

На правах рукописи

Кочаг

КОНОВАЛОВА ОЛЬГА БОРИСОВНА

**ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ
С РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ТРЕХМЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ В
ПРОИЗВОДСТВЕ ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ**

Специальность

**2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой
промышленности**

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Москва – 2023

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») на кафедре «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Художественное моделирование, конструирование и технология изделий из кожи» ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», г. Москва
Костылева Валентина Владимировна

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

кандидат технических наук, доцент кафедры «Промышленный дизайн», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный университет архитектуры, дизайна и искусств имени А.Д. Крячкова», г. Новосибирск
Таубе Марика Владимировна

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г. Санкт-Петербург

Защита состоится «15» ноября 2023 г. в 10.00 ч. на заседании диссертационного совета 24.2.368.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» по адресу: 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская ул., д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина» и на официальном сайте вуза <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан « ___ » _____ 2023 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
24.2.368.02



Мезенцева Т.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В процессе проектирования нового изделия или кастомизации уже имеющегося, возникает множество задач по совмещению зависимых и независимых друг от друга данных. Причем, как правило, эти данные имеют разную генерацию и характеристики. Таким образом, процесс проектирования сложного изделия может затянуться, а внесение изменений в уже существующий проект - породить серии самореплицирующихся ошибок, существенно затруднив ход дальнейшей работы. В ситуации с преобладанием в работе над проектом «ручных» операций черчения, моделирования и т.п., время, требующееся на создание прототипа, может в несколько раз превышать установленное нормативами. При этом каждое последующее изменение требует воспроизведения всего цикла с начала.

Усложнение взаимосвязей между разными сферами человеческой деятельности привело к созданию и внедрению во все области жизнедеятельности сложных инженерно-технических САПР. Несомненным преимуществом автоматизации технологических процессов явилось значительное снижение временных затрат на разработку изделий. Однако, специализированные САПР требуют привлечения опытных технических профессионалов. Такие САПР малоэффективны или недоступны для небольших предприятий и отдельных частнопрактикующих специалистов. Вместе с тем, активная экспансия аддитивных технологий во все отрасли промышленности позволяет реализовывать в материале самые смелые идеи, что, безусловно, привлекает внимание специалистов разного уровня из разных областей (дизайнеров, маркетологов и т.п.).

Сегодня для удовлетворения потребностей потребителей и сохранения конкурентоспособности, производители обуви должны решать две основные задачи: быстро реагировать на рыночные изменения и соответствовать новым потребительским тенденциям. Одним из решений этих задач является применение параметрического метода проектирования и его инструментов, которые пришли в индустрию моды из архитектуры. Мода и архитектура оперируют сходными методиками: проектированием, черчением и макетированием, что обусловлено общими архитектурными принципами формообразования. Эти дисциплины подчиняются одним и тем же композиционным приемам: ритм, мера, пропорции, масштаб, работа с фактурами и текстурами, цветом и светом, сомасштабность человеческому телу. Текущее развитие науки и технологий (особенно, цифрового проектирования и материалов) повлекло за собой появление и эволюцию таких актуальных направлений, как «архитектурная мода» и «3D-fashion».

Современная цивилизация предъявляет особые требования к характеру процессов взаимодействия производителей продукции и конечного потребителя. Технологии VR/AR-презентаций активно восприняли ведущие производители и

дистрибьюторы одежды и обуви, так как это позволяет существенно экономить на проектировании, производстве, рекламе, съемках (виртуальные модели, показы, коллекции). Ритейлерам VR/AR-технологии позволяют охватывать более широкую аудиторию и предоставлять гибкий сервис в режиме 24/7 (виртуальные магазины, виртуальные примерочные, мобильные приложения и др.).

Внедрение методик, успешно зарекомендовавших себя в смежных сферах дизайна, роботизация производственных процессов и возможности создания безостановочных технологических линий, работающих в режиме 24/7, обеспечивают серьезные основания для повышения эффективности процессов и качества продуктов отечественной обувной промышленности. Таким образом, проведение теоретических и экспериментальных исследований в рамках диссертации «Параметрическое проектирование материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в производстве товаров народного потребления» является актуальным. Значимыми факторами, определяющими актуальность настоящего исследования являются Указы Президента РФ и общемировые тенденции последних лет в науке, технике и технологиях, непосредственно влияющих на развитие индустрии моды.

