

Научный журнал «Костюмология» / Journal of Clothing Science <https://kostumologiya.ru>

2022, №1, Том 7 / 2022, No 1, Vol 7 <https://kostumologiya.ru/issue-1-2022.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL122.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Коновалова, О. Б. Особенности создания обуви с использованием 3D-технологий и 3D-печати /  
О. Б. Коновалова, В. В. Костылева, Е. В. Федосеева // Костюмология. — 2022. — Т. 7. — № 1. — URL:  
<https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL122.pdf>

**For citation:**

Konvalova O.B., Kostyleva V.V., Fedoseeva E.V. Features of creating shoes using 3D technologies and 3D printing.  
*Journal of Clothing Science*, 1(7): 04TLKL122. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/04TLKL122.pdf>. (In  
Russ., abstract in Eng.)

*Работа сделана при поддержке РФФИ, договор 20-38-90047/20 от 20.08.20 г.*

**Коновалова Ольга Борисовна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия  
Аспирант кафедры «Художественного моделирования, конструирования  
и технологий изделий из кожи», инженер-исследователь  
E-mail: o.b.konvalova@gmail.com

**Костылева Валентина Владимировна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия  
Заведующий кафедрой «Художественного моделирования, конструирования  
и технологий изделий из кожи», инженер-исследователь  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: kostyleva.vv@mail.ru

**Федосеева Евгения Васильевна**

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина  
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия  
Аспирант кафедры «Художественного моделирования, конструирования и технологий изделий из кожи»  
E-mail: fedoseeva93@bk.ru

**Особенности создания обуви  
с использованием 3D-технологий и 3D-печати**

**Аннотация.** Под параметрической моделью понимают геометрическую модель, изменением параметров которой можно получать разные варианты дизайна.

В статье приведен ряд дизайн-концепций, демонстрирующий не только привлекательность 3D-технологий и 3D-печати в производстве комфортных конструкций различного назначения, высокую степень персонификации изделий, но и возможности их проектирования в цифровом виде. С точки зрения процесса проектирования последнее допускает параметрическое проектирование, с помощью которого можно идентифицировать наборы значений характеристик изделия. Параметрами проектирования являются переменные процесса, значения которых могут быть выбраны разработчиком. Параметризованный чертеж содержит множество переменных, которые могут иметь не только числовые, но и текстовые значения, доступные для изменения на любой стадии их использования. Рассматриваемые в статье примеры призваны служить основанием для определения набора параметров изделий при проектировании с использованием инструментов параметрической генерации форм.

Благодаря этому более высокому уровню геометрической свободы оптимизация проектирования становится более доступной, поскольку сложность геометрии, возникающая в результате процесса оптимизации, больше не является проблемой. С другой стороны, количество возможных решений значительно увеличивается, поэтому выбор наиболее подходящих альтернатив становится более сложным. В настоящее время существующие технологии аддитивного производства добились большего присутствия и признания в производственной сфере, и в то же время инструменты проектирования и оптимизации достигли способности реагировать на новые вызовы, которые новые возможности этих производственных технологий предлагают дизайнерам.

Инструменты параметрического проектирования и методы оптимизации во взаимной интеграции представляют интерес в области преподавания, как ресурсы, которые могут помочь студентам лучше понять некоторые ключевые аспекты каждой из рассмотренных технологий, а также помочь им изучить новые возможности применения этих технологий в продуктивных сценариях и возможности, которые каждая из них предлагает профессионалам в своей деятельности.

(Данная статья является частью диссертационного исследования соавтора — О.Б. Коноваловой).

**Ключевые слова:** параметрическое проектирование; производство обуви; 3D-технологии; 3D-печать; чертеж; параметризация; Grasshopper

### **Выбор параметров проектирования обуви**

Развитие цифровых технологий проектирования дает возможность производства креативной, модельной, спортивной обуви, а также изделий ортопедического назначения. Кроме того, 3D-технологии проектирования позволяют индивидуализировать конечный продукт без серьезных финансовых и временных затрат, расширяя его потенциал и улучшая показатели комфорта.

Для разработки успешной дизайн-концепции важно иметь представление о технологических новшествах, внешнем виде, популярности и актуальности продукции, предлагаемой на международном рынке [1].



