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

2020, №3, Том 5 / 2020, No 3, Vol 5 https://kostumologiya.ru/issue-3-2020.html

URL статьи: https://kostumologiya.ru/PDF/19IVKL320.pdf

Ссылка для цитирования этой статьи:
Зеленова Ю.И., Островский Ю.К., Коробцева Н.А. Гомеоморфный метод конструктивной трансформации форм из кружевных модулей // Научный журнал «Костюмология», 2020 №3, https://kostumologiya.ru/PDF/19IVKL320.pdf (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:
Zelenova Ju.I., Ostrovskiy Yu.K., Korobtseva N.A. (2020). Homeomorphic method of constructive lace-like forms transformations. *Journal of Clothing Science*, [online] 3(5). Available at: https://kostumologiya.ru/PDF/19IVKL320.pdf (in Russian)

УДК [687.01:677.076.5]:515.1

ГРНТИ 64.01.77

Зеленова Юлия Игоревна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Аспирант
E-mail: zelenova.julie@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6979-2443
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1049637

Островский Юрий Константинович
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Доцент
Кандидат физико-математических наук, доцент
E-mail: ostrovsky_j@bk.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=846451

Коробцева Надежда Алексеевна
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Профессор
Доктор технических наук, профессор
E-mail: rrr-home@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9895-6761

Гомеоморфный метод конструктивной трансформации форм из кружевных модулей

Аннотация. В статье рассматривается проблематика трансформативного дизайна в костюме из кружев, кружевных полотен и кружевоподобных структур. Предложенный гомеоморфный метод модификаций конструктивных форм из кружев направлен на расширение возможностей трансформативного дизайна и формирование новых творческих дизайн-источников. На данный момент недостаточно существующих методик проектирования костюмов из кружевных полотен, так как новые технологии требуют переосмысления и поиска инновационных методик и подходов к проектированию костюма.

Автором под гомеоморфным методом трансформации понимается метод, позволяющий изменять конструктивную дизайн-форму без разрывов и склеиваний при соблюдении определенных условий. Использование свойств топологии в костюме дает новые подходы и решения при проектировании костюмов с применением новых материалов и технологий.

Апробация метода гомеоморфной трансформации происходит на примере конструкции сферы, созданной из круговых кружевных модулей (Зеленова Ю.И.). Главным условием для работы заявленного метода трансформации является создание полой сферы или кружевной сферической оболочки. Благодаря использованию данного метода удалось создать 14 модификаций форм сферы (Зеленова Ю.И.). В качестве доказательства правильности метода гомеоморфной трансформации представлены формулы и график для выбранной формы 2 и формы 3, подтверждающие обоснованность применения метода в конструкции сферы. Рассматриваются два условия до деформации сферической оболочки до и после деформации – в первом случае площадь сферической оболочки не меняется, во втором – объем полой сферы не меняется. Деформация без разрывов и склеиваний является возможной с полной вероятностью.

На основании данного метода в статье представлен авторский модельный ряд костюмов из кружев (автор Зеленова Ю.И.) с применением модификаций форм сферы для наглядного представления действия разработанного метода в костюме из кружев, кружевных полотен и кружевоподобных структур.

Метод гомеоморфной трансформации форм является наиболее перспективным для дальнейшего изучения и применения в костюме с использованием новых материалов и технологий, в частности применения 3D-печати.

Ключевые слова: кружево; кружевной модуль; сфера; сферическая оболочка; топология; гомеоморфизм; трансформация; модификация форм

Введение

Аналитическое исследование дизайнерского рынка указывает на необходимость увеличения вариативности ассортиментных линеек за счет выявления и разработки новых методов и методик дизайн-проектирования костюмных объектов. На данном этапе, видовое разнообразие одежды из кружев и кружевных полотен ограничивается плательным, костюмным и рубашечным ассортиментом. Также, основной проблемой при создании комплексного единообразия костюма из кружев является разработка новых подходов к формообразованию костюма и сохранения баланса в триаде функционально-конструкторско-эстетических средств формотворчества.

Для расширения границ применения кружев, кружевных полотен и кружевоподобных структур автором был разработан метод гомеоморфной трансформации конструктивной формы костюма. Дизайн-проектирование, направленное на создание вариативного изменения форм костюма на одной базовой форме, является приоритетным на существующий период времени. Трансформативное изменение конструктивной формы, выстроенной из кружевных элементов, является уникальным методом дизайна изделий из кружев и кружевных полотен.

Цель исследования состоит в разработке метода гомеоморфной трансформации форм костюма из кружевных полотен и кружевоподобных структур и его математическим обоснованием для расширения вариативности форм костюма из кружев и апробации применения прикладной математики в проектировании костюма.

Математические основы проектирования костюма

Структурно-математическое отношение к красоте и искусству основательно начинает закладываться в эпоху Ренессанса [1, с. 94]. Итальянский ученый эпохи Возрождения Леон-Батиста Альберти писал: «Красота – есть строгая соразмерная гармония». Основополагающим принципом гармонизации объектов искусства и архитектуры того времени служил закон золотого сечения.

Кружево всегда напрямую было связано с математикой, и, в первую очередь, с геометрией. Геометризация раскрывается не только в композиционной сетке кружевных мотивов, но и в геометрии структурных пространств кружева, их строения и связей, построения формы костюма.

