

В диссертационный совет 24.2.312.12 на
базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический
университет»

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
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.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность темы диссертационного исследования Е.А. Сулеймановой не вызывает сомнений и является следствием глобальных трендов цифровой трансформации легкой промышленности. Современный этап развития индустрии моды характеризуется стремительным внедрением технологий виртуального проектирования (CAD/CAM), 3D-моделирования и цифровых двойников. Эти технологии позволяют существенно сократить время и материальные затраты на разработку новых моделей, минимизировать количество физических образцов и обеспечивать более качественную посадку одежды на фигурах разных морфологических типов.

Особую значимость работа приобретает в контексте импортозамещения и адаптации международных технологий под специфику российского рынка. Автор справедливо указывает на ключевую проблему: стандартные аватары (цифровые манекены) в большинстве распространенных программных комплексов (Clo3D, Style3D, MarvelousDesigner и др.) разработаны с учетом антропометрии населения стран-производителей и основных потребителей (Корея, Китай, США) и не учитывают морфологические особенности типовых фигур российских потребителей. Это приводит к систематическим погрешностям при виртуальной примерке, несоответствию цифровых моделей реальным прототипам и снижению эффективности внедрения этих технологий на отечественных предприятиях из-за обоснованного скепсиса конструкторов и дизайнеров.

Таким образом, разработка научно обоснованной технологии создания точных цифровых двойников женской плечевой одежды является востребованной научной задачей и имеет важное значение для повышения конкурентоспособности отечественной легкой промышленности.

2. СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, являются в целом обоснованными и логически вытекают из проведенного комплексного исследования.

ПЕРВАЯ ГЛАВА посвящена обзору современного состояния и направлений совершенствования процессов цифровизации проектирования одежды, анализу трактовок цифровой одежды, способам представления и описания двухмерных и трехмерных моделей цифровой одежды, формулированию цели и задач исследования. В первой главе проведен

исчерпывающий анализ современного состояния проблемы. Соискатель проводит их критический синтез опубликованных работ, выявляя «белые пятна» в исследованиях. В частности, идентифицирован недостаток работ, посвященных именно объемной одежде разных силуэтов (прямой, трапеция, овал) в отличие от хорошо изученных прилегающих и полуприлегающих силуэтов. Проведена четкая терминологическая работа по разграничению понятий «цифровая одежда», «виртуальная одежда», «цифровой двойник», что важно для формирования научного аппарата направления.

ВТОРАЯ ГЛАВА посвящена выбору и обоснованию объектов исследования (аватаров из программ трехмерного проектирования, манекенов типовых женских фигур; чертежей деталей женских платьев разных силуэтов и разных объемных форм), методов, оборудования и компьютерного программного обеспечения для исследования, параметризации чертежей. Во второй главе детально описаны объекты и методы исследования, для которых выбраны типовая женская фигура 164-92-98, три различных манекена и два типа аватаров. Методика сравнения их морфологии путем наложения абрисов и анализа сечений по конструктивным поясам является общепринятой в настоящее время. Это позволило автору констатировать и количественно оценить различия, а также научно обосновать выбор контрольного манекена «В» и аватара «А» для последующих экспериментов.

ТРЕТЬЯ ГЛАВА посвящена генерации цифровых двойников женских платьев с заданными характеристиками внешней формы, оценке их визуальной идентичности, разработке базы данных плоских разверток деталей и цифровых двойников женских платьев разных силуэтно-объемных форм и разработке алгоритма технологии создания и преобразования цифровых двойников женских платьев. В главе разработана новая методика экспертной оценки визуальной идентичности цифровых и материальных образцов с использованием интервалов визуального безразличия. Сформирована база данных цифровых моделей женской однослойной плечевой одежды.

ЧЕТВЕРТАЯ ГЛАВА посвящена проверке отдельных положений разработанной технологии с использованием программ трехмерного проектирования специального (Assyst, Style3D) и общего (3ds Max) назначения для проектирования плечевых изделий.