*Рисунок 1. Индивидуализированные туфли «XYZ» Earl Stewart  
(<https://www.pinterest.ru/pin/315322411381661492/>, доступ 07.02.22)*

**Earl Stewart модель «XYZ» (рис. 1):**

- на основе детального 3D-сканирования стопы заказчика;
- виртуальная модель состоит из нескольких частей, обладающих различными характеристиками;
- носочная часть уплотнена за счет введения пластиковых включений;
- пяточная часть обладает повышенными характеристиками гибкости;
- подошва состоит из дискретных частей, благодаря способности новейшего оборудования производить одновременную печать несколькими материалами [1; 2].



*Рисунок 2. Эластичные беговые кроссовки Recreus  
(<http://test.itshop.ru/Sneaker-in-filaflex-napechatay-sebe-krossovki-na-3D-printere/19i35684>,  
доступ 07.02.22)*

**Компания Recreus (Испания) модель беговых кроссовок (рис. 2):**

- производители филаментов предлагают скачать модель беговых кроссовок с официального сайта компании, и распечатать ее в домашних условиях;
- материал для печати — Filaflex — полностью разлагаем;
- утилизация старой обуви и быстрая заменимость элемента гардероба;
- идея свободного доступа к 3D-моделям перспективна;
- недостатки:
  - шнуровка создает впечатление ненадежности обуви;
  - не учтены индивидуальные особенности стопы;
  - стелька не имеет геленка, что может пагубно отразиться на здоровье [3].



**Рисунок 3.** *Shamees Aden* — самовосстанавливающиеся кеды для бега  
(<https://www.orgprint.com/novosti/Na-3D-printere-napechatany-samovosstanavlivajuschiesja-krossovki>, доступ 07.02.22)

**Shamees Aden — самовосстанавливающаяся обувь (рис. 3):**

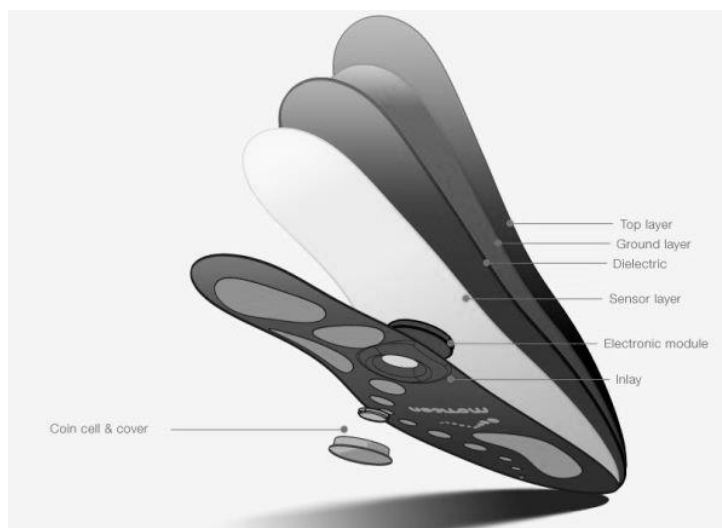
- состоят из «протоноклеток» — маленьких частиц, которые проявляют активность только если их соединить;
- «протоноклетки» могут воссоздаваться в любом виде по желанию пользователя;
- из субстанции «протоноклеток» распечатывается обувь на 3D-принтере;
- «протоноклетки» набирают объём, когда ощущают давление, таким образом, они формируют подошву обуви, индивидуально подстраиваясь под носителя и рельеф местности;
- если обувь погрузить в сосуд с «протоноклетками», она будет самовосстанавливаться после повреждений, и возвращаться к первоначальному виду.



**Рисунок 4.** Adidas стельки «с памятью» fitFOAM  
([https://www.adidas.ru/search?q=стельки%20с%20памятью&new\\_arrivals\\_ru\\_ru=novinki](https://www.adidas.ru/search?q=стельки%20с%20памятью&new_arrivals_ru_ru=novinki),  
доступ 07.02.22)

**Adidas совершенствование вкладных стелек (рис. 4):**

- используется эластичный гипоаллергенный материал EVA с памятью формы;
- поддерживает продольный свод стопы и защищает от ударных нагрузок при ходьбе [4].



