

На правах рукописи



Курбатова Марина Андреевна

**ДИЗАЙН И ТЕХНОЛОГИИ
БЕСШОВНОГО ФОРМООБРАЗОВАНИЯ:
ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОНОЛИТНОЙ ФОРМЫ ОДЕЖДЫ
НА ОСНОВЕ FDM-ПЕЧАТИ**

Специальность 17.00.06 – Техническая эстетика и дизайн

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Тольятти – 2021

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Поволжский государственный университет сервиса» на кафедре «Дизайн и искусство» института дизайна, туризма и социальных технологий

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой дизайна и искусства
ФГБОУ ВО «Поволжский государственный
университет сервиса», г. Тольятти
Белько Татьяна Васильевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой дизайна
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный
университет», г. Ижевск
Ившин Константин Сергеевич

кандидат искусствоведения, и. о. заведующего
кафедрой изобразительного искусства, доцент кафедры
изобразительного искусства АНО ВО «Поволжская
академия образования и искусств имени Святителя
Алексия, митрополита Московского», г. Тольятти
Кузнецова Евгения Юрьевна

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический
университет», г. Самара

Защита диссертации состоится «03» марта 2022 г., в 13-00 на заседании диссертационного совета Д 212.144.05, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, дом 33, стр. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» и на официальном сайте www.kosygin-rgu.ru

Автореферат разослан « ____ » _____ 20__ г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, доцент



Новиков Александр Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Цифровизация сегодня затрагивает практически все сферы производства, в том числе и модную индустрию. Появляются инновационные экспериментальные направления малооперационных и малосерийных типов производств, расширяющие диапазон индивидуализированной продукции.

Одним из таких направлений сегодня является разработка бесшовной одежды на основе 3D-печати, преемственность технологических способов формообразования которой встречается задолго до появления технологий кроя и искусства шитья.

На первых этапах развитие бесшовного костюма основано на простейших ручных манипуляциях с растительными стеблями, шерстью и кожей, позволяющих выполнять примитивные накидки произвольной формы из полотна с жесткой структурой. Вследствие развития ручных технологий обработки сырья стало возможным получать полотна с более гибкой структурой и вводить в плоские конструкции пластичные линии и отверстия, усложняющие силуэт одежды. Полученные знания об изменениях свойств материалов (сырья) в ходе их обработки, а также ручных способах выполнения из них плоских форм привело к дальнейшему развитию бесшовного костюма, в основе которого закладывается применение технического инструментария. Появление веретена и ткацкого станка дало возможность получать тонкие и пластичные материалы, позволившие выполнять драпированную одежду методом обертывания. Сегодня совершенствование технологического инструментария позволяет деформировать такие полотна на уровне плоскости (сжатие, растяжение, фальцевание) и выполнять бесшовные костюмы с помощью трансформации и фиксации на фигуре человека. Происходит постепенное усложнение ручных способов формообразования объемных элементов костюма до полной автоматизации процесса производства одежды. Ручные технологии изготовления плоских материалов на основе становления обработки сырья послужили основой для развития способов формообразования объемных элементов костюма: трехмерное связывание и плетение нитей, валяние шерсти по каркасу, формование кожи. Благодаря изобретению и развитию производственных технологий ручной метод изготовления объемных форм способами связывания и переплетения нитей перешел на автоматизированный уровень, позволяющий выполнять одежду путем трехмерного вязания с многовариативным дизайном.

Современный этап ознаменован тем, что наряду с прямым технологическим развитием способов трехмерного формообразования, благодаря расширению материальной и инструментальной базы, происходят и косвенные отражения «низких» технологий в современных экспериментальных направлениях изготовления объемных бесшовных форм костюма с применением технологий аддитивного производства. К примеру, принцип валяния шерсти заложен в современных способах аэрозольного напыления хлопковых волокон по заданному каркасу, идея образования бесшовной объемной формы изделий методом наслоения нитеобразного материала по контуру путем плетения, связывания и вязания отразилась в практических экспериментах использования 3D-принтеров в дизайне костюма.

3D-печать костюма является перспективным направлением, которое активно развивается за рубежом в ключе не только практических, но и теоретических исследований. Это обуславливается возможностью создавать изделия в контексте цифровой среды, которая значительно расширяет диапазон проектных решений с индивидуализированным подходом к дизайну.

