых двойников в программе Clo3D. По итогам исследования разработана технология создания и преобразования цифровых двойников, алгоритм которой включает девять этапов.

В четвертой главе приведены результаты апробации технологии при создании цифровых двойников женских платьев из различных материалов в программе Clo3D, при проектировании изделий с использованием программного обеспечения специального (Assyst, Style3D) или общего (3ds Max) назначения, а также результаты внедрения в производство на предприятиях ООО «Сервис-МК» и ООО «Харизма». Апробация подтвердила эффективность технологии, ее универсальность для различных видов одежды и экономическую целесообразность. Расчетный экономический эффект от внедрения составил 2,7 млн. руб.

Заключение диссертационной работы содержит основные выводы по результатам исследования и рекомендации по их использованию. Выводы соответствуют цели и задачам исследования.

В приложениях представлены: акты, подтверждающие внедрение и апробацию разработанной технологии; алгоритм построения и расчет конструктивных участков чертежа базовой конструктивной основы лифа однослойной женской одежды и ее чертеж; графические интерпретации контуров деталей женских платьев разных силуэтно-объемных форм и их математическое описание; фотоизображения примерок материальных образцов изделий на манекены и цифровых трехмерных моделей на аватары; результаты экспертной оценки цифровых двойников женских платьев и визуальной идентичности внешней формы цифровых и материальных моделей женских платьев; рекомендации по устранению дефектов конструктивных параметров плоских разверток деталей женских платьев; изображения наложения цифровых трехмерных моделей и сканов материальных образцов в программе трехмерного проектирования Blender; результаты сравнения внешней формы материального образца и цифровых моделей поясного изделия «юбка-солнце», созданных в программах Clo3D и Style3D.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа Сулеймановой Е.А. соответствует паспорту научной специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности:

– п. 11. Развитие процессов и методов художественного проектирования ИТЛП на основе рациональной размерной типологии населения, требований

ЕСКД, современных информационных технологий, творческих источников и направлений моды;

- п. 15. Разработка процессов выбора, примерки, оценки качества ИТЛП и оценки свойств материалов в реальной и цифровой среде;

- п. 25. Методы и средства теоретического и экспериментального исследования процессов проектирования и изделий дизайна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций соискателя, сформулированных в диссертации

Обоснованность исходных научных положений и гипотез основана на всестороннем анализе фундаментальных и прикладных работ отечественных и зарубежных ученых в области цифрового проектирования одежды, трехмерного моделирования, материаловедения и технологии швейного производства. Выявленные проблемы (отсутствие научно-обоснованных подходов проектирования объемных изделий сложных форм, отсутствие унифицированной технологии, низкая точность виртуальной посадки на типовые фигуры) послужили объективной основой для формулировки цели, задач и научных положений диссертации.

Для подтверждения научных положений использован апробированный комплекс взаимодополняющих методов, что повышает достоверность результатов:

- теоретические методы (системный анализ, классификация, математическое моделирование) позволили структурировать знания о силуэтно-объемных формах и формализовать процесс создания цифрового двойника.

- эмпирические методы (натурный эксперимент по снятию мерок, создание эталонных лекал, изготовление реальных образцов платьев) обеспечили получение достоверных исходных данных.

- экспериментально-расчетные методы (CAD-моделирование, использование специального программного обеспечения для 3D-моделирования одежды, симуляции физико-механических свойств материалов) позволили провести виртуальные испытания и сравнить цифровые двойники с реальными объектами.

Практическая ценность работы подтверждена актами о внедрении результатов исследований на швейных предприятиях. Внедрение разработанной технологии позволяет реально сократить материальные затраты на изготовление опытных образцов и рационализировать процесс конструкторской подготовки производства.

Результаты исследования докладывались и обсуждались на 10 научно-практических конференциях всероссийского и международного уровня. Полученные автором результаты, сформулированные научные положения, выводы и рекомендации отражены в 17 печатных работах, в том числе в 5 статьях в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, в 2 статьях в научных журналах, индексируемых международной базой данных Scopus.