ПРИЛОЖЕНИЯ содержат достаточную информацию для валидации основных результатов и выводов.

Можно выделить несколько уровней обоснованности результатов:

1) экспериментальное и математическое обоснование. Наиболее сильной стороной работы является сочетание экспериментального моделирования и математического аппарата. Разработанные алгоритмы конструктивного преобразования базовой основы в чертежи разных силуэтов и объемов (таблицы 2.6-2.8) носят прикладной характер и могут быть непосредственно использованы в практике конструкторских бюро. Математические модели плоских разверток, основанные на аппроксимации контуров кривыми второго порядка, и, что особенно ценно, разработанная схема «градации формы» с использованием параметрической вектор-функции, переводят исследование на качественно новый уровень. Это не просто описание эмпирических зависимостей, а создание гибкого инструмента для генерации непрерывного ряда моделей с объемом от минимального до максимального;

2) практическое обоснование. Все теоретические и методические разработки прошли апробацию путем создания 12 материальных образцов и их цифровых двойников. Внедрение результатов на предприятиях Казани и расчет ожидаемого экономического эффекта (2,7 млн руб.) являются веским аргументом в пользу обоснованности и эффективности предложенных решений.

3. ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность результатов обеспечена следующими аспектами:

1) комплексным исследованием в цифровой и реальной средах, что позволило проводить взаимную верификацию данных;

2) применением современных программ Clo3D, Style3D, Adobe Illustrator, 3D-сканера TexelPortal MX, разрывной машины Shimadzu;

3) репрезентативностью экспериментальной базы: исследование охватывает 12 моделей платьев (три силуэта и четыре силуэтно-объемных формы), что является достаточной базой для формирования статистически значимых выводов для данного вида одежды;

4) корректным использованием методов аппроксимации, интерполяции и численного интегрирования;

5) апробацией и внедрением путем публикации 17 работ, в том числе в изданиях из перечня ВАК и Scopus, и проверки на промышленных предприятиях.

4. НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ НОВИЗНА И ЗНАЧИМОСТЬ

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана комплексная методика проектирования цифровых двойников женских платьев разных форм, интегрирующая адаптацию цифровых аватаров под морфологию российских типовых фигур; алгоритмы конструктивного моделирования и математического описания чертежей деталей силуэтов «трапеция», «прямой» и «овал» разной степени объемности; систему оценки визуальной идентичности.

2. Предложен и апробирован новый методический подход к экспертной оценке визуальной идентичности цифрового и материального образцов женских платьев на основе метода семантического дифференциала, формализующий субъективное восприятие экспертов.

3. Разработаны параметрические математические модели плоских разверток деталей, позволяющие осуществлять градацию будущей формы платьев путем плавного изменения объема изделия в заданном диапазоне на основе интерполяции радиус-векторов точек контура.

4. Создана и формализована единая технология создания цифровых двойников, представляющая собой пошаговый алгоритм от постановки цели до получения и верификации конечного результата.

Практическая значимость работы подтверждена актами внедрения и заключается в следующем:

1. Разработаны конкретные рекомендации для конструкторов по заданию параметров аватаров и выбору манекенов, учитывающие российскую антропологию.

2. Создана база данных цифровых моделей плоских разверток и 3D-двойников женских платьев, которая может быть использована в учебном процессе и на производстве.

3. Разработанная технология позволяет предприятиям сократить издержки на этапе проектирования за счет уменьшения количества физических примерок, ускорить вывод новых моделей на рынок и повысить качество посадки одежды.

4. Материалы диссертации могут быть использованы для совершенствования существующих и разработки новых отечественных САПР.

5. ЗАМЕЧАНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Несмотря на отмеченный уровень работы, при изучении материалов (диссертации и автореферата) возникли следующие вопросы и замечания.