Аддитивные технологии могут являться эмерджентным толчком развития и становления бесшовного печатного костюма как отдельного направления в производстве современной одежды. Это возможно только при условии развития исследований, нацеленных на решение такой проблемы, как получение форм костюма с эргономическими свойствами и совершенствования материалов для 3D-печати. В отечественной практике наблюдается лишь начальный этап развития освоения технологий 3D-печати в дизайне костюма, что может объясняться отсутствием какой-либо базы принципов проектирования печатной формы костюма.

Таким образом, актуальность исследования технологий формообразования бесшовной одежды и дизайн-проектирования костюма с использованием технологии 3D-печати, обоснована:

- преимущественностью исторически сложившихся ручных и технологических приемов работы с материалом и современных методов проектирования бесшовных форм костюма;
- необходимостью формирования принципов дизайн-проектирования одежды с использованием технологии 3D-печати, что послужит вектором для дальнейших научно-практических разработок по данному направлению и расширения отечественного ассортимента одежды.

Объектом исследования являются бесшовные структуры форм костюма, **предметом исследования** – методы бесшовного формообразования и дизайн костюма с применением ручных, машинно-ручных, механизированных и автоматизированных технологий.

Цели и задачи исследования

Целью исследования является формирование научной базы, необходимой для дизайн-проектирования печатных структур костюма как отдельного перспективного направления в производстве современной одежды.

Для достижения данной цели необходимо реализовать следующие исследовательские задачи:

1. Проанализировать развитие технологий и методов формообразования бесшовных элементов костюма.
2. Классифицировать современные методы формообразования бесшовных структур костюма и технологий аддитивного производства.
3. Разработать методику дизайн-проектирования костюма с использованием технологии FDM-печати.

Методы исследования

- исторический анализ технологий обработки сырья животноводческой и растениеводческой отраслей, который позволил выявить этапы развития формы бесшовного костюма;

- системный анализ технологий изготовления одежды, используемый на этапе классификации современных методов формообразования бесшовных структур костюма исходя из принципов образования формы;

- структурный анализ технологий аддитивного производства и количественный анализ практического опыта разработки печатной одежды, который показал перспективность направления 3D-печати костюма и его вектор развития;

- сравнительный анализ практического опыта дизайнеров проектирования и изготовления печатной одежды, проводившийся на этапе классификации структурных характеристик печатного костюма;

- экспериментальный анализ технологий цифрового 3D-моделирования и аддитивного производства изделий, позволивший выявить особенности и сформулировать

рекомендации дизайн-проектирования монолитной формы костюма на основе FDM-печати;

– метод наблюдения современных практических экспериментов в сфере 3D-печати, который дал основание предположить перспективные направления развития печатного костюма.

Теоретико-практическая база исследования

Исторический анализ технологий обработки материалов в ключе развития формообразования бесшовной одежды проводился на основе работ Дятчина Н. И., Семенова С. А., Новгородовой Э. А., Руденко С. И., Шейпак А. А., Васильченко А. А., Стоун Дж., Савитова П. А., Шиндлера О. В., Альбедиль М. В. Исследование изменений тектонической структуры одежды в ходе развития технологий обработки материала осуществлялось на литературных источниках, посвященные истории костюма авторов Каминской Н. М., Мерцаловой М. Н., Ермиловой Д. Ю., Киреевой Е. В., а также на основе использования каталога коллекции одежды Музея антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) Российской академии наук и каталога Текстильного музея Канады (Textile Museum of Canada).

Для анализа теоретических и практических исследований технологий и методов формообразования бесшовной или малошовной одежды были рассмотрены научные труды и патенты следующих авторов: Белько Т. В., Козлова Т. В., Петушкова Г. И., Баранова Е. В., Садыкова Ж. А., Манцевич А. Ю., Савватеева Н. С., Зарецкая Г. В., Савельев И. А., Непочатых Е. В., Якимова Е. А., Кутуева Ю. С., Лаврис Е. В., Понсар А. В. и др.

Системный анализ современных методов формообразования бесшовных структур костюма проводился на основе практического опыта таких дизайнеров и брендов, как Александр Маккуин, Джерард Рубио, Пако Рабанн, Карен Ламонт, Ли Ксяй Фенг, Паулин Маркомб, Иджак Эбикейсис, Андреа Джапен Ли, Йоджи Ямамото, Дик Кайек, Лиза Шахно, Юле Вэйбер, Люсия Бенитиз, Линда Томоко, Сигалит Ландау, Диана Шерер, Сьюзан Ли, Маниэль Торрес, Фион ван Балгои, Chloe, Cifra, Victoria's Secret, Donna Karan, Gap и Vanana Republic, GoSt-Barefoots, Issey Miyake и др.