Рекомендации по использованию результатов диссертационного исследования

Новые научно-практические решения автора по разработке методики получения внешней формы цифровых двойников женских платьев, соответствующих заданным параметрам на основе рекомендаций по подбору цифрового аватара и манекена, способов конструктивного формообразования разных силуэтно-объемных форм и условий проведения примерки, а также методики экспертной оценки двумерных изображений цифровых двойников женских платьев для проверки их визуальной идентичности внешней форме материальных образцов на основе метода семантического дифференциала позволяют рекомендовать использование результатов диссертационного исследования Сулеймановой Е.А. для внедрения на предприятиях, разрабатывающих и производящих женскую одежду, и в компаниях, специализирующихся на разработке современных систем автоматизированного проектирования одежды. Согласно актам внедрения результаты работы успешно используются в ООО «Сервис МК» (г. Казань) и в ООО «Харизма» (г. Казань).

Результаты диссертационной работы также могут быть рекомендованы к использованию образовательными организациями при подготовке студентов по направлениям «Конструирование изделий легкой промышленности», «Технология изделий легкой промышленности», «Цифровое проектирование изделий легкой промышленности»: ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова», ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» и др.

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе Сулеймановой Елены Александровны имеются следующие замечания и вопросы:

1. Представляется несколько избыточным объем аналитического обзора, проведённого автором в первой главе (34% по отношению к основному тексту работы), с включением в него достаточно нерелевантной для цели исследования информации, в частности, подробной характеристики формы изделия и его частей, покроев одежды, расчетно-графических и т.н. инженерных (по классификации 70-х гг. прошлого века) методов конструирования (с. 36-42).

2. На с. 80 автором утверждается, что им *«... разработана и формализована единая технология создания и/или преобразования цифровой формы 3D моделей одежды»* (рис. 1.19 и далее рис.1.21, 1.23...1.25). На самом деле на этих рисунках представлены укрупненные алгоритмы выполнения этапов данной технологии, представляющие, по более корректному выражению автора на с. 84, ее *«верхнеуровневую структуру»*.

3. Вводная формулировка к постановке цели и задач работы о наличии «... проблемы совершенствования процесса проектирования цифровых моделей одежды разных силуэтно-объемных форм» не вполне подготовлена текстом первой главы. Также не вполне понятными остались критерии отбора автором объемно-силуэтных решений женских платьев для проведения исследования.

4. Насколько корректным является утверждение автора о соответствии современных манекенов отечественных и, в особенности, зарубежных производителей, требованиям ОСТ 17-474-75 (с. 101)? Данный стандарт (хотя и устаревший) регламентировал не только совокупность параметров, представленную в таблице 2.1, но и проекционные параметры торса типовой женской фигуры.

5. Целый ряд вопросов и замечаний возникает при ознакомлении с содержанием п. 2.2 диссертационной работы:

- чем обоснован выбор в качестве методики построения базовой конструктивной основы платья именно французского метода кройки и шитья П. Женеви?

- почему автором не показана корректировка базовой конструктивной основы платья после проведения виртуальной и натурной примерки образцов, особенно для манекена В, выбранного в качестве контрольного для последующих исследований, а только приведены некоторые ее параметры в таблице 2.7?

- некоторые схемы конструктивного моделирования в таблице 2,7 вызывают сомнение в их корректности, в особенности при переводе и оставлении раствора нагрудной вытачки в пройме с последующим приближенным оформлением линии проймы переда. Недостатки подобного конструктивного решения проявляются в дефектах посадки изделий на фотоизображения материальных образцов изделий прямого и овального силуэтов (см. рис. 29 в,г и 30 в,г с провисшей и деформированной проймой);

- приведенное в п. 2.2. математическое описание первичных плоских разверток деталей разработанных станок женской плечевой однослойной одежды (с. 141-148) не находит своего применения в дальнейшей части исследования. Представляется, что было бы целесообразно указать и обосновать цель его выполнения;

- судя по описанию проявляющихся дефектов моделирования, полученных в ходе реальной примерки на манекен «В» макетов внешней формы изделий разных объемных форм (с. 153-154), автором осознаются конструктивные недостатки разработанных разверток деталей платьев. Почему же им соответствующие (требуемые) корректировки этих разверток с целью получения совершенной внешней формы проектируемых изделий приводятся только в приложениях И и К к работе? Следует отметить, что и после проведенной корректировки конструкции некоторых моделей они остались далеки от совершенства (см., например, рис. 6,7,8,11 приложения К).