**Рисунок 5.** Moticon — реабилитационные стельки, оснащенные тринадцатью датчиками (<https://medgadgets.ru/novosti-2/new-technology/stelki-s-besprovodnymi-datchikami-ot-kompanii-moticon.html>, доступ 07.02.22)

**Компания Moticon технология OpenGo Insoles (рис. 5):**

- реабилитационные стельки, оснащенные тринадцатью датчиками, собирающими информацию с соответствующих зон стопы и выводить температуру ног;
- носитель осведомлен о распределении веса, посадке и прочих показателях состояния стопы [2–4];
- недостаток — использование батареек;
- применимо лишь в диагностике, но не в повседневной носке.



**Рисунок 6.** Концепт дизайнера Муан Он-Сри для детей  
(<https://parsonsadmissions.wordpress.com/2013/09/12/recent-product-design-grad-muan-on-sri-wins-pensole-future-of-footwear-award/>, доступ 07.02.22)

**Muan On-Sri — PLAYSHUZ** (рис. 6):

- персонификация методом комбинаторного дизайна;
- применение «игры» как образующего элемента.



**Рисунок 7.** SwiftWear, 2015  
(<https://www.techspot.com/news/62972-swiftwear-e-paper-sneakers.html>, доступ 07.02.22)



**Рисунок 8.** Digitsole, Ni-Ling совместно с Xiaomi  
(<https://sneakersnews.ru/tehnologii/smart-krossovki-xiaomi-tehnologii-umnyh-krossovok>, доступ 07.02.22)



**Рисунок 9.** Кроссовки Nike Zoom Soldier 8 с технологией самофиксации  
(<https://www.basketshop.ru/library/krossovki-nike-zoom-lebron-soldier-8/>, доступ 07.02.22)

**Персонализации встраиванием дисплеев с настраиваемыми пользовательскими изображениями и синхронизацией с гаджетами (рис. 7–9):**

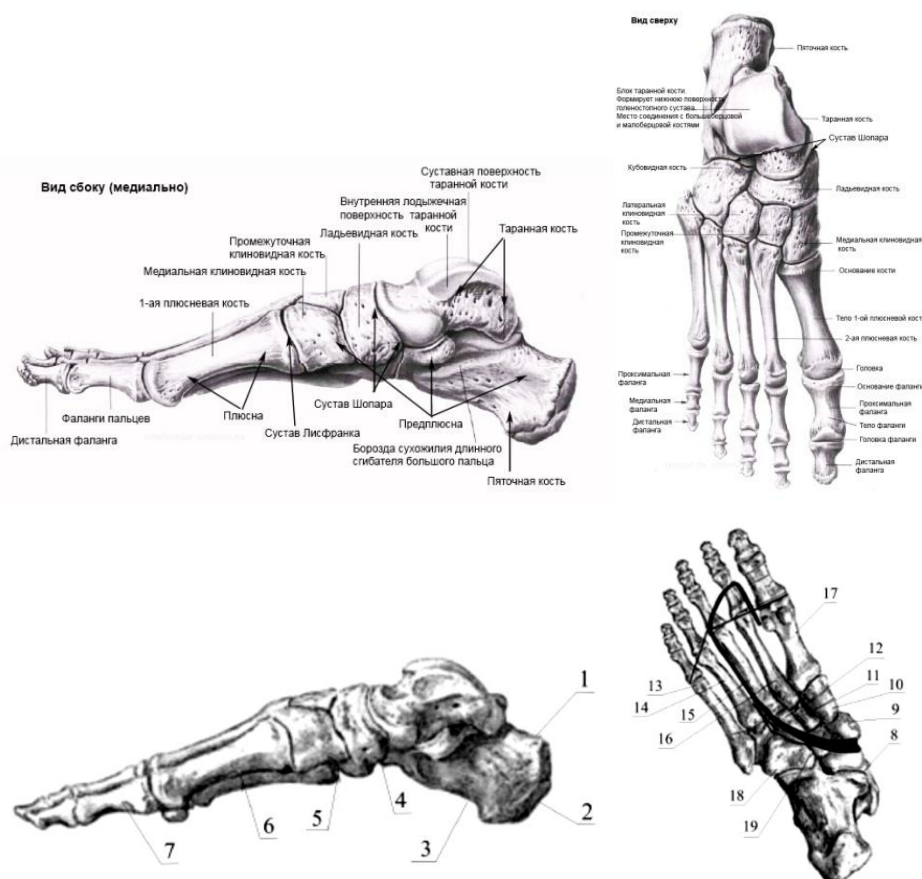
- SwiftWear, 2015 (рис. 7);
- Digitsole, Ni-Ling совместно с Xiaomi, Wishills со встроенной системой внутренней навигации, 2015 (рис. 8);
- Nike кроссовки Zoom Soldier 8, оснащенные системой «умной» фиксации Flyease и предназначенной для людей с ограниченными возможностями (рис. 9).