При выполнении сравнительного анализа практического опыта дизайнеров проектирования и изготовления печатной одежды в ходе выполнения классификации типов структур, были рассмотрены проекты дизайнеров Френсис Битонти, Данит Пелег, Милинич-Богданович, Марие Алехандра Мора-Санчес, Минджинг Лин, Ирис ван Харпен, Анук Випрехт, Бенхаз Фарахи, а также брендов Nervous System и threeASFOUR.

Экспериментальный анализ технологий цифрового 3D-моделирования и аддитивного производства изделий, позволивший выявить особенности и сформулировать рекомендации дизайн-проектирования монолитной формы костюма на основе FDM-печати, проводился с использованием программного обеспечения Autodesk 3ds Max и Cura, а также 3D-принтера JG maker Magic.

Научная новизна исследования

Научная новизна данного исследования заключается в формировании научной базы, послужившей теоретическим обоснованием для дизайн-проектирования монолитной формы костюма с использованием аддитивных технологий формообразования.

Положения, определяющие научную новизну исследования:

1) Установлены этапы развития формы бесшовного костюма в ключе технологий обработки сырьевых ресурсов животноводческой и растениеводческой отраслей, технологизации производственных процессов и их концептуальной интеграции с инновационными методами формообразования;

2) Определены основные методологические принципы изготовления бесшовного костюма, которые могут послужить основой для развития новых технологий формообразования;

3) Впервые на основе систематизации теоретических и экспериментально-практических данных выявлены особенности использования технологии FDM-печати при дизайн-проектировании монолитной формы костюма. В ходе практической апробации сформулированы рекомендации по дизайн-проектированию монолитной формы костюма.

Положения, выносимые на защиту

1) Классификационная модель современных методов формообразования бесшовных структур костюма;

2) Алгоритм дизайн-проектирования одежды в аспекте использования аддитивной технологии печати;

3) Результаты апробации исследования: дизайн монолитных форм одежды на основе технологии FDM-печати.

Теоретическая и практическая значимость исследования

Научная и практическая значимость исследования заключается в выявлении особенностей и формулировке рекомендаций использования технологии FDM-печати при дизайн-проектировании монолитной формы костюма, которые могут применяться в практической деятельности дизайнеров в ключе выполнения инновационных форм одежды. На основе результатов исследования выполнены учебно-методические материалы и введены в процесс обучения студентов по направлению подготовки 54.03.03 «Искусство костюма и текстиля» профиля подготовки «Художественное проектирование костюма» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования Поволжском государственном университете сервиса (ФГБОУ ВО «ПВГУС»).

Соответствие паспорту научной специализации

В соответствии с содержанием формулы специальности 17.00.06 «Техническая эстетика и дизайн» – взаимосвязь художественных и технологических факторов, средств, приемов и способов проектирования изделий, процессов; формообразование и структуризация объектов проектирования; связь традиций и современности, выполнено исследование дизайн-проектирования костюма на основе 3D-печати в разрезе анализа развития бесшовных технологий изготовления одежды. Область исследования соответствует следующим областям исследования специальности: 7. «Методы и средства теоретического и экспериментального исследования процессов проектирования и изделий дизайна»; 11. «Методы анализа свойств формы и материалов в проектируемых изделиях»; 12. «Методы формообразования и структурообразования художественных и промышленных изделий».

Апробация и внедрение результатов

1. Основные результаты исследования изложены в докладах на конференциях и форумах международного уровня: IX международной научно-практической конференции «Запад-Россия-Восток», ПВГУС, г. Тольятти, 9–10 апреля 2015 года; международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015)», МГУДТ, г. Москва, 17–18 ноября 2015 года; международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2016)», МГУДТ, г. Москва, 15–16 ноября 2016 года; международного научного форума «Наука и инновации – современные концепции», г. Москва, 26 декабря 2018 г.

2. Исследование представлено в 13 научных статьях, из которых 1 публикация в журнале, входящем в международную базу данных SCOPUS, 5 публикаций в журналах

перечня ВАК, 4 публикации в сборниках материалов научных конференций и форума, 3 публикации в научных журналах.