Степень научной разработанности избранной темы. Существенный вклад в решение проблем развития и совершенствования проектирования и производства обуви внесли научные труды Зыбина Ю.П., Фукина В.А., Ключниковой В.М., Кочетковой Т.С., Костылевой В.В., Киселева С.Ю., Лыбы В.П., Горбачика В.Е., Бекк Н.В., Карабанова П.С. и др., в которых разработаны методологические основы создания конструкций обуви, методы и средства их оценки, в том числе с использованием цифровых, компьютерных и информационных технологий.

Объект исследования: инструменты параметрического проектирования Rhinoceros CAD и Grasshopper; лазерного сканирования, 3D-прототипирования и печати, материалы и технологии из смежных областей.

Предмет исследования: процессы проектирования обуви, конструкции колодок и обуви, детали верха и низа обуви, потребительские свойства обуви, методы и приборы количественного определения показателей физико-механических свойств материалов.

Целью работы является: разработка технологий производства товаров народного потребления с использованием материалов реконфигурируемой трехмерной структуры, созданных инструментами параметрического проектирования.

В соответствии с поставленной целью в диссертации:

- проведены:

- теоретические исследования в области закономерностей формообразования реконфигурируемых трехмерных материалов;

- анализ, систематизация и обобщение современных методов 3D-печати, с точки зрения реализуемой в них технологии, основных марок полимеров и свойств композиций на их основе по показателям температурных параметров переработки методом 3D-печати, степени их экологичности, с учетом их достоинств и недостатков;
 - анализ, систематизация и обобщение физико-механических свойств прототипов экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой;
- **изучены и проанализированы** концепции, методы проектирования, примеры применения инструментов параметрического проектирования в области промышленного дизайна и их взаимосвязей для обоснования использования параметрического проектирования Grasshopper при реализации серийного проектирования обуви;
- **смоделированы структуры** материалов с заданными параметрами в среде Rhinoceros CAD с помощью плагина визуального программирования Grasshopper;
- **проанализированы и разработаны** нодовые скрипты «заполнения кругами» поверхности и контура на основе рисунка и без него;
- **созданы:**
- нодовые скрипты экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой;
 - макеты экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой;
- **установлены** физико-механические свойства прототипов экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой из разных видов филаментов и их сочетаний, напечатанных на 3D -принтере;
- **предложены:**
- базовый параметрический алгоритм перевода давления стопы в структуру стельки или подошвы, плотность рисунка которой зависит от силы давления стопы в этой области;
 - альтернативные варианты базового скрипта;
 - общий план коммерциализации методики параметрического проектирования экспериментальных материалов и быстрой 3D-печати индивидуальной обуви из этих материалов в формате мобильных салонов;
 - базовый технологический цикл изготовления деталей обуви и цикл его расширения.

Исследования проводились на кафедре художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи, в рамках научно-исследовательских работ РГУ им. А.Н. Косыгина на 2019-23 гг., проблема 1 «Матричный подход к формированию цифровой индустрии 4.0 на

промышленных предприятиях текстильной и легкой промышленности», Тема 1.2 «Развитие инновационного потенциала предприятий по производству изделий из кожи на основе современных цифровых технологий проектирования и быстрого прототипирования» и в рамках проекта РФФИ.

Методы исследования.

Исследования базировались на комплексном системном подходе с использованием возможностей современных информационных технологий. В ходе выполнения работы задействованы:

- теоретические положения конструирования обуви;
- методы исследования свойств материалов и оборудование для 3D -печати колодок, образцов материалов и деталей проектируемой обуви;
- методы и инструменты параметрического проектирования Rhinoceros и Grasshopper:

Информационно-теоретической базой диссертации послужили труды отечественных и зарубежных ученых в исследуемой и смежных областях, энциклопедическая и справочная литература.

Научную новизну диссертации составляют разработки:

- принципов параметрического проектирования материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в производстве товаров народного потребления;
- алгоритмов заполнения кругами поверхностей и контуров на основе изображений и без них;
- базового алгоритма перевода давления стопы в рисунок подошвы, то есть симуляции поведения материала с учетом влияния факторов внешней среды;
- алгоритмов, альтернативных базовому;
- алгоритмов проектирования материалов с реконфигурируемой структурой.