Анализируя направления развития современных технологий обувной промышленности, можно выделить следующие приоритетные параметры проектирования обуви:

- индивидуализация;
- доступность;
- экологичность материалов;
- удобство и комфорт.

### **Проектирование разных конструктивных деталей и форм обуви**

Обувь рассматривают, как укрывающее средство для стопы с подошвой или стелькой со средствами повышения амортизации. Средства для увеличения степени амортизации полезны для смягчения реакции сил, возникающих при столкновении пяточной части стопы с землей и воздействующих на голеностопный сустав и голень. Однако, увеличенный вес обуви потребляет большее количество энергии носящего. Конструкция, надетая на ногу, в любом случае ограничивает ее естественное движение. Например, угол поворота плюсневого межфалангового сустава (угол между землей и плюсневыми фалангами) значительно уменьшается при надетой обуви. Если при беге босиком он близок к 60°, то обувь снижает его до 35° [3–5]. Мышцы голени и стопы также не имеют возможности действовать в их полную силу, и, поэтому, если обувь сконструирована неправильно, она будет не только ограничивать способность человека двигаться эффективно, но и может стать причиной тяжелых травм и деформаций. Из-за амортизации, повышенной массы и отдаленности точки приложения силы тяжести возникает противодействующий крутящий момент, который негативно воздействует на стопу, при изгибе позвоночника. При беге, например, придется затрачивать дополнительную энергию именно на преодоление этого противодействующего крутящего момента.



**Рисунок 10.** Кости правой стопы человека (<https://ortofoot.ua/stopa-cheloveka/>)

На рисунке 10 линия 19 представляет линию сгиба в стопе человека между кубовидной костью 18, с одной стороны, и латеральной клиновидной костью 12 и ладьевидной костью 9 — с другой. Стопа может сгибаться вдоль этой линии сгиба, что означает, что если ее сгибают вдоль продольной оси, проходящей между четвертой плюсневой фалангой 14 и третьей плюсневой фалангой 15, то три наиболее медиальных фаланги 15, 16, 17 будут сгибаться в одну сторону, а две наиболее латеральных фаланги 13, 14 будут сгибаться в другую. Признание этой линии сгиба путем обеспечения возможности сгиба подошвы вдоль этой оси, обеспечивают мышцам вероятность поворачиваться наружу и внутрь, и быстрее компенсироваться после удара пятки о землю. Таким образом, в случае слишком большого поворота внутрь, т. е. в случае, когда свод стопы перемещают в медиальную сторону, мышцы сгибателя большого пальца стопы для поворота наружу противодействуют реакцией подошвенного изгиба на медиальной стороне стопы. Противодействие будет более быстрым при использовании подошвы с канавкой по линии сгиба, так как мышцы сгибателя большого пальца стопы не должны «поднимать» всю подошву, а только ее часть, а именно: часть, расположенную с внутренней боковой стороны изогнутой канавки сгиба, т. е. часть, содержащую первую, вторую и третью плюсневые фаланги [4–6].