1. Соискатель утверждает о разработке методики получения внешней формы цифровых двойников женских платьев (с.10). Внешняя форма трехмерных объектов может быть описана только в трехмерной системе координат, а в случае выбранного объекта исследования - в виде системы «фигура + платье». В работе соискатель оперирует только с проекциями платьев в декартовой системе координат. Поэтому правильнее было бы говорить о методике получения проекций внешней формы или использовать используемое в научной литературе обозначение 2,5D, которое объединяет работу с несколькими проекциями трехмерной формы.

Замечания по главе 1

2. Объем первой главы составляет 76 страниц (с.18 – 94), что превышает разумные пределы.

3. Представляется странным, что в столь объемном обзоре не упоминается результаты научной школы Ивановского государственного политехнического университета (сокращенное название ИВГПУ), которая занимается вопросами цифрового проектирования с 2001 года в разных областях: цифровой антропометрии, симуляции систем «фигура-одежда», цифровой квалитметрии внешнего вида, разработки программ трехмерного проектирования, в частности, BustCAD.

4. Вряд ли является уместным для диссертационной работы столь подробное описание структуры одежды (с.36-41), повторяющее общеизвестные истины.

5. Содержание подраздела 1.3.2 «Взаимосвязь внешней формы фигуры человека и внешней формы цифровой одежды» не соответствует его названию.

Замечания по главе 2

6. Выбор в качестве субъекта проектирования только одной женской типовой фигуры второй полнотной группы базового размера 164-92-98 (с.95) и одного вида материала (макетная бязь, с.112) явно недостаточен и вызывает закономерный вопрос о возможности широкого применения полученных результатов. Например, для повышения универсальности технологии было бы полезно исследовать влияние более широкого спектра материалов (например, стрейчевых, трикотажных, материалов с высокой драпируемостью) на точность цифрового двойника и скорректировать алгоритмы симуляции.

7. На рис.2.1 представлены фотографии размеченных манекенов, а в табл.2.1 – величины размерных признаков выбранной фигуры. Каким образом соискатель на основании данных табл. 2.1 идентифицировал рост манекена?

8. На рис.2.1 не расшифрованы обозначения «Манекен А», «Манекен Б», «Манекен В», а на рис.2.2 – «Аватар А» и «Аватар Б», что делает невозможным визуальный анализ изображений.

9. Для сравнения сечений (табл.2.2 и 2.3), абрисов аватаров (рис.2.5), манекенов (рис.2.6), аватаров и манекенов (рис.2.7-2.10) соискатель использовал графоаналитический метод совмещения. Параметризация совмещенных изображений выполнена только по углу наклона плечевых скатов (с.108), а остальные участки описаны словесно. Чем руководствовался соискатель для установления различий между сравниваемыми объектами, в частности, указывая на «незначительные отклонения по показателям положения корпуса и высоты плеч (с.110)»?

10. Техническое задание в табл. 2.4 и 2.5 (с.112-115) не содержит конкретных и проверяемых рекомендаций, а включает неконтролируемые вербальные термины типа «малый», «большой», «нормальные» и др. Позднее соискатель ссылается на техническое задание, указывая о достижении параметров форм (с.119) и воспроизведения характеристик в готовых изделиях (с.153).

11. Непонятен выбор без научной аргументации методики конструирования, названной соискателем «французский метод» (с.116).

12. Соискатель для используемой в работе макетной бязи указывает поверхностную плотность 138 г/м^2 (с.117) и другие показатели (табл.2.13). Позднее (с.155-157) соискатель приводит показатели ближайшего аналога из библиотеки программы Clo3D в табл.2.14 и на рис.2.32. Как согласуются между собой показатели из табл. 2.13 и 2.14? Каким образом измеренные соискателем показатели были использованы для выбора цифрового двойника из библиотеки программы Clo3D согласно рис.2.32?

13. Внешний вид одетой на аватар базовой конструктивной основы (рис.2.14) не соответствует по длине ее схеме на рис.2.13, а конструктивное моделирование в табл.2.6-2.8 соискатель выполняет на базовой конструктивной основе лифа, которая отличается от схемы на рис.2.13.