3. На основе выявленных принципов бесшовного формообразования костюма из пластичной основы, разработана модель одежды, новизна и производственная применимость которой подтверждена патентом на полезную модель: «Трансформируемый круглый модуль одежды» (пат. 177336 Рос. Федерация. №2016127275; заявл.05.07.2016; опубл. 15.02.2018, Бюл. № 5).

Структура и объем диссертации

Структура диссертации состоит из введения, трех глав и выводов по работе, списка литературы и приложений. Объем диссертации - 211 страниц, из которых, включая список литературы, 160 страниц основного содержания работы с 10 таблицами, 4 схемами и 7 рисунками, 51 страница приложений.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, определены объект, предмет, цели и задачи работы, изложены методы и теоретико-практическая база исследования, описана научная новизна, теоретическая и практическая значимость выполненной работы.

В главе 1 «АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ БЕСШОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОСТЮМА» проводился анализ бесшовного костюма и его элементов в ключе исследования взаимозависимого развития технологий обработки сырья и технологий изготовления плоских и криволинейных материалов, диктующие варианты выполнения объемно-пространственной формы изделий.

В ходе проведенного исследования установлено, что развитие бесшовных элементов костюма из сырья животноводческой и растениеводческой отраслей происходило согласно трехэтапного расширения инструментальной базы обработки и способов изготовления материалов:

1. Первый этап развития бесшовного костюма заключается в изготовлении из малообработанного сырья двухмерных полотен путем обвязывания высушенных и вымоченных стеблей и волокон растений, отбивания и соединения полос древесной коры, высушивания шкуры, использования естественно-свалявшейся шерсти, которые служили в качестве примитивных накидок. Полотна получались жесткими и из-за этого крепились на фигуру человека с минимальной степенью прилегания, образуя открытую, объемную конструкцию одежды геометрической или произвольной формы.

2. На втором этапе развития бесшовного костюма форма изделий усложняется за счет становления и совершенствования ручных способов изготовления двухмерных форм одежды с применением технического инструментария, которые позволили выполнять более пластичные материалы:

- появление специальных скребков позволило выделывать из шкуры тонкую кожу, что впоследствии привело к развитию технологии ее расслоения;

- освоение ручного способа валяния благодаря появлению инструментов для стрижки животных, чесания, разрыхления и свойлачивания волокон шерсти позволило задавать выкладкой вариативную толщину шерстяного полотна криволинейной конфигурации с проймой посередине;

- развитие метода переплетения, технологий скручивания и утончения нитей с использованием веретена, прялки и ткацкого станка положило начало освоения

технологии ткачества мягкого и пластичного материала с высоким уровнем драпируемости и возможностью закладывания складок, гофрирования и плиссирования.

3. На третьем этапе развития бесшовного костюма происходила отработка способов изготовления плоского материала на трехмерных элементах костюма (обвязывание, переплетение, вязание, валяние, формование, стягивание). Благодаря использованию специального оборудования, ручные формообразующие манипуляции некоторых методов изготовления элементов костюма преобразовались в автоматизированные процессы производства бесшовной одежды из материала с заданными криволинейными характеристиками: изготовление полуобъемных форм деталей одежды путем трехниточного ткачества, формование кожи; формообразование объемной одежды на основе автоматизированного трехмерного способа вязания.

Усложнение форм костюма происходит по мере совершенствования технического инструментария производственного процесса, при этом, общие принципы воспроизведения изделий не меняются. Из этого следует, что ручные способы трехмерного формообразования могут являться прототипами для изготовления современной одежды с применением высокотехнологичных производственных ресурсов.

В главе 2 «КЛАССИФИКАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ БЕСШОВНЫХ СТРУКТУР КОСТЮМА И ТЕХНОЛОГИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА» анализируются современные производственные и экспериментальные технологии проектирования бесшовных структур костюма, выполняется их комплексная классификация по операционным приемам образования формы. Значительная часть исследования посвящена технологиям аддитивного производства бесшовной одежды (3D-печать), являющиеся косвенной интерпретацией «низких» технологий изготовления одежды и отражающие четвертый этап развития бесшовного костюма

В результате исследования выделены два направления создания бесшовных структур костюма. *Бесшовные структуры одежды формируются путем трансформации и деформации* пластичной основы, *наслоения* нитеобразного, связующего материала или элементов.