Идеальная точка касания земли А показана в нижней области пяточной части на (рис. 11). Эта точка является оптимальной точкой приземления, и располагается непосредственно под пяткой с небольшим смещением. На практике, однако, добиться этой оптимальной точки приземления невозможно. Обычно касание земли происходит где-то вдоль линии В. Точка приземления во многом зависит от индивидуальных особенностей, и ее положение может отличаться у правой и у левой стоп. Однако приближение этой точки к точке А приводит в результате к улучшенной затрате силы и энергии. Для приближения точки реального приземления как можно ближе к точке А можно:



- уменьшить высоту пяточной части (максимальная высота — от 8 мм до 12 мм);
- ограничение выступающей части в месте контакта за счет особого рисунка подошвы.

Таким образом, точка реального касания С оказывается приблизительно между А и В.



**Рисунок 11.** Положение точек касания в соответствии с рисунком подошвы  
(<https://rosuchebnik.ru/material/pravilnaya-obuv-s-tochki-zreniya-fiziki-7456/>, доступ 07.02.22)

## Принципы проектирования конструктивных деталей и форм обуви

### Создание 3D-модели.

Для создания 3D-модели были выбраны два программных продукта: 3Ds Max Autodesk, и Rhinoceros 3D, Robert McNeel & Associates. Начальное проектирование производилось последовательно в обоих средах.

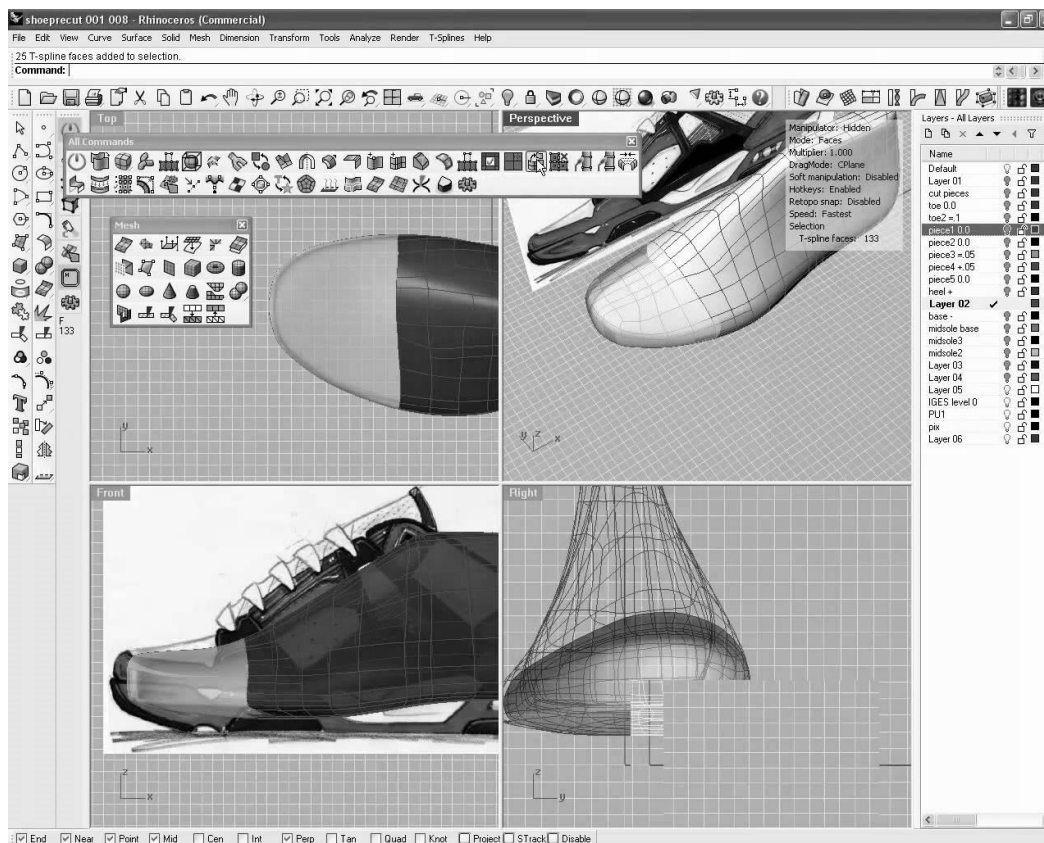
3Ds Max:

- Создание контура подошвы на плоскости, по чертежу:
  - Create-Shapes-Line (в разделе «Creation method» установить параметр «Smooth»);
  - полученные сплайны объединить командой «Attach»;
  - конвертирование объекта в полигон опцией «Convert to editable poly», в меню редактирования, устанавливается толщина каждого элемента;
  - на готовой поверхности подложки, создают сплайны по эскизу, и вытягивают (командой «Extrude»).
- Боковая поверхность создается в два этапа:
  - перенос выкроек и их деформация по форме стопы;
  - создание контуров-сплайнов на основе выкроек с чертежа.
- Каркас будущей поверхности простраивается по точкам, с применением к ним в отдельности функций «Fuse» и «Weld», за тем применяем модификаторы «Surface» и «Shell», для придания толщины (3,5 мм).
- Ортопедическая стелька с геленком создается аналогичным методом, но, на заключительном этапе, к ней необходимо дополнительно применить модификатор «Turbo smooth», чтобы сгладить края (усредненная толщина стельки лежит в диапазоне от 5 до 8 мм).

Конструкция подразумевает утолщения формы в пяточной, носочной областях, поэтому моделирование выполняется отдельно сплайнами и модификаторами «Surface» и «Shell». При

построении сплайнами в 3Ds Max некоторые элементы верха имеют некорректное отображение, поэтому целесообразно перейти в среду Rhinoceros 3D.

Rhinoceros 3D позволяет проектировать твердотельные элементы, все соединения возможно выполнить с самой высокой точностью, определяя и закрепляя связи между всеми элементами объекта (рис. 12).



**Рисунок 12.** Вид модели в Rhinoceros 3D и фотореалистичное изображение (<https://www.youtube.com/watch?v=CPZgddUakOA>, доступ 07.02.22)

Для индивидуализации, параметры модели необходимо настроить, а именно установить зависимость соотношений между размерными элементами. Параметризация, в этом случае, позволяет автоматизировать процесс перестроения модели в соответствии с индивидуальными требованиями. Подобным функционалом, обладает ряд специализированных САПР [6]. Для Rhinoceros 3D существует плагин RhinoWorks компании BricSys, позволяющий контролировать взаимное положение и размеры трехмерных геометрических объектов. Так, плагин автоматически конвертирует объекты типа «Extrusion» в обычные поли-поверхности, позволяя применять к ним весь набор геометрических и размерных ограничений. С помощью RhinoWorks скорость внесения изменений в твердотельные, поверхностные и каркасные модели — как созданные в Rhino, так и импортированные из других CAD-систем — значительно возрастает [5–7].

### **Быстрое прототипирование.**

Есть несколько способов вывода данных из 3D-систем:

1. В виде чертежей и проекций, сохраняя преемственность к 2D-системам.
2. С помощью станков с числовым программным управлением (ЧПУ), получив реальный трехмерный макет [8; 9].

Станки с ЧПУ имеют ряд недостатков:

- «слепые» зоны и участки, к которым технически не может подойти режущий инструмент;
- необходимость базовой площадки для закрепления заготовки;
- перерасход материала;
- ограниченная рабочая площадь;
- шум.

3. Быстрое прототипирование — это послойный синтез готового изделия или модели непосредственно по данным CAD-модели.

На сегодняшний день появляется возможность изготавливать не только прототипы, но и готовые изделия.

Существуют различные виды технологии [10; 11]:

- стереолитография — STL;
- отверждение на твёрдой основе — SGC;
- наплавка — FDM;
- распыление — BPM;
- спекание порошков лазерами — SLS;
- моделирование, с использованием склеивания — LOM;
- многосопельное моделирование — MJM.

Эти технологии отличаются используемым материалом и методом нанесения слоя [12].

В данной технологии изготовления применяется FDM 3D-печать, или производство методом наплавления нитями последовательных слоев материала, повторяющих контуры цифровой модели.

Производственный цикл:

- 3D-модель в формате STL делится на слои и ориентируется подходящим образом для печати;
- изделие производится выдавливанием (экструзией) и нанесением микрокапель расплавленного материала с формированием последовательных слоев [13]. Нить с катушки подается в экструдер — устройство, оснащенное механическим приводом для подачи нити, нагревательным элементом для плавки материала и соплом, через которое осуществляется экструзия. Верхняя часть сопла охлаждается с помощью вентилятора. Все указанные характеристики определяются оборудованием для печати [14–16].