Теоретическую значимость диссертации составляют методики:

- параметрического проектирования материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в производстве товаров народного потребления;
- параметрического заполнения кругами контуров поверхностей на основе изображений и без них;
- параметрического перевода давления стопы в конструкции деталей низа обуви.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методика параметрического проектирования материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в производстве товаров народного потребления;
- параметрические алгоритмы:
 - заполнения кругами поверхностей и контуров на основе изображений и без них;
 - перевода давления стопы в конструкции деталей низа обуви;
 - проектирования материалов с реконфигурируемой структурой;

- общий план коммерциализации методики параметрического проектирования экспериментальных материалов и быстрой 3D-печати индивидуальной обуви из этих материалов в формате мобильных салонов;
- базовый технологический цикл изготовления деталей обуви и цикл его расширения.

Личный вклад автора. Автором сформулированы цель и основные задачи исследования, проведены теоретические исследования в области закономерностей формообразования реконфигурируемых трехмерных материалов; разработаны параметрические алгоритмы заполнения кругами поверхностей и контуров на основе изображений и без них; перевода давления стопы в конструкции деталей низа обуви; спроектированы прототипы экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой, исследованы физико-механические свойства материалов из разных видов филаментов и их сочетаний, напечатанных на 3D-принтере; предложен общий план коммерциализации методики параметрического проектирования экспериментальных материалов и быстрой 3D-печати индивидуальной обуви из этих материалов в формате мобильных салонов на основе базового технологического цикла и цикла расширения.

Практическую значимость исследования составляют:

- база данных из 48 цифровых моделей экспериментальных поверхностей с реконфигурируемой структурой, разработанная с использованием предложенных алгоритмов;
- экспериментальные образцы реконфигурируемых поверхностей;
- экспериментальные образцы деталей обуви, разработанные на основе предложенных решений;
- снижение материальных и временных затрат на производство;
- возможность тиражирования продукции;
- сокращение затрат на разработку в массовом производстве;
- выбранные инструменты параметрического проектирования в области промышленного дизайна;
- результаты апробации экспериментальных образцов материалов;
- общий план коммерциализации методики параметрического проектирования экспериментальных материалов и быстрой 3D-печати индивидуальной обуви из этих материалов в формате мобильных салонов, базовый технологический цикл и цикл расширения.

Достоверность проведенных исследований базируется на согласованности аналитических и экспериментальных результатов, использовании информационных технологий, современных методов и средств проведения экспериментов. Апробация основных положений диссертации проводилась в

научной периодической печати, конференциях, в рамках научного проекта (грант РФФИ Договор №20-38-90047/2020 «Параметрическое проектирование материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в производстве товаров народного потребления»), а также на АО «Егорьевск-обувь».

Апробация и реализация результатов работы:

Основные научные результаты проведенных исследований докладывались и получили положительную оценку на:

- заседаниях кафедры художественного моделирования, конструирования и технологии изделий из кожи Российского государственного университета имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство);
- Всероссийском инженерном конкурсе «ВИК-2019» (с 2019 – международный). «Концепция доступной 3D-печати индивидуальной обуви в формате мобильных салонов». Томск, 30 октября - 19 декабря (2 место в номинации «Технологии легкой промышленности»);
- Международном Косыгинском форуме – 2019. Вторые Международные Косыгинские чтения «Энергоресурсоэффективные экологически безопасные технологии и оборудование». Москва, 29 октября - 1 ноября, 2019;
- XIV Всероссийской заочной научно-практической конференции «Инновационные технологии в обучении и производстве», 15 ноября 2019 года. Камышинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (Публикация РИНЦ);
- Международном научно-исследовательском конкурсе научно-практических работ студентов, аспирантов и научных сотрудников ВУЗов, Институт управления и социально-экономического развития, г. Саратов, 27 ноября 2019 г. (Публикация РИНЦ, 1 место);
- Международной конференции V International Scientific Conference High Technologies. Business. Society, 2020, 09-12.03.2020, Borovets, Bulgaria;
- 72-ой Внутривузовской научной студенческой конференции «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2020)», посвященной Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», г. Москва, 16-20 марта 2020;
- VI Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2020), г. Москва, 12 ноября 2020 г.;
- Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021)», 12 апреля 2021 г. – 15 апреля 2021 г., Москва;

- III Международном Косыгинском форуме «Современные задачи инженерных наук». Москва, 20-21 октября, 2021 (2 публикации Скопус);
- Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ИСТАИ-2021)», 8 — 10 июня 2021 года, Витебск.

Дипломы ряда конференций различного уровня.