Формообразование бесшовной структуры костюма по принципу **трансформации** пластичной основы, под которым понимается тканый или нетканый материал, происходит путем наложения плоского или трубчатого модуля на фигуру человека обертывающим, накидным и опорным способами, а также его фиксации и трансформации за счет введения соединительных систем и прорезных структур. **Деформация** пластичной основы посредством растяжения, сжатия и выполнения изгибов придает форме костюма при ее трансформации дополнительный объем и жесткость. Такие виды деформации как растяжение и изгиб задают складчатую поверхность материала в виде равномерного рельефа или отдельных линейных граней, что позволяет формировать трехмерную структуру костюма по заданным векторным изгибам.

Исследование технологий формообразования бесшовной структуры костюма по принципу трансформации и деформации пластичного материала стало основанием для разработки четырех трансформируемых модулей одежды, форма которых основана на использовании простых геометрических фигур. Новизна и производственная применимость круглого трансформируемого модуля одежды подтверждена патентом на полезную модель «Трансформируемый круглый модуль одежды».

Формообразование бесшовной структуры костюма по принципу **наслоения** основывается на последовательном наложении связующего или нитеобразного материала, а также отдельных элементов, и по способу образования разделяется на коконообразный и

контурообразный способы формообразования (Рис. 1). *Коконообразный способ* формообразования заключается в том, что трехмерная оболочка создается путем наложения какого-либо материала на криволинейную поверхность или каркас. *Контурообразный способ* формообразования заключается в создании трехмерного объекта в виде оболочки с пустотами внутри путем наложения материала слоями по поперечному контуру задаваемой формы. Результатом исследования способов формообразования по принципу наложения стала разработка ряда костюмов из нетрадиционных материалов.

Нетрадиционные материалы позволяют экспериментировать с бесшовными формами одежды и разрабатывать модели-шаблоны для 3D-печати. Путем трехмерного сканирования модели-шаблона или по ее визуальным характеристикам в САПР может создаваться цифровая трехмерная форма, которая впоследствии выводится на печать.

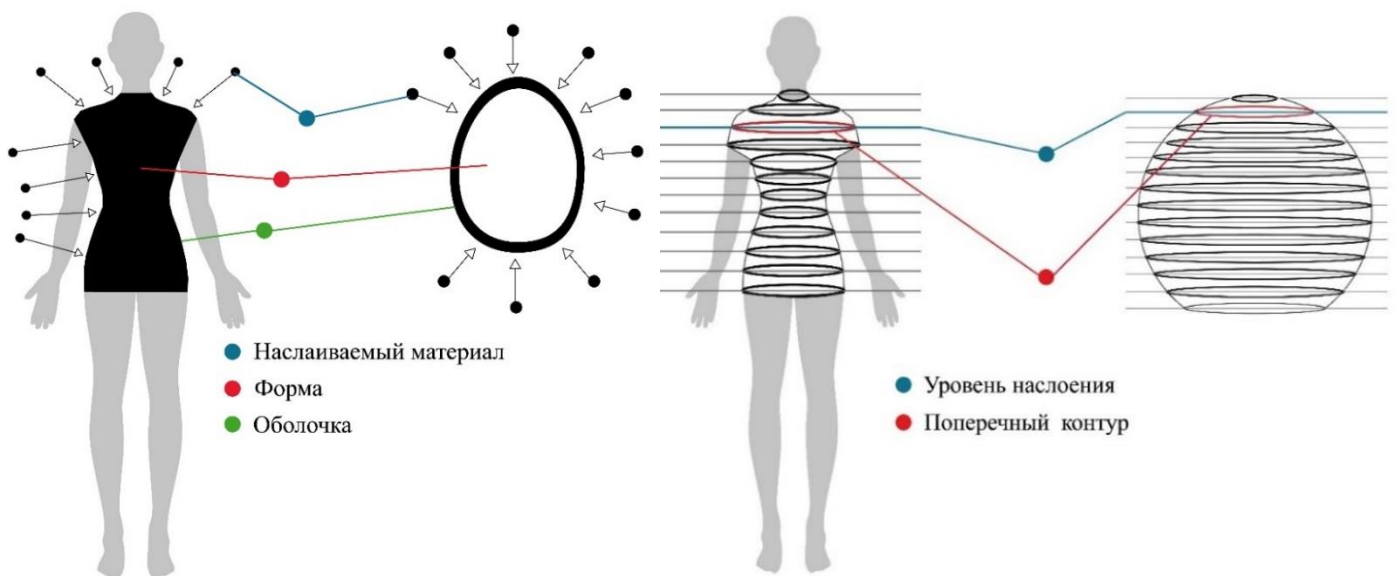


Рисунок 1. Коконообразный и контурообразный способы формообразования одежды

В главе 3 «ДИЗАЙН-ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСТЮМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ FDM-ПЕЧАТИ» выполняется классификация структурных характеристик печатного костюма оболочковой формы (Схема 1), определяются способы и этапы моделирования монолитной формы костюма в программном обеспечении Autodesk 3ds Max (Схема 2).

Исследование технологий трехмерного моделирования позволило выявить особенности использования FDM-печати при дизайн-проектировании монолитной формы костюма, состоящее из следующих этапов: определение структуры костюма, трехмерное моделирование формы костюма, подготовка модели к печати, печать модели и постпечатная обработка.

В ходе исследования проведен научный эксперимент дизайн-проектирования шести монолитных структур костюма с использованием технологии 3D-печати (FDM) (Рис. 2, 3). Цифровое моделирование трехмерных форм изделий осуществлялось в ПО Autodesk 3ds Max. Подготовка трехмерных моделей к печати проводилась на базе ПО Ultimaker Cura. В качестве оборудования для воспроизведения печати изделий использовался 3D принтер JG maker Magic. Изделия печатались в масштабе 1:2,5 пластиком PLA.



Схема 1 – Классификационная модель трехмерных структур печатной формы одежды



Схема 2 - Этапы 3D-моделирования монолитной формы костюма оболочковым и модульным способом



Рисунок 2 – Практическая апробация дизайн-проектирования монолитной формы одежды на основе FDM-печати : (а) оболочка-примитив с заданной геометрией сетки; (б) выполнение перфораций (Bevel); (в) модификация формы (Free Form); (г) утолщение формы (Shell); (д) напечатанная модель на 3D-принтере в масштабе 1/2,5



Рисунок 3 – Практическая апробация дизайн-проектирования монолитной формы одежды на основе FDM-печати. Демонстрация одежды на фигуре человека при условии печати высотой 625-650 мм.

Поставленный научный эксперимент 3D-моделирования и аддитивного формообразования позволил разработать рекомендации дизайн-проектирования монолитной формы костюма, который может использоваться в виде методического материала для образовательной и практической деятельности.

а) При проектировании жесткой структуры костюма необходимо использовать такие типы пластиков как ABS или SBS. При проектировании структуры костюма, имеющей определенную степень растяжения, необходимо использовать пластик FLEX, а также закладывать в оболочку на этапе ее моделирования перфорации и рельефы. В перфорированной структуре растяжение достигается путем вытягивания отверстий, в рельефной структуре форма растягивается путем выпрямления поверхности;

б) Трехмерное моделирование костюма может быть реализовано на основе двухмерного художественного, технического эскиза изделия или модели-шаблона, когда пользователь реализует поставленную задачу выполнения объема изделия по определенному алгоритму действий, а также на основе экспериментального поиска вариантов формы костюма согласно импровизированному типу использования различных функций и инструментов ПО. Создание трехмерной цифровой модели в САПР-системах может осуществляться оболочковым способом, в котором создается оболочка-примитив, подвергающаяся изменениям на уровне геометрии сетки, поверхности и формы, а также модульным способом, заключающимся в создании и дублировании модуля, его наложение на заранее заданную оболочку-примитив или фигуру человека.

в) При подготовке модели к печати необходимо учитывать, что закладываемая толщина слоя влияет на степень рельефности поверхности и прочность изделия – чем больше толщина слоя, тем более ребристая и прочнее будет поверхность изделия. Существует наличие двух вариантов подготовки модели к печати: задание «правильных» параметров печати, при которых реальная модель будет копией цифровой; задание «неправильных» параметров печати, когда планируется печатать форму с различными дефектами, служащими в качестве дополнительного элемента дизайна.

Перспективами развития формообразования костюма в аспекте технологии 3D-печати могут являться: разработка материалов по принципу многомерных стретч-тканей или на основе модульности с кинетическими соединительными системами; разработка кинетических форм костюма с коммуникативной функцией, осуществляющаяся системой электронных компонентов; разработка технологии 4D-печати, позволяющая выполнять кинетические костюмы, оболочка которых приходит в движение в автономном режиме без дополнительных электронных компонентов под действием каких-либо внешних изменений.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Бесшовная одежда является древнейшей формой костюма и содержит в себе массу эстетических, эксплуатационных и операционно-производственных преимуществ. Установлено, что развитие технологий изготовления бесшовной одежды и методов формообразования происходило в четыре этапа:

– первый этап формообразования элементов костюма ознаменован становлением ручных технологий обработки сырья животноводческой и растениеводческой отраслей;

– второй этап развития бесшовной одежды связан с усложнением ее формы за счет увеличения проектных возможностей материала и применения дополнительных инструментов обработки сырья и технологий изготовления изделий;

– третий этап развития бесшовной одежды базируется на появлении новых неорганических материалов и технологических возможностях формирования материала с

заданными криволинейными характеристиками, переходом от ручных способов изготовления изделий к автоматизированным;

– четвертый этап развития бесшовной одежды заключается в интеграции сложившихся технологических принципов изготовления объемной одежды с не характерными для модной индустрии биологическими методами и техническими средствами, во внедрении аддитивных технологий производства, что сформировало инновационные направления формообразования костюма и значительно расширило границы проектных решений.

2. На основе системного анализа технологий изготовления одежды выполнена классификация современных методов формообразования бесшовных структур костюма: трансформация и деформация пластичной основы; наложение нитеобразного, связующего материала или элементов. Метод трансформации и деформации пластичной основы заключается в формировании одежды путем наложения и фиксации на фигуру плоского или трубчатого модуля, имеющего дополнительный объем и жесткость по средствам растяжения, сжатия и выполнения изгибов. Метод наложения основывается на последовательном наложении связующего или нитеобразного материала, а также отдельных элементов, и разделяется на коконообразный и контурообразный способы. На основе анализа инновационных методов формообразования выявлено, что перспективным направлением развития бесшовного костюма являются аддитивные технологии.

3. Выявлены особенности и сформулированы рекомендации использования технологии FDM-печати при дизайн-проектировании монолитной формы костюма, алгоритм которого состоит из следующих этапов:

– определение структуры костюма по средствам создания двухмерного художественного и технического эскиза или изготовления из нетрадиционных материалов модели-шаблона, которая с использованием трехмерного сканирования может являться основой для выполнения цифровой модели костюма. На данном этапе дизайн-проектирования планируется степень жесткости структуры костюма путем выбора используемого материала и значения закладываемых отверстий и рельефов;

– цифровое построение монолитной формы костюма с использованием программного обеспечения для 3D-моделирования, которое может проводиться оболочковым и модульным способом. Оболочковый способ 3D-моделирования костюма заключается в образовании объемного объекта определенной формы закрытого типа, который подвергается различным модификациям на уровне формы, ее отдельных частей или поверхности. Модульный способ 3D-моделирования монолитной формы костюма заключается в создании изделия из наложенных друг на друга или на оболочку объемных или плоских объектов;

– 3D-моделирование формы костюма, включающее в себя подготовку модели к печати, печать и пост-обработку формы костюма. Подготовка модели к печати в слайсинг-программе заключается в закладывании параметров воспроизведения формы, целями которой может служить точное копирование цифровой модели в материале или воспроизведение дефектов в качестве дополнительных элементов дизайна. Печать модели включает в себя подготовку оборудования, тестовую печать для проверки выставленных параметров на малых формах или ее отдельной части, а также непосредственное воспроизведение формы костюма с визуальным контролем на начальном этапе печати. Пост-печатная обработка формы костюма реализуется в случае выполнения задачи устранения ребристой и шероховатой поверхности в местах соединения слоев путем химической или механической обработки в зависимости от используемого материала.

4. Произведена практическая апробация исследования:

– на основе выявленных принципов формообразования бесшовных структур костюма методом трансформации и деформации пластичной основы разработаны четыре трансформируемых модуля одежды, форма которых основана на использовании простых геометрических фигур и тел: цилиндр, квадрат, прямоугольник и круг. Новизна и производственная применимость круглого трансформируемого модуля одежды подтверждена патентом на полезную модель: «Трансформируемый круглый модуль одежды» (пат. 177336 Рос. Федерация. № 2016127275; заявл.05.07.2016 ; опубл. 15.02.2018, Бюл. № 5).

– исследование способов формообразования бесшовной структуры костюма по принципу наслоения материала позволило выполнить практическую апробацию ряда моделей-шаблонов из нетрадиционных материалов, на основе которых, в САПР может создаваться цифровая трехмерная форма;

– в ходе исследования технологий дизайн-проектирования печатного костюма смоделированы оболочковым и модульным способами в ПО Autodesk 3ds Max и напечатаны на 3D-принтере JG maker Magic шесть монолитных форм одежды в масштабе 1:2,5 пластиком PLA.

5. Определены возможные перспективы использования технологии 3D-печати в одежде:

– разработка эластичных материалов в виде стретч-тканей или принципа модульности на основе кинетических соединительных систем;

– разработка кинетических форм костюма с коммуникативной функцией системы электронных компонентов, в которой технология 3D-печати одежды позволяет на проектном уровне закладывать в структуру костюма различные секции для электронных компонентов, а также являться способом добавления в форму токопроводящих материалов, которые позволят выполнять кинетическое изделие без дополнительных проводных элементов;

– появление кинетических костюмов с коммуникативной функцией без электронных компонентов на основе технологии 4D-печати, основывающейся на концепции создания программируемой материи, которая имеет инновационное свойство изменять плотность, модуль упругости, проводимость, цвет и другие характеристики целенаправленным способом.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ РАБОТЫ

Патенты:

1. Патент на полезную модель 177336. Российская Федерация, МПК А41D 15/00. Трансформируемый круглый модуль одежды: № 2016127275: заявл. 05.07.2016: опубл. 15.02.2018 / Курбатова М.А., Белько Т.В. – 8 с.

Статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (в том числе индексируемых в международных базах цитирования):

2. Курбатова М.А. Дизайн одежды на основе технологии 3d-печати (FDM) / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. – 2021. – №3 (393). – С. 170-175.

3. Курбатова М.А. Дизайн и технологии кинетической формы костюма с коммуникационной функцией [Электронный ресурс] // Архитектон: известия вузов. – 2020. – №2(70). – URL: http://archvuz.ru/2020_2/18

4. Курбатова М.А. Концептуальная модель интегрального формообразования костюма // Научный журнал «Дизайн и технологии». – 2018. – №68 (110). – С. 29-37.

5. Курбатова М.А., Трехмерное формообразование бесшовных оболочковых структур в природе и костюме по принципу деформации пластичной основы / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Научный журнал «Дизайн и технологии». – 2017. – №58. – С. 38-46.

6. Курбатова, М.А. Формообразование бесшовных оболочковых структур в природе и костюме / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Декоративное искусство и предметно – пространственная среда: Вестник МГХПА №4 - М. : МГХПА им. С. Г. Строганова. – 2016. – С. 362-368

7. Курбатова М.А. Бионический анализ трехмерных технологий печати в дизайне одежды / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Дизайн. Материалы. Технология: журнал 1(41) / 2016. – СПГУТД. – 2016. – С. 49-54

Статьи в научных журналах и сборниках:

8. Курбатова М.А. Преемственность цифровых технологий построения оболочковых структур костюма / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Архитектура и дизайн в цифровую эпоху: коллективная монография по материалам Международной научной конференции. – Москва, 2021. – С. 256-262.

9. Курбатова М.А. Технологии прототипирования: 3D печать в дизайне и искусстве / М.А. Курбатова, С.А. Нестеров // Журнал «Школа университетской науки: парадигма развития». – Тольятти: Поволжский государственный университет сервиса. – 2020. – №1 (35). – С. 94-96.

10. Курбатова М.А. Аспекты применения цифровых технологий в проектировании одежды / М.А. Курбатова, Н.Н. Горбунова // Журнал «Школа университетской науки: парадигма развития». – Тольятти: Поволжский государственный университет сервиса. – 2020. – №1 (35). – С. 97-98.

11. Курбатова М.А. Влияние свойств инновационного текстиля на дизайн костюма в аспекте трехмерных технологий формообразования / М.А. Курбатова // Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума «Наука и инновации-современные концепции», г. Москва, Изд. Инфинити. – 2018. – С. 139-143.

12. Курбатова М.А. Бесшовное проектирование одежды по системе "незавершенной" формы / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации – 2016): междунар. науч.-техн. конф. 15-16 нояб. 2016г.: сб. материалов // Часть 4.- М. : ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2016. – С. 104-108.

13. Курбатова М.А. Анализ системы производства и потребления одежды в модной индустрии / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Молодой ученый. — 2016. — №11 (115). – С. 1600-1603.

14. Курбатова М.А. Трехмерные технологии модульного формообразования некроеной одежды / М.А. Курбатова, Т.В. Белько // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации – 2015) : междунар. науч.-техн. конф. 17-18 нояб. 2015 г.: сб. материалов // Часть 4.- М. : ФГБОУ ВПО «МГУДТ», – 2015. – С. 48-51.