Оборудование, предполагаемое к использованию в обувной промышленности должно отвечать ряду обязательных требований, а именно:

- габариты рабочей площадки должны соответствовать максимальному размеру колодки;
- точность построения (нормой при проектировании обуви считается погрешность в 0.5 миллиметра);

- скорость изготовления моделей должна быть максимально возможной для повышенной эффективности;
- толщина слоя, характеризующая «гладкость» модели, должна находиться в пределах 0.01–0.3 мм.

Предпочтительным оборудованием для печати обуви является, например, принтер Lewihe Sneaker, поступивший в продажу в декабре 2014 года:

1. Размеры:

- принтер: 48 (ширина) x 35 (глубина) x 46 (высота) см;

2. Печать:

- технология печати: моделирование методом наплавления;
- используемая нить: 1,75 мм PLA или Filaflex;
- диаметр сопла: 0,4 мм;
- скорость печати: 120 мм/с.

Программное обеспечение:

- Cura, Repetier, Pronterface, Octoprint;
- форматы используемых 3D файлов: .stl, .gcode, .obj;
- Windows (7 +), Mac OS X (10 +), Linux.

Электрические:

- внешний блок питания постоянного тока 12В, 6А.

Механические:

- конструкция: шасси из алюминиевого сплава;
- поверхность рабочего объема: закаленное стекло.

Камеры:

- разрешение камеры: 320 x 247.

**Заключительная обработка поверхности.**

Обработка может быть механической, либо химической.

Химическая обработка, безусловно, повышает качественные показатели изделия, но снижает его расщепляемость, что не соответствует экологическим показателям [17; 18].

Простейшая механическая обработка, в свою очередь, может привести к нарушениям уникальной поверхности, созданной с учетом минимальных допусков, что, опять же, непозволительно при создании обуви, целиком и полностью, ориентированной на индивидуальные особенности покупателя [19; 20].

В 2013 году голландским дизайнером Эриком Хулеги была предложена технология текстурирования изделия методом вакуумной формовки, при котором слой желаемой ткани «накладывается» на изделие, идеально повторяя каждый изгиб [21; 22].

### Выводы

Проанализированы особенности:

- параметрического проектирования обуви;
- параметрического проектирования разных конструктивных деталей и форм обуви;
- особенности параметрического проектирования конструктивных деталей и форм обуви из разных материалов;
- параметрического проектирования конструктивных деталей и форм обуви с применением разных технологических схем.

Выявлены методологические основы создания обуви с использованием инструментов параметрического проектирования.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Самовосстанавливающаяся обувь для бега, сделанная из 3D печатных протоклеток. URL: <http://www.3dindustry.ru/article/1655/> (дата обращения: 5.05.2015).
2. Глазычев В.Л. Ле Корбюзье и дизайн XX века / М.: Сов. художник, 1986. — 107 с.
3. Голиченков А.М. Гигиеническое значение комплекса ведущих компонентов полимерных материалов (фенола, стирола, формальдегида) как факторов загрязнения жилой среды.: Дис. канд. мед. наук. — Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева АМН Украины, Киев, 2006.
4. RhinoWorks V3. URL: <https://www.bricsys.com/common/applications/application.jsp?app=495&apploc=803> (дата обращения: 23.01.2017).
5. Костюм: теория художественного проектирования. Под общ. ред. Козловой Т.В. — МГТУ им. А.Н. Косыгина, ООО «Совьяж Бево» — М., 2005.
6. Шимко В.Т., Ефимов А.В. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник [Текст]. — М.: «Архитектура-С», 2004. — 109 с.
7. Белько Т.В. Бионические принципы формообразования костюма.: Дис-я д.т.н. — М., — 2006.
8. Фаршатова Т.М. Кинетическое формообразование в художественном проектировании трикотажа: Дис-я к.т.н. — М., — 2000.
9. Деткина Д.Н., Фукин В.А. Использование иллюзий зрительного восприятия при художественном моделировании обуви. — М.: ИИЦ МГУДТ, 2010.
10. Заева-Бурдонская Е.А., Курасов С.В. Формообразование в дизайне среды. Метод стилизации. — М., — 2008.
11. Колейчук В.Ф. О комбинаторном формообразовании // Художественные и комбинаторные проблемы формообразования. М., 1979. — С. 32–39. — (Тр. ВНИИТЭ. Сер. Техническая эстетика; Вып. 20).
12. Wong, Wucius Principles of color design — 2nd ed.: John Wiley & Sons, Inc., 1996.