В 2020-2022 гг. выполнен научный проект - грант РФФИ № 20-38-90047/20 от 20.08.20 г. «Параметрическое проектирование материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в производстве товаров народного потребления». Полученные акты апробации результатов на АО «Егорьевск-обувь» свидетельствуют о состоятельности предлагаемых в диссертации решений.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 17 печатных работах, в том числе 6 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК и 4 - в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus.

Структура и объем работы. По своей структуре диссертационная работа состоит из введения, 3 глав, выводов по каждой главе, общих выводов по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 267 страницах машинописного текста, включает 159 рисунков, 39 таблиц. Список использованной литературы содержит 136 наименований библиографических и электронных источников. Приложения представлены на 87 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, обозначены цели и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе на основе анализа тенденций в дизайне и проектировании обуви показано место материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой в науке, технике и производстве товаров народного потребления.

Некоторые решетчатые структуры часто встречаются в природе и используются в технике из-за свойств, присущих ауксетикам:

- становятся толще в направлении, перпендикулярном приложенной силе, что обусловлено их структурными особенностями;
- демонстрируют значительное поглощение механической энергии и высокое сопротивление разрушению;

Делятся на 2 основные группы: статические и динамические;

Ауксетиками являются:

- Некоторые горные породы и минералы;
- Живые костные ткани;
- Бумага;
- Некоторые оригами-структуры;

Они могут быть произведены с помощью 3D-печати;

Применимы для:

- многоразовых энергопоглощающих устройств;
- тканеподобных медицинских имплантатов;
- мягких роботизированных приводов;
- безразмерных покрытий;
- современных материалов в производстве товаров народного потребления.

Описаны методы и средства исследования. Дана краткая характеристика современных методов и инструментов создания обуви. Поставлены задачи исследования.

Во второй главе дана оценка анатомо-функциональных свойств стоп и моделирования структур с заданными параметрами в среде Rhinoceros с помощью плагина визуального программирования Grasshopper. Нодовый скрипт перевода давления стопы в структуру стельки или подошвы, плотность рисунка которой зависит от силы давления стопы в той или иной ее области, основан на процессе перевода изображения плантограммы, загруженной в формате черно-белого рисунка, в полигональную сетку с ячейками той или иной конфигурации. Перевести черно-белый рисунок плантограммы в полигональную сетку в Grasshopper можно разными способами, в зависимости от поставленных задач. Общий принцип – это заполнение кругами или иными геометрическими примитивами контура или поверхности на основе изображения.

Наиболее рациональный алгоритм представлен на рис. 1.