14. Приведенные в табл. 2.6-2.8 алгоритмы конструктивного моделирования базируются на комбинации конструктивных прибавок, величины которых не обоснованы с позиций желаемых параметров проектируемой объемно-силуэтной формы платьев.

Замечания по главе 3

15. Соискателем разработана методика экспертной оценки визуальной идентичности внешней формы цифрового двойника женского платья материальному изделию (разд.3.2) с использованием семи показателей: идентичность внешних форм по геометрическому виду; идентичность внешних форм по величине; идентичность внешних форм по массе; идентичность фактуры материала; идентичность пластичности материала; идентичность количества фалд поверхности формы; идентичность формы и направления фалд поверхности формы. Часть показателей могут быть измерены инструментально, а часть показателей только оценены субъективно. Каким образом можно добиться идентичности результатов оценки разными экспертами?

16. Метод семантического дифференциала, бесспорно, ценен, но его можно дополнить более объективными, инструментальными методами сравнения, например, 3D-сканированием материальных образцов и последующим наложением 3D-сеток цифровой и отсканированной модели с автоматическим расчетом среднеквадратичного отклонения.

17. Соискателем разработан алгоритм технологии создания и преобразования цифровых двойников женских платьев разных силуэтно-объемных форм (разд.3.4). Представляет научный и практический интерес относительно универсальности созданной базы данных плоских разверток деталей женских платьев разных силуэтно-объемных форм и приемов их преобразования в разные силуэтно-объемные формы. Каким образом следует учитывать показатели свойств текстильных материалов, размерный вариант фигуры и показатели проектируемой формы при использовании алгоритма?

18. При сравнения цифровых и реальных моделей в табл.3.10 (а позднее и в табл. 3.12) соискатель экспериментально подтвердил два уровня визуальной идентичности «высокая степень идентичности» и «совершенно идентичны». На с.194 добавлены еще два уровня «умеренная степень идентичности» и «низкая степень идентичности» без экспериментального подтверждения.

19. Непонятной с научной и методологической точек зрения является генерация женской юбки-солнце (с.243-246), поскольку этот эксперимент, заявленный как проверка разработанной технологии, абсолютно не согласован с содержанием главы 3.

20. В диссертации нет сравнения разработанной технологии с другими известными решениями.

Замечания по терминологии

21. Слово сочетание «конструктивно-композиционное решение» (с.110) неверно, поскольку конструкция является элементом композиции. Правильным будет термин «художественно-конструктивное решение».

22. Стиль написания диссертации в некоторых местах не является научным и единообразным. Например, небольшой абзац на с. 144 «Представленный интеграл был проанализирован численным способом. Для этого параметр T варьировался с равномерным шагом 0,02. И оценивалось приращение удлинения. Полученный график представлен на рис. 2.22» состоит из четырех предложений. А огромный абзац на с.207 «Попарное сравнение цифровых форм цифровых двойников и материальных образцов семейства МК1, МК2 и МК3 (рис. 3.47-3.49) позволило сделать следующие заключения, что: 1) цифровые двойники и материальные образцы имеют похожие объемно-пространственные формы выше грудного конструктивного пояса, т.к. данная поверхность для моделей является опорной и на данном участке имеется наибольшая степень прилегания изделия к поверхности субъекта проектирования, за исключением моделей МК1_4 и МК2_2; 2) объемно-пространственные формы цифровых двойников и материальных образцов в целом воспроизводят идентичный геометрический вид спереди и сзади; 3) формообразование рельефа поверхности цифровых двойников и материальных образцов в области