13. Костылева В.В. Развитие теоретических и методологических основ автоматизированного проектирования обуви: Дис. д.т.н. — М.: МГАЛП, 1994. — 317 с.
14. Кораблина С.Ю. Модульное проектирование конструкций обуви (на примере детской обуви): Дис. к.т.н. — М.: МГАЛП 1998. — 156 с.
15. Степанов А.В., Мальгин В.И., Иванова Г.И. Объемно-пространственная композиция: Учеб. для вузов / М.: Издательство «Архитектура-С», 2003.
16. Прицкер В.О., Разин И.Б., Фомина Т.Т. Концепция развития интегрированных автоматизированных систем конструкторской и технологической подготовки обувного производства: Сб. Автоматизация технологических процессов легкой промышленности. — М.: МГАЛП, 1993.
17. Виленкин Н.Я. Комбинаторика. — М: Наука, 1969. — 328 с.
18. Фомина Т.Т. Разработка основ проектирования рациональной спортивной обуви и оценка ее качества: дис. д-ра т.н. — М., 1991. — 498 с.
19. Бастов Г.А. Вопросы художественного проектирования обуви из термопластичных материалов. Дис. к.т.н. — М., 1981. — 185с.
20. Петушкова Г.И. Композиция обуви. Ч. 3. Симметричное формообразование в обуви — М.: МТИ, 1990 — 27 с.
21. Крюков Г.В. Основные принципы закономерности художественного конструирования изделий промышленного производства. М., изд. МВХПУ. 1964.
22. Уалиев Б.М. «Формообразование обуви в системе художественного проектирования для промышленного производства». Автореферат диссертации на соискание ученой степени к.т.н. М., 1989 — 24 с.

**Konovalova Olga Borisovna**

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia  
E-mail: o.b.konovalova@gmail.com

**Kostyleva Valentyna Vladymirovna**

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia  
E-mail: kostyleva.vv@mail.ru

**Fedoseeva Evgenya Vasylevna**

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia  
E-mail: fedoseeva93@bk.ru

## Features of creating shoes using 3D technologies and 3D printing

**Abstract.** A parametric model is understood as a geometric model, by changing the parameters of which different design options can be obtained.

The article presents a number of design concepts demonstrating not only the attractiveness of 3D technologies and 3D printing in the production of comfortable structures for various purposes, a high degree of personification of products, but also the possibilities of their design in digital form. From the point of view of the design process, the latter allows parametric design, with which it is possible to identify sets of values of product characteristics. The design parameters are process variables, the values of which can be selected by the developer. A parameterized drawing contains many variables that can have not only numeric, but also textual values that can be changed at any stage of their use. The examples considered in the article are intended to serve as a basis for determining a set of product parameters when designing using parametric form generation tools.

Thanks to this higher level of geometric freedom, design optimization becomes more accessible, since the complexity of geometry resulting from the optimization process is no longer a problem. On the other hand, the number of possible solutions increases significantly, so choosing the most suitable alternatives becomes more difficult. Currently, existing additive manufacturing technologies have achieved greater presence and recognition in the manufacturing sector, and at the same time, design and optimization tools have achieved the ability to respond to the new challenges that the new capabilities of these manufacturing technologies offer designers.

Parametric design tools and optimization methods in mutual integration are of interest in the field of teaching, as resources that can help students better understand some key aspects of each of the technologies considered, as well as help them explore new opportunities for using these technologies in productive scenarios and the opportunities that each of them offers to professionals in their activities.

(This article is part of the dissertation research of the co-author — O.B. Konovalova).

**Keywords:** parametric design; shoe manufacturing; 3D technology; 3D printing; Drawing; Parametrization; Grasshopper