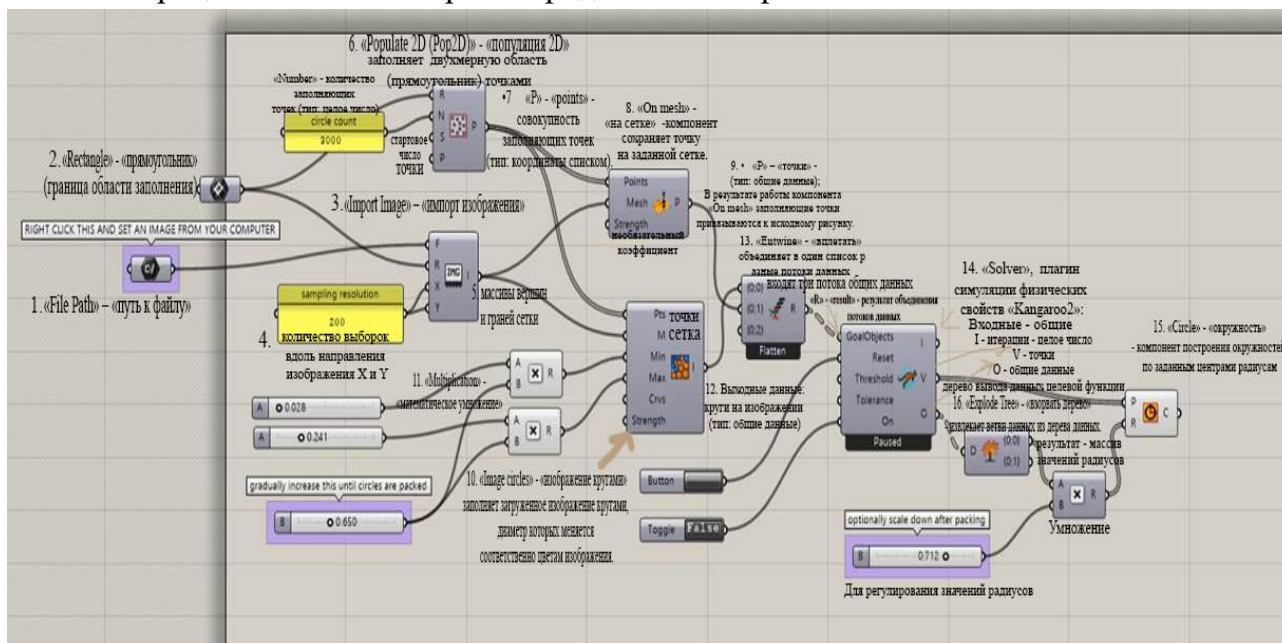


Рисунок 1. Алгоритм заполнения кругами черно-белого рисунка плантограммы

Форма ячеек полигональной сетки может быть любой, как и алгоритм ее создания и трансформации.

Результат работы алгоритма – «заполнение кругами» изображения плантограммы, показан на рис. 2 а, б, где круги незначительно пересекают ограничивающий прямоугольник, степень пересечения регулируется вручную слайдером.

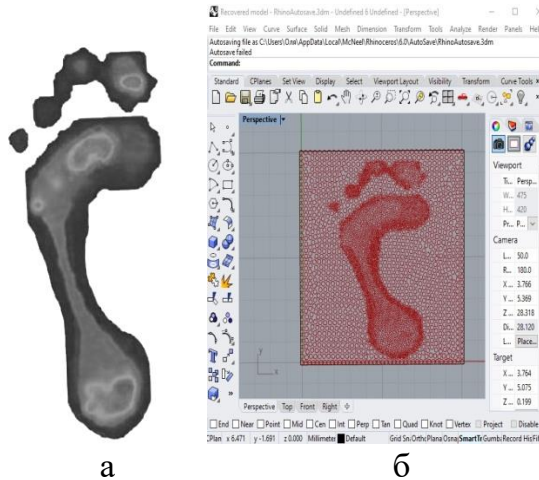
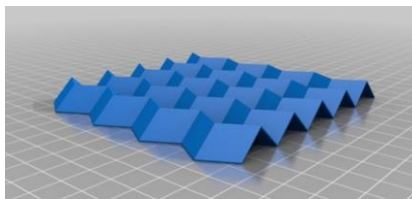


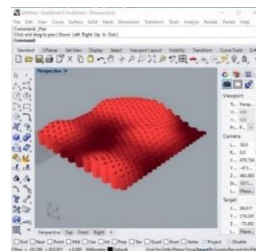
Рисунок 2 Изображения: а - исходное, б - результата «заполнение кругами»-применения скрипта (скриншот экрана)

Рассмотрены примеры параметрических алгоритмов материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой, нодового скрипта и его альтернативных вариантов перевода силы давления стопы в базовую графическую структуру.

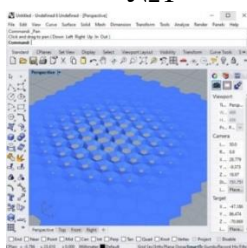
Представлено описание нодовых скриптов экспериментальных образцов поверхностей. На рис.3 показаны 3D-отображения параметрических алгоритмов материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой, разработанных в рамках выполнения Договора по гранту РФФИ.



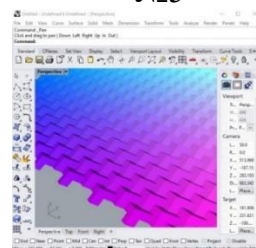
№1



№5



№7



№10

Рисунок 3. 3D-представление работы алгоритма формирования структур материалов №1, №5, №7, №10 (скриншоты экрана)

Эти алгоритмы имеют сходные принципы организации, основу которых составляют сетки разной конфигурации, преобразованные в сложные поверхности.

В третьей главе описаны исследования и анализ свойств образцов экспериментальных материалов.

Так как и экспериментальные, и расходные материалы сочетают в себе свойства резины и термоэластопластов, то есть предположительно это материалы для деталей низа обуви, то для исследования их свойств и последующего анализа результатов, для каждого вида поверхности было получено по 10 образцов в форме двухсторонней лопатки толщиной 2,5-3,5 мм согласно ГОСТ Р 54553-2019 «Национальный стандарт Российской Федерации. Резина и Термоэластопласты. Определение упруго-прочностных свойств при растяжении».

В ходе физико-механических испытаний установлены:

- прочность при растяжении (Мпа);
- удлинение при разрыве (ϵ , %);
- плотность (г/см^3);
- твердость по Шору (А).

В испытательной лаборатории отдела контроля качества АО «Егорьевск-обувь» протестированы напечатанные образцы с разной степенью заполнения ячеек, рис. 4.

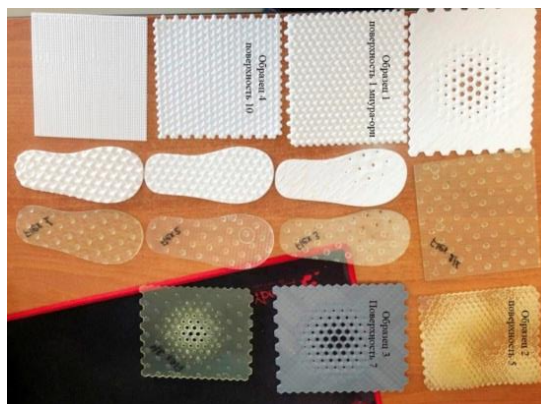


Рисунок 4. Внешний вид образцов поверхностей, принятых к исследованию

Для создания образцов на АО «Егорьевск-обувь» для 3D-печати были использованы:

- - 3D-принтеры: Flying bear tornado (FDM); Phrozen mega 8k (фотополимеризация);
- материалы: ТПУ «Ледниковый период», Flex-пластик от «Fdplast» с диаметром прутка 1,75 мм (для FDM); «Phrozen aqua 4k» - фотополимерная смола (твердость по Шору D 80), «harz labs industrial flex» - добавка к фотополимерной смоле для увеличения пластичности (твердость по Шору, D 63).

Проведенное сравнение результатов лабораторных исследований с показателями материалов подошв, используемых в производстве АО «Егорьевск-обувь»

выявило, что к показателям плотности контрольной резины, подошвы ТЭП ANNA 2 (для сапог, ботинок, осень-весна), подошвы ф.JEANS - ТЭП (обычно на туфли или ботинки малодетские, девичьи, осень-весна), подошва ТЭП туфель летних, модели 322107-25 наиболее близки показатели отдельных экспериментальных материалов, приведенных в табл. 3.

Таблица 3. Показатели плотности экспериментальных материалов (фрагмент)

Образцы	Материал	Размер ячейки, мм	Заполнение, %	Плотность, г/см ³				
				Статистические показатели				
				Средняя арифметическая (M)	Медиана, (Me)	Стандартное квадратичное отклонение, (σ)	Коэффициент вариаций, (Cv),	Средняя ошибка средней арифметической (m)
Образец 1 (поверхность 1)	Фотополимер	2,5-3,5	50	1,19	1,195	0,05	4,18	0,04
Образец 1 (поверхность 1)	Фотополимер	2,5-3,5	20	1,01	1,009	0,01	0,76	0,01
Образец 2 (поверхность 5)	Фотополимер	2,5-3,5	20	0,84	0,838	0,03	1,63	0,03

Следовательно, можно предположить, что показатель потери массы (истираемость) для экспериментальных материалов будет примерно таким же, как и для материалов подошв, используемых на АО «Егорьевск-обувь».

Описаны принципы тиражирования с использованием инструментов параметрического проектирования в Grasshopper. Представлен общий план коммерциализации методики параметрического проектирования экспериментальных материалов и быстрой 3D-печати индивидуальной обуви из этих материалов в формате мобильных салонов, базовый технологический цикл и цикл расширения.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Проанализирован текущий уровень состояния современных методов 3D-печати, с точки зрения реализуемой в них технологии и применяемых расходных материалов. Подробно рассмотрены методы 3D-печати, предусматривающие использование полимерного сырья. Приведены основные марки полимеров и композиций на их основе, температурные параметры переработки методом 3D-печати, а также преимущества и недостатки, степень их экологичности.
2. Показано место материалов с реконфигурируемой структурой в науке, технике и производстве товаров народного потребления. Выявлено, что для современных материалов в производстве одежды и обуви предпочтительны динамические

решетчатые структуры, которые характеризуются высокой упругостью при больших деформациях за счет геометрии самого материала и могут быть изготовлены с помощью 3D-печати.

3. Изучены и обобщены теоретические исследования в области закономерностей формообразования реконфигурируемых трехмерных материалов.

4. Выявлены и систематизированы особенности параметрических чертежей и процессов проектирования плоских и объемных форм методами параметрики, а также материалов с реконфигурируемой структурой.

5. Даны общее представление о принципах параметрического проектирования материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой и оценка анатомо-физиологических особенностей стоп. Рассмотрены принципы заполнения контура или поверхности кругами на основе триангуляции и частные случаи нодовых скриптов заполнения кругами поверхностей и контуров по рисункам и без, что позволило разработать:

- частные случаи алгоритмов заполнения кругами поверхностей и контуров: на основе изображений и без них;
- параметрический алгоритм перевода давления стопы в структуру стельки или подошвы, плотность рисунка которых в той или иной области зависит от силы давления стопы;
- частные случаи параметрического алгоритма перевода давления стопы в структуру стельки или подошвы.

6. Предложены:

- база данных из 48 цифровых моделей экспериментальных поверхностей с реконфигурируемой структурой;
- общий план коммерциализации методики параметрического проектирования экспериментальных материалов и быстрой 3D-печати индивидуальной обуви из этих материалов в формате мобильных салонов, базовый технологический цикл и цикл расширения.

анализ физико-механических свойств прототипов экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой.

7. Продемонстрирована работа нодовых скриптов экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой на примере 3D –печати образцов материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой №1, №5, №7, №10.

8. Установлены физико-механические свойства напечатанных на 3D –принтере образцов экспериментальных материалов с реконфигурируемой трехмерной структурой из разных видов филаментов и их сочетаний.

9. Выявлено, что показатели плотности по Шору отдельных экспериментальных материалов близки к используемым на АО «Егорьевск-обувь» показателям контрольной резины, подошвы ТЭП ANNA 2 (для сапог, ботинок, осень-весна),

подошвы ф. JEANS - ТЭП (обычно на туфли или ботинки младетские, девичьи, осень-весна), подошва ТЭП туфель летних, модели 322107-25.

10. Отдельные положения диссертации прошли апробацию в условиях АО «Егорьевск-обувь», результаты которой подтверждают эффективность предложенных решений.

РЕКОМЕНДАЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

1. Результаты работы рекомендуется использовать в учебном процессе вузов, осуществляющих подготовку бакалавров и магистров по направлению «Конструирование изделий легкой промышленности» и «Технология изделий легкой промышленности», на предприятиях, выпускающих обувь, в модернизации программного обеспечения САПР и институтах дополнительного образования для развития новых компетенций, ориентированных на цифровизацию экономики.

2. Предлагаемые решения могут получить развитие при построении инфраструктуры и эволюции САПР обуви, в частности создание общей базы данных как ядра для доступа к ней всех модулей САПР-К, САПР-ТП и САМ-систем;

- реализация архитектуры системы, позволяющей многопользовательский доступ к ресурсам с минимальным временем отклика, надежности и восстановления данных при отказах.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Статьи в изданиях, входящих в «Перечень» ВАК при Минобрнауки России:

1. Коновалова О.Б., Костылева В.В., Макаров А.А., Юмашев Е.М. Параметрический подход как инструмент рационализации проектной деятельности в современной индустрии моды. // «Вестник технологического университета». 2020, Т.23, №4. С.71-73 (Казань)

2. Коновалова О.Б., Костылева В.В., Юмашев Е.М. Кинетические поверхности оригами в дизайне. // Научный журнал; Дизайн и технологии, 2020, № 75(117). С.25-29

3. Коновалова О. Б., Костылева В. В., Федосеева Е. В., Рощупкина Д.В. Процессы проектирования обуви с позиций параметрики // Костюмология. — 2021 №4, Том 6 — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/25TLKL421.pdf>

4. Коновалова О. Б., Костылева В. В., Федосеева Е. В. Особенности создания обуви с использованием 3D-технологий и 3D-печати. Научный журнал

«Костюмология». 2022, №1, Том 7. // Костюмология. — 2022 №1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL122.pdf>

Статьи в научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus:

5. Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А., «Полимерные материалы для 3d-печати и возможность их применения в обувном производстве: ассортимент пластмасс инновационной функциональности», «Известия вузов. Технология текстильной промышленности» 2021, № 5 (395), с. 262- 267 (входит в перечень Scopus - https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2021/12/395_46.pdf)

6. Коновалова О.Б., Минец В.В., Бокова Е.С., Костылева В.В., Белицкая О.А., «Полимерные материалы для 3d-печати и возможность их применения в обувном производстве: группа крупнотоннажных полимеров», «Известия вузов. Технология текстильной промышленности» 2022, № 2 (398), с. 304- 311 (входит в перечень Scopus - https://ttp.ivgpu.com/wp-content/uploads//2023/01//398_42i.pdf)

7. O. B. Konovalova and V. V. Kostyleva Large-Scale Prototypes in the Light and Footwear Industry: Opportunities and Prospects/International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI 2021) AIP Conf. Proc. 2430, 040001-1–040001-7; <https://doi.org/10.1063/5.0077682>. Published by AIP Publishing. 978-0-7354-4175-0/\$30.00

8. O. B. Konovalova and E.M. Yumashev, «3D printing of individual shoes using natural fibers», Opportunities and Prospects/International Conference on Textile and Apparel Innovation (ICTAI 2021) <https://aip.scitation.org/toc/apc/2430/1?windowStart=50&size=50>

Статьи в прочих изданиях:

9. Коновалова О.Б., Костылева В.В. Концепция доступной 3D-печати индивидуальной обуви в формате мобильных салонов.//Сборник стендовых докладов молодых ученых и студентов «Международный Косыгинский форум – 2019. Современные задачи инженерных наук». – 2019. – С. 82-84.

10. Коновалова О.Б., Костылева В.В. Параметрический подход к проектной деятельности в современной индустрии моды.//Материалы XIV Всероссийской заочной научно-практической конференции «Инновационные технологии в обучении и производстве» Филиал ВГТУ, Камышинский технологический институт. – 2019. – Т.2. – С. 98-104.

11. Коновалова О.Б., Костылева В.В. Экзоскелетон – роботизированный костюм будущего.//Материалы международного научно-исследовательского конкурса научно-практических работ студентов, аспирантов и сотрудников ВУЗов. – 2019. – С. 20-29.

12. Konovalova O.B., Kostyleva V.V., «Concept of parametric design and fast 3D printing of individual shoes», V INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE HIGH TECHNOLOGIES. BUSINESS.SOCIETY 2020 09-12.03.2020, BOROVELTS, BULGARIA <http://hightechsociety.eu/pics.rar>.
13. Макаров А.А., Костылева В.В., Юмашев Е.М., Коновалова О.Б. К вопросу об аппаратно-программном комплексе параметрического проектирования в рамках концепции «Интернет вещей», Сборник Международной научно-практической заочной конференции РГУ им. А.Н. Косыгина, посвященной юбилею университета, 120-летию со дня рождения Юрия Петровича Зыбина – основателя науки о производстве обуви, 85-летию со дня рождения Виталия Александровича Фукина – ученика Юрия Петровича Зыбина, значительно развивший основные положения технологической науки, 90-летию кафедры «Художественное моделирование, конструирование и технологии изделий из кожи», М., 2020.
14. Костылева В.В., Макаров А.А., Юмашев Е.М., Коновалова О.Б., Разработка контроллера, реализующего концепцию интернета вещей в производстве обуви», Сборник трудов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2020)», посвященная Юбилейному году в РГУ им. А.Н. Косыгина, https://kosygin-rgu.ru/naukan/rabota_stud/konf-konf_mgudt-vserossiiskie.aspx.
15. Коновалова О.Б., Костылева В.В. «Актуальные тенденции развития легкой и текстильной промышленности», Тезисы докладов 72-ой Внутривузовской научной студенческой конференции «Молодые ученые – инновационному развитию общества (МИР-2020)», посвященная Юбилейному году в ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», Том 5, https://kosygin-rgu.ru/naukan/rabota_stud/konf-MGUDT-vnutrivuzovskie.aspx
16. Коновалова О.Б., Костылева В.В. «Интернет вещей в обувной промышленности. The Internet of Things in the Shoe Industry». Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2020).
17. Коновалова О.Б., Костылева В.В. Моделирование и прототипирование в легкой промышленности». Сборник докладов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021)», часть 1, стр. 140 -145.

КОНОВАЛОВА ОЛЬГА БОРИСОВНА

**ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ
С РЕКОНФИГУРИРУЕМОЙ ТРЕХМЕРНОЙ СТРУКТУРОЙ В
ПРОИЗВОДСТВЕ ТОВАРОВ НАРОДНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

**Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 80 экз. Заказ №
Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО
«РГУ им. А.Н. Косыгина»
119071, г. Москва, ул. Малая Калужская ул., д. 1.
Отпечатано в РИО ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»**