6. Сопоставление физико-механических параметров макетной бязи, выбранной для изготовления материальных образцов изделий, и ее цифрового

аналога из библиотеки программы Clo3D показывает их соответствие по трем показателям: волокнистому составу (ХВ-100%), поверхностной плотности (137,7 – 138 г/м²) и толщине (0,35 – 0,41 мм). Вместе с тем, по остальным показателям свойств, в особенности по деформационным характеристикам, в силу различий номенклатуры показателей и методов их оценки, говорить о полном подобии этих материалов не представляется возможным и, следовательно, утверждать в дальнейшем о полной идентичности цифровых двойников и материальных образцов (см. формулировки: «высокая степень идентичности», «совершенно идентичны») можно лишь с некоторыми допущениями.

7. Результаты наложения 2D изображений цифровых и реальных моделей семейства МК2 и МК3 (рис. 3.37, 3.38) внешне напоминают картину существенных различий их баланса на фигуре аватара в профильной проекции (вид справа, вид слева). Очевидно, эти различия проявляются вследствие заданных условий совмещения контуров («...выравнивание по вертикальной оси, совмещение горловин в точках основания шеи»), но как тогда объяснить возникающее при этом несовпадение контуров цифровых моделей и контуров опорной поверхности фигуры аватара? О какой идентичности цифровой и реальной модели далее делаются выводы в таблице 3.10? Или автором анализируется и оценивается только соответствие количественных значений периметров и площадей контуров моделей?

8. В экспериментальной части исследования приведен сравнительный анализ изометрии форм цифровых трехмерных моделей одежды и 3D сканов материальных образцов с использованием программы Gom Inspect Suite (Free) для оценки идентичности воспроизведения геометрического вида и степени объемности формы (рис. 3.47- 3.49). К сожалению, описательный характер результатов проведенного анализа не сопровождается их количественной интерпретацией.

9. Из текста четвертой главы «Экспериментальная проверка разработанной технологии», где приведены данные ее апробации при проектировании изделий из различных материалов, осталось не ясным, исследовал ли автор свойства соответствующих реальных и цифровых образцов материалов, используемых при проведении эксперимента. Изготавливались ли материальные образцы женских платьев для установления визуальной идентичности внешней формы их новых цифровых двойников?

Отмеченные замечания и вопросы в определенной степени снижают восприятие представления результатов работы, но не являются принципиальными в формировании положительного впечатления о работе в целом. Некоторые из них направлены на формирование научной дискуссии в процессе защиты диссертации, что позволит автору дополнительно раскрыть ряд деталей и подробностей работы. В целом, диссертационная работа Сулеймановой Е.А. содержит достаточную совокупность научных и практических результатов, значимых для развития швейной промышленности.

Заключение

Диссертационное исследование Сулеймановой Е.А. обладает научной новизной, теоретической и практической значимостью. Автореферат соответствует логике диссертационной работы и полностью отражает ее содержание. Полученные автором результаты, сформулированные выводы и рекомендации в полной мере обоснованы и подтверждены актами использования разработок на швейных предприятиях.

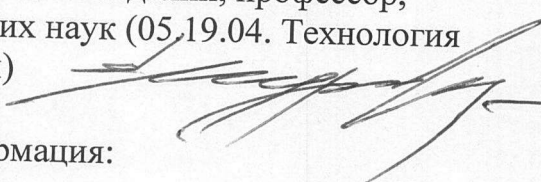
Диссертационная работа Сулеймановой Елены Александровны на тему «Разработка технологии создания цифровых двойников женских платьев разных силуэтно-объемных форм» полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, согласно п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (в действующей редакции), и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное значение для развития технологии производства изделий легкой промышленности, а именно – разработки технологии проектирования цифровых моделей женских платьев с разной силуэтно-объемной формой.

На основании вышеизложенного считаем, что Сулейманова Елена Александровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры конструирования и технологии швейных изделий ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» (протокол № 3 от 26 ноября 2025 г.).

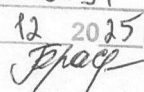
Отзыв составил:

Заведующий кафедрой конструирования
и технологии швейных изделий, профессор,
доктор технических наук (05.19.04. Технология
швейных изделий)

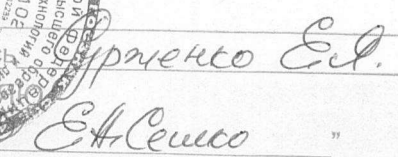
 Сурженко Евгений Яковлевич

Контактная информация:

191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», тел.: +7 (812) 315-75-25, e-mail: rector@sutd.ru, priem@sutd.ru

Вход. № 05-8694
« 08 » 12 2025 г.
подпись 




Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна»