

**В Диссертационный совет Д 212.144.01
при ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1**

**ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
доктора технических наук, профессора Черуновой И.В.**

**на диссертационную работу
ГЕТМАНЦЕВОЙ Варвары Владимировны**

**на тему «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ
ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ»,**

**представленную на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности
05.19.04 - «Технология швейных изделий»**

Актуальность темы диссертационной работы

Современное развитие лёгкой промышленности имеет один из важнейших векторов – обеспечение конкурентоспособности производства с формированием устойчивости отрасли при ее интеграции в мировую систему. Интеграция отрасли в мировую систему формирует требования интенсивного развития цифровизации технологий проектирования швейных изделий, для которых настало время реализации не только функций защиты человека и его социальной идентичности, но и поддержки био- и психологического комфорта. Это требует создания и внедрения интеллектуальных технологий и на стадиях проектных работ, и непосредственно в технологические процессы реализации инженерных решений. Такие векторы технологического развития швейной промышленности позволят содействовать созданию экосистемы цифровой экономики и повышению конкурентоспособности данной отрасли на глобальном рынке.

Данная концепция имеет особое значение в аспекте реализации Стратегии развития промышленности РФ до 2035 г., а также Национальной программы развития цифровой экономики РФ.

Поэтому представленная диссертационная работа, посвященная разработке технологии интерактивного клиенто-ориентированного проектирования швейных изделий, является актуальной и решает важные научные и практические задачи интеллектуализации швейной промышленности.

Цели и задачи исследований

Целью работы является решение научной задачи интеллектуализации виртуального проектирования конструкций и технологии изготовления одежды средствами параметризации и автоматизации для создания принципиально новых

конструкторско-технологических решений и выпуска швейных изделий, отличающихся востребованными оригинальными или заданными функциями, в наибольшей степени соответствующей персонифицированным ожиданиям потребителей.

Объектом исследования является процесс виртуального проектирования конструкций и технологии изготовления одежды.

Предмет исследования составляют двухмерные и трехмерные эскизы моделей одежды, виртуальные модели типовых и индивидуальных фигур, конструкций изделий и образцов одежды, технологии изготовления материалов и изделий из них.

Для достижения цели поставлены и решены следующие задачи:

- изучены и систематизированы подходы к интеллектуализации систем, процессов и объектов проектирования;
- изучены инженерные и параметрические подходы к проектированию промышленных изделий и возможности их интеграции;
- исследованы взаимосвязи между параметрами, описывающими фигуру человека, конструкцию и пространственную форму проектируемой одежды;
- исследовано влияние некоторых характеристик материалов на конструктивно-технологические параметры изделия в процессе виртуального проектирования одежды;
- разработана интегрированная система интерактивного проектирования конструкций и технологии изготовления швейных изделий с учетом особенностей производства и заданного уровня интеллектуальных поддержек;
- предложена технология изготовления «умной» (интеллектуальной) одежды на примере определенного функционального ряда.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для науки

Для развития теоретических аспектов науки в технологии швейных изделий имеют значение представленные автором теоретические положения нового подхода к проектированию одежды в виртуальной среде на основе формализации эмпирического инженерного опыта и интеллектуализации этапов проектирования одежды, системно реализующих принцип кастомизации объектов проектирования и представленных в виде экспертных систем и баз знаний.

Значение выводов и рекомендаций, полученных в диссертации, для практики

Значение результатов работы для практики является очевидным и заключается в разработанном инструментарии для функционирования на принципиально новом уровне модулей САПР одежды, основанных на предложенном и реализованном автором комплексе способов: преобразования творческого эскиза в технические характеристики проектируемой одежды относительно фигуры человека; описания внешней формы фигуры и готовых образцов одежды и получения графической виртуальной визуализации геометрических особенностей поверхности проектируемых объектов с применением созданной информационно-визуальной базы данных основных графических элементов пространственной формы одежды и алгоритма построения виртуальных моделей одежды разных силуэтов и покроев.

Важным результатом работы для практической инженерии являются научно-обоснованные рекомендации по выбору значений прибавок, конструктивных и технологических параметров, моделей-аналогов и других вариантов конструктивно-технологических решений, формализованных и интегрированных в систему автоматизированного проектирования одежды.

Полученные автором результаты существенно расширили принципиальную функциональность САПР одежды за счет использования пополняемых баз знаний конструктивно-технологических решений и экспертных рекомендаций, в том числе в части новых проектных решений изготовления предметов одежды с применением токопроводящих текстильных материалов, свойства которых управляются за счет технологии применения электропроводной краски; терморегулируемой одежды, определенные зоны которой инкорпорированы микрокапсулами с изменяемым фазовым состоянием; спортивной релаксационной одежды, определенные зоны которой инкорпорированы ароматизированными уменьшающими напряжение центральной нервной системы человека микрокапсулами; одежды, меняющей свою форму поверхности при термическом или электрическом воздействии, реализованной при изготовлении декоративных элементов одежды и отдельных элементов конструкции термоизоляционных костюмов от высоких температур; одежды с применением гибких солнечных аккумуляторов для изготовления экипировки военного назначения с дополнительным энергетическим ресурсом и тактильных информационных экранов для слабовидящих; технологических решений аддитивного изготовления декоративных и формозадающих элементов одежды сложной формы.

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

Постановка цели и задач исследования обоснована анализом значительного материала литературных источников, в том числе работ зарубежных авторов.

Научная новизна работы заключается в следующих научных результатах:

- Разработана научная концепция интеллектуализации промышленного проектирования и изготовления одежды на основе когнитивного подхода, позволяющего учитывать явные, скрытые и перспективные потребности клиентов и создавать принципиально новые продукты и технологии их изготовления.
- Разработана научная концепция интеллектуализации САПР одежды на основе интеграции модулей автоматизации процессов эскизирования, конфекционирования, конструирования и технологической подготовки производства, обеспечивающей возможность использования экспертных рекомендаций, интеллектуальной поддержки принятия решений, технологий искусственного интеллекта и интеллектуального анализа больших данных о потребителях, направленная на производство наиболее конкурентоспособной и востребованной продукции.
- Разработана научная концепция 4D параметризации виртуального проектирования одежды заданной функциональности на основе выявления совокупности параметров, характеризующих объект проектирования, и математического описания зависимостей между ними, что позволяет корректировать как параметры 3D формы объекта, так и его функциональные параметры, обусловленные способом изготовления изделия, при этом изменение любого из параметров

проектируемого изделия приводит к модификации всех взаимосвязанных параметров, что одновременно отражается на визуализации изделия на виртуальной фигуре и позволяет учитывать изменения требований, предъявляемых потребителем.

- Разработаны методы определения и представления исходной информации для виртуального проектирования одежды на основе совокупности установленных моделей преобразования формализуемой информации по распознаванию конструктивных и композиционных характеристик модели в параметры конструкции изделия.
- Разработан метод проектирования конструктивных деталей и декоративных элементов одежды, основанный на совокупности установленных математических моделей, определяющих взаимосвязь параметров эскиза и конструкции, интегрируемых в инструментарий трехмерного графического виртуального отображения.
- Разработан метод описания и построения оцифрованных моделей внешней формы фигуры человека в виде параметрических зависимостей, позволяющих реализовать гибкий алгоритм процесса проектирования одежды на фигуры любых размеров и форм, а также проведение виртуальных примерок.
- Разработана методология художественного проектирования моделей одежды сложных форм и кроев в виртуальной среде, основанная на формировании базы элементов проектных решений творческих задач.
- Предложен алгоритм проектирования принципиально новых проектных решений предметов одежды на основе описания функции объекта, потребности, им удовлетворяемой, и технического решения, интегрирующего достижения и возможности развития технологий, материалов, оборудования, дизайна.

Достоверность полученных результатов

подтверждается согласованностью аналитических и экспериментальных результатов, применением современных методов и средств исследования с доверительным уровнем их точности; опорой на классические научные положения статистической обработки данных, на научные подходы системного и концептуального анализа, группировки и сравнения, агрегатирования и комбинаторики, научной абстракции и прогнозирования, методы прикладной логики, инженерной психологии, вычислительной математики и других разделов математических и инженерных методов исследований; апробацией основных положений диссертации в научной периодической печати и на конференциях, включая ведущие международные конференции, такие как: Korea-China International Conference «Fashion Connecting» (Hangzhou, Zhejiang Sci-Tech University), World Textile Conference «Autex», «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (Москва, РГУ им. А.Н. Косыгина), International Scientific and Practical Conference «Education and science in the 21st century» (Витебск, ВГТУ), «SMARTEX» (Иваново, ИВГПУ) и многие другие, а также полученными патентами, актами внедрения и широкой производственной апробацией.

Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит в общей постановке задачи, выборе методов и направлений исследований, получении, обработке и интерпретации теоретических и экспериментальных данных. При непосредственном участии автора и под его

руководством выполнены все исследования в лабораторных и промышленных условиях, разработаны опытные образцы и производственные партии изделий, в производственный процесс внедрено программное обеспечение и другие объекты интеллектуальной собственности, подготовлены публикации по результатам исследований.

Краткий анализ содержания работы

Представленная диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов по главам и работе в целом, библиографического списка, включающего 452 наименования, 9 приложений, содержит 55 таблицы и 170 рисунков. Объем работы составляет 369 страниц текста без учета приложений.

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 автором проанализированы современные достижения в развитии теории интеллектуализации, обоснованы основные принципы, определяющие требования к интеллектуальным технологиям, системам и объектам. Сформулированы основные принципы организации моделей представления знаний. Автором обоснованы и определены три актуальных типа интеллектуальных систем. Среди них интеллектуальные, экспертные и мультиагентные системы. Обоснована идея интеллектуализации и выделены требования к описанию и форме представления моделей проектируемых объектов. Автором систематизирован анализ современного состояния интеллектуализации САПР одежды и разработана обобщенная концептуальная модель интеллектуализации интегрированных САПР одежды с возможностью использования экспертных рекомендаций и интеллектуальной поддержки принятия инженерных решений. Обосновано и сформулировано направление предложенной концепции на создание интеллектуальных продуктов (одежды), отличающихся принципиально новыми функциями, способными создавать и удовлетворять перспективные потребности человека.

Итогом работы над первой главой стали формулировки подробных выводов, обосновывающих задачи и содержание дальнейших исследований.

Вторая глава посвящена исследованию состояния параметризации и интеллектуализации виртуального проектирования швейных изделий.

Автором аргументированы положения концепции исследований, которые опираются на интеграцию автоматизированных модулей всех этапов проектирования конструкции и технологии изготовления одежды, на внедрение методов интеллектуализации в САПР и на построение информационной составляющей САПР одежды на базе параметрической модели описания объекта проектирования.

Предложен новый алгоритм действий в системе проектирования одежды: сначала создание принципиально новой функциональности объекта проектирования, далее поиск перспективных потребностей клиентов, которые могут быть удовлетворены с помощью этих функций изделий. Функционал проектируемого объекта может быть расширен благодаря изменению уровня новизны проектного решения и предопределению способа его проектирования и изготовления. Разработана концептуальная модель 4D параметризации процесса проектирования геометрических объектов заданной функциональности в обобщенной форме.

Сфокусировано внимание на том, что для повышения эффективности автоматизации процесса и улучшения качества готовых изделий требуется получить параметрический инструмент описания объекта и субъекта проектирования на основе применения математического аппарата.

Третья глава содержит результаты разработки методов определения и представления исходной информации для виртуального проектирования одежды. Представляют интерес разработанные автором схемы структур информации цифрового описания объекта и формирования технического решения, обобщенная информационная модель процесса виртуального проектирования одежды. В рамках работ по распознаванию исходных конструктивных параметров на основе художественного эскиза модели автором предложена последовательность, которая состоит из пяти уровней анализа художественного эскиза. Представлен параметрический инструмент, основанный на расчете масштабного коэффициента, принятого в конструировании, и математических расчетов величины проекционных зазоров, которые преобразуются в значения прибавок и конструктивных параметров.

В рамках исследования исходной антропометрической информации оцифрованы абрисы мужских и женских фигур. На основании анализа геометрических и параметрических характеристик внешней формы фигур выделены основные топографические зоны и получены результаты аналитической аппроксимации графических фрагментов исследуемых поверхностей, которые использованы для проектирования трёхмерных виртуальных манекенов, параметры которых могут варьироваться для фигур разных размеров и телосложения. Такой инструментарий обеспечивает интеграцию информации между объектом проектирования и потребителем проектируемого изделия.

В четвертой главе выполнены работы по созданию метода трёхмерного параметрического проектирования пространственной формы одежды и её двухмерной развертки. Представляет интерес разработанная автором схема метода трёхмерного проектирования швейных изделий. Установлена параметрическая взаимосвязь между параметрами поверхности фигуры человека, поверхности надетой на неё одежды, проекционных зазоров между ними и конструктивными прибавками на свободу облегания. Разработана математическая модель внешней формы женского плечевого изделия и на ее основе топографические фрагменты поверхности плечевого изделия. Для алгоритмизации и последующей автоматизации построения двухмерной конструкции одежды, параметрически взаимосвязанной с трёхмерной моделью внешней формы изделия, сформирована система параметров, необходимых для построения конструкции одежды, и разработан математический аппарат для построения чертежей деталей. Для разработки модельных конструкций одежды выделены и реализованы два основных метода: комбинаторного моделирования и параметрического конструктивного моделирования.