наибольшего соприкосновения модели с опорной поверхностью субъекта проектирования подобно, о чем свидетельствуют изображения моделей семейства МК1 (на видах сзади и спереди) и модели семейств МК2 и МК3 (на видах слева, справа и сзади), однако в зоне свободного формообразования цифровой материал имеет отличную от материального формообразующую способность: на видах спереди фалды цифровых двойников семейства МК1 имеют выпуклую форму, а материальных образцов – выпукло-вогнутую, а на видах сзади геометрическая форма фалд цифровых двойников и материальных образцов идентична – выпуклая. Таким образом, сравнительный анализ внешней формы цифровых 3D форм моделей женской однослойной плечевой одежды разных силуэтно-объемных форм в программе Gom Inspect Suite свидетельствует о том, что объектно-инструментальный функционал программы Clo3D достаточно хорошо воспроизводит геометрический вид и степень объемности, однако ориентация поверхностей форм проектируемых изделий в пространстве и их рельеф (особенно трапециевидного силуэта как больших, так и малых объемов в зоне свободного формообразования) может иметь визуальные и геометрические отличия от аналогичных характеристик реальных образцов проектируемых изделий» состоит из двух предложений. Непостоянство стиля изложения затрудняет восприятие материала.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИИ КРИТЕРИЯМ

Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствующие о личном вкладе соискателя.

В диссертации приведены сведения о практическом использовании научных результатов.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы.

Диссертационная работа Сулеймановой Е.А. соответствует следующим направлениям исследований, изложенных в паспорте научной специальности 2.6.16. «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности»:

11. *Развитие процессов и методов художественного проектирования ИТЛП на основе рациональной размерной типологии населения, требований ЕСКД, современных информационных технологий, творческих источников и направлений моды*, поскольку напрямую ориентирована на совершенствование процессов художественного проектирования (создание моделей платьев разных силуэтов) с использованием современных цифровых технологий и их адаптации под рациональную размерную типологию российского населения;

15. *Разработка процессов выбора, примерки, оценки качества ИТЛП и оценки свойств материалов в реальной и цифровой среде*, поскольку соискателем разработана и апробирована технология, которая включает процесс выбора цифрового аватара, процесс цифровой примерки и сравнения с реальным образцом, методику оценки качества и визуальной идентичности цифрового двойника и оценку свойств материала (макетной бязи) и их цифровой интерпретации.

25. *Методы и средства теоретического и экспериментального исследования процессов проектирования и изделий дизайна*, поскольку соискателем разработаны методики оценки результата процесса цифрового проектирования двухмерных и трехмерных моделей одежды и экспертной оценки двухмерных изображений цифровых двойников женских платьев для проверки их визуальной идентичности внешней форме материальных образцов.

Диссертационная работа Сулеймановой Елены Александровны является завершенным, целостным научно-квалификационным исследованием. В ней содержится решение актуальной научной задачи, имеющей существенное значение для развития отрасли – разработка технологии создания цифровых двойников женской плечевой одежды,

обеспечивающей высокую степень идентичности виртуальных и реальных образцов с учетом антропометрических особенностей российского потребителя.

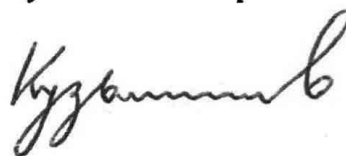
Результаты диссертации представляют собой новое, научно обоснованное технологическое решение, имеющее существенное значение для развития легкой промышленности и цифровой экономики России.

Диссертация Сулеймановой Елены Александровны соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842 (в действующей редакции), а ее автор Сулейманова Е.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности.

Официальный оппонент – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой конструирования швейных изделий ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»

8 декабря 2025 года

Кузьмичев Виктор Евгеньевич



Кузьмичев Виктор Евгеньевич – доктор технических наук (05.19.03 «Технология текстильных материалов»), профессор, заведующий кафедрой конструирования швейных изделий ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», 153000, г. Иваново, Шереметевский проспект, д. 21, телефон +79206722067, e-mail: wkd37@list.ru

Подпись Кузьмичева В.Е.
Заведующий

Вход. № 05-8699
«08» 12 20 25г.
подпись *Фрас*