Разработанный способ виртуального проектирования технически реализован на платформе интегрированной САПР одежды «Eleandr», включающей программные модули виртуального эскизного, конструктивного и технологического проектирования.

Глава 5 посвящена разработке методологии художественного проектирования моделей одежды сложных форм и кроев в виртуальной среде. Автором разработаны методы получения, хранения, отображения и преобразования цифровой информации об объекте проектирования. Представлены разработанная концептуальная модель художественного параметрического моделирования одежды

сложных форм; база прототипов трехмерных форм плечевых изделий; метод описания пространственных модельных форм изделия; математические модели, описывающие зависимости внешней формы изделия от различных факторов, а также многомерная информационная модель для расчёта формообразующих параметров поясных изделий, описывающих их внешнюю форму; структура информационного описания конструктивно-декоративных элементов и способ виртуального конструктивного моделирования изделий сложных форм и покроев.

Глава 6 посвящена инновационным технологиям изготовления «умной» одежды с заданной функциональностью. На этом этапе автором разработана схема информационного взаимодействия объекта и субъекта при проектировании одежды. Описан алгоритм проектирования новых проектных решений предметов одежды на основе описания функции объекта с применением баз знаний конструктивно-технологических решений и экспертных рекомендаций.

Ценным содержанием данной части работы являются предложенные технико-технологические решения и информационные ресурсы для проектирования одежды с применением токопроводящих текстильных материалов, терморегулируемой одежды, спортивной релаксационной одежды, одежды с изменяющейся формой поверхности в деталях декора и деталях локальной термозащиты, костюмов с применением солнечных батарей и изделий, форма или декор которых получен на основе аддитивного изготовления деталей подвижной структуры.

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

Публикации

Основные результаты работы опубликованы в 207 научных трудах, в том числе в 3 монографиях, 2 отчетах о НИОКР, 20 учебных пособиях, 46 статьях в рекомендуемых ВАК изданиях, 5 патентах на изобретения и полезные модели, 10 свидетельствах о регистрации программ для ЭВМ и баз данных, в 80 материалах конференций и 41 статье в других научных журналах

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

Представленные теоретические и экспериментальные материалы имеют доверительную степень обоснованности выдвинутых автором положений, выводов и рекомендаций. Качество оформления, язык и стиль автореферата и диссертации соответствуют требованиям. Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

Замечания и вопросы по работе

При общем, безусловно, очень позитивном впечатлении от диссертационной работы при ее внимательном изучении возникли некоторые вопросы и замечания:

1. В работе установлено, что «для решения трудноформализуемой задачи контроля качества проектирования в модуле виртуальной примерки присутствует база методов оценки проектных решений со стороны как производителей, так и потребителей» (стр. 56). Хотелось бы уточнить, позволяет ли данная база в

- цифровом формате в непрерывном режиме проектных работ выполнить оценку качества каждого этапа проектирования, к примеру, оценить динамическое эргономическое соответствие конструкции одежды или термофизический баланс человека в одежде с заданной функциональностью?
2. Автором «в качестве основных принципов, определяющих требования к интеллектуальным технологиям, системам и объектам» выделены такие, как «повышение интеллектуальности для компенсации неполноты, противоречивости, зашумленности или избыточности данных; обоснованность найденных решений независимо от искаженности, зашумленности и противоречивости данных» и другие (стр. 21). К примеру, далее на стр. 152 обозначено, что «Изначальная конкретизация и приближение манекена к реальному рельефу поверхности фигуры человека создаёт избыточное «зашумление» процесса проектирования». Недостаточно ясно, какие введены критерии оценки зашумленности при фильтрации информационного потока и определении достаточности или избыточности массива данных в процессе проектирования одежды в рамках новой интеллектуальной САПР.
 3. В работе акцентировано внимание на «использование интерактивных компьютерных технологий, характеризующих информационную среду не только параметрами графических, анимационных, текстовых изображений, но и других сенсорных выражений: звуков, температуры, тактильности и др.» (стр.77). Какие методологические возможности видит автор для формализации приведенных сенсорных выражений в виде функций и алгоритмов, встроенных САПР одежды?
 4. Автором разработана и представлена структура информации 1-го уровня цифрового описания объекта (рис.3.1, стр.126). Недостаточно ясно, какие именно внешние факторы и посредством каких элементов технологий искусственного интеллекта формируют модели принятия решений при определении внешней формы изделий?
 5. В рамках разработанной обобщенной информационной модели процесса виртуального проектирования одежды (рис.3.4, стр.129) просьба уточнить, в рамках какого блока данной модели заложены исходные параметрические физические данные об ожидаемых условиях окружающей среды и эксплуатационных нагрузок на одежду.
 6. Очень важным результатом работы являются полученные зависимости значений конструктивных параметров от значений конструктивных зазоров (табл.3.7, стр.148). Осталось не ясно, для каких параметрических характеристик материалов женской одежды справедливы установленные функции?
 7. «Для разработки способа построения трехмерного манекена по заданному набору размерных признаков проведено экспериментальное исследование геометрических характеристик внешней формы женских и мужских фигур, при изучении которых были использованы два подхода» (стр. 156). Чем обосновано применение и какие результаты сравнительной оценки точности разных методов для получения единой базы параметризации поверхности фигур: для женщин - исследование фотографических изображений фигур, а для мужчин - исследование изображений фигур, полученных методом 3D сканирования?
 8. Исходя из того, что предложенная «разработка математической модели внешней формы одежды основана на: исследовании геометрии поверхности

- пространственной формы изделий; разработке параметрической модели, описывающей внешнюю форму изделий; математическом описании элементов формообразования одежды» (стр.191), недостаточно ясно, как и с помощью каких моделей учтены комплексные свойства многослойных пакетов материалов, определяющих во многом геометрические характеристики внешней оболочки функциональной одежды?
9. Представленные результаты исследования пяти образцов материалов для женской одежды и разработанные на их основе «коэффициенты многомерной математической модели описания внешней формы одежды» (табл.5.4, стр. 348) включают коэффициент, определяющий свойства материалов, который является «постоянной величиной, зависящей от вида материала и длины изделия». Осталось не ясно, как учитываются в многомерной модели конкретные параметры выбранных образцов даже внутри одного вида ткани или материала другой структуры (разная толщина, плотность, растяжимость и др.), разнообразие которых по видам непрерывно растет?
 10. Графическое отображение параметрических зависимостей, отражающих влияние драпируемости материалов на внешнюю форму рукавов (стр. 278 табл. 5.19), имеет ряд коэффициентов достоверности аппроксимации для представленных линий тренда менее 0,5. Просьба уточнить, является ли это технической опечаткой или было учтено при принятии решений о параметризации коэффициента разведения складчатых деталей одежды?
 11. Важным критерием новой системы проектирования одежды, установленным изначально в работе (стр. 22), обозначен критерий «отказоустойчивость, то есть способность функционировать и сохранять работоспособность при разрыве структурных связей или выходе из строя некоторых элементов». Была ли оценена разработанная система автоматизированного проектирования и каковы результаты оценки по данному критерию?

Вместе с тем следует отметить, что высказанные замечания и вопросы не умаляют обоснованность, научную новизну и практическую значимость работы, а лишь расширяют возможность детального обсуждения и анализа представленной к защите диссертации, не снижая общего положительного впечатления от работы.

Кроме того следует отметить, что представленная диссертация при значительном объеме текста, имеет прекрасный уровень грамотности изложения, логики и иллюстраций.

Заключение

В целом, диссертация Гетманцевой Варвары Владимировны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную автором самостоятельно на высоком научном уровне, в которой содержится комплексное методологическое решение ряда научных и прикладных задач, имеющих значение как для развития цифровых технологий и методов интеллектуализации проектирования одежды, так и для отдельных научных аспектов проектирования и производства продукции, обладающей повышенным уровнем конкурентоспособности и удовлетворенности ею потребителей, а в более общем плане - для технологии швейных изделий. Полученные автором результаты, выводы и рекомендации обоснованы.

По актуальности изученной проблемы, научной новизне, практической и теоретической значимости полученных результатов, их достоверности и обоснованности выводов работа «НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ ВИРТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней (п.9) и паспорту специальности 05.19.04 «Технология швейных изделий» в части пунктов: п.1 «Разработка теоретических основ и установление общих закономерностей проектирования одежды и технологии изготовления швейных изделий», п.2 «Совершенствование процесса и методов проектирования одежды на основе широкого применения современной вычислительной техники», п.3 «Разработка математического и информационного обеспечения систем автоматизированного проектирования одежды», п.5 «Совершенствование методов проектирования одежды с заданными потребительскими показателями», а ее автор Гетманцева Варвара Владимировна заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.19.04 «Технология швейных изделий».

Отзыв рассмотрен на заседании кафедры «Конструирование, технологии и дизайн» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет» в г.Шахты 24 декабря 2020 года, протокол №6.

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

И.В.Черунова

24.12.2020

Контактная информация:

Адрес: ул.Ворошилова, д.37, кв.55, г.Шахты, Ростовская область, РФ, 346527
Телефон: +7-928-9056619, E-mail: i_sch@mail.ru