Без специальных математических формул и конструкторских программ на базе математических законов представляется сложным создать костюм правильной формы и идеальной посадки на человеческую фигуру. Для разработки трансформативного метода в дизайн-проектировании форм костюма необходимо подробно рассмотреть геометрическое явление топологии.

Топология (от греч. topos – место и logos – учение) как раздел математической науки рассматривает свойства фигур, не изменяющиеся при разного рода деформациях, которые производятся без разрывов и склеиваний [2].

«Под топологией будем понимать учение о модальных отношениях пространственных образов – или о законах связности, взаимного положения и следования точек, линий, поверхностей, тел и их частей или их совокупности в пространстве, независимо от отношений мер и величин» [3]. Одно из основных понятий топологии – это гомеоморфизм.

Гомеоморфизм (от греч. hómoios – подобие, morphe – вид, форма) представляет взаимно однозначное и взаимно непрерывное отображение топологических пространств. Гомеоморфизм – это биекция, связывающая топологические структуры двух пространств. Под биекцией понимается взаимно однозначное отображение (соответствие), при котором точка одного множества соответствует только одной точке другого множества.

Примеры гомеоморфизма:

1. Любой треугольник, квадрат, ромб, прямоугольник, трапеция гомеоморфны любому кругу и гомеоморфны между собой, следовательно, фигура с любым количеством внутренних и внешних углов, каждый угол которой соответствует определенной точке и общее количество этих точек равно количеству точек на круге, то фигура и круг гомеоморфны друг другу.
2. Буквы Г, Л, М, П, С между собой гомеоморфны, т. к. отображение происходит без разрывов и склеиваний.
3. Куб, сфера, пирамида гомеоморфны шару и гомеоморфны друг другу.
4. Кружка гомеоморфна тору (полая камера колеса) и любому предмету, имеющему одно отверстие. Классический пример топологического гомеоморфизма представлен на рисунке 1.

На свойстве гомеоморфизма была построена одна из нерешенных гипотез тысячелетия, так называемая «формула Вселенной» или «Гипотеза Пуанкаре»: «Всякое односвязное компактное трёхмерное многообразие без края гомеоморфно трёхмерной сфере». Великий французский математик Анри Пуанкаре (1854–1912) в 1904 году в виде небольшой заметки сформулировал гипотезу, которая заключается в предположении, что ***пространство не трёхмерно, а содержит значительно большее число измерений***, и любой предмет можно превратить в шар путем одной только деформации, не осуществляя склеивание или разрезание. В 2002–2003 гг., в серии статей гипотеза была научно доказана русским математиком Григорием Перельманом.

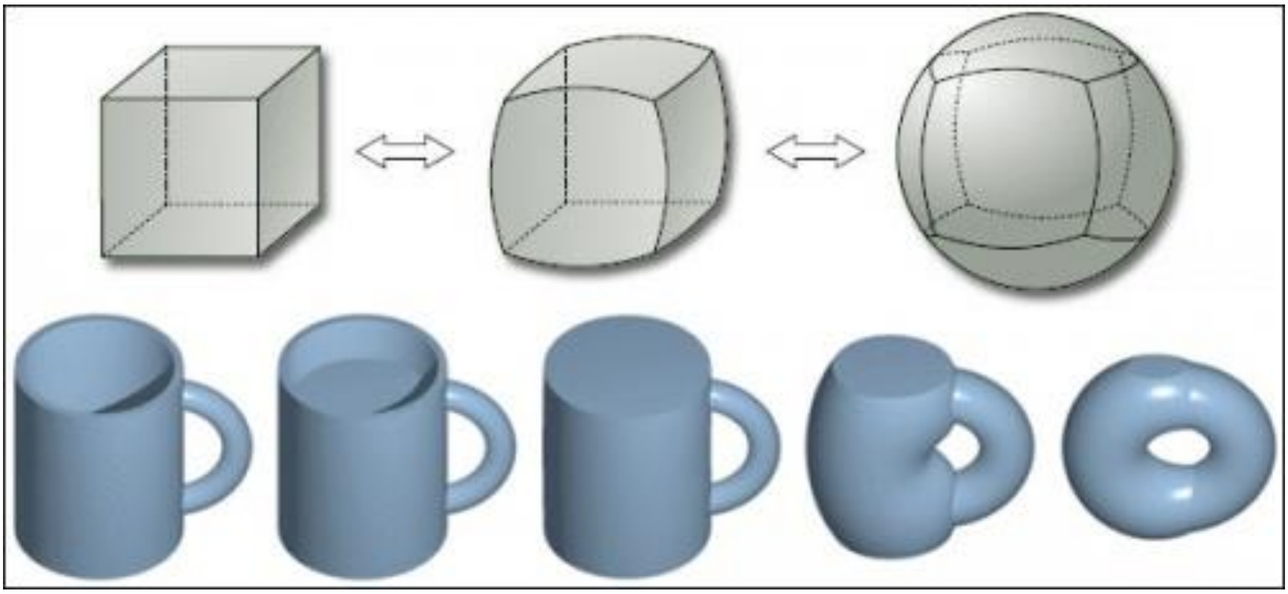


Рисунок 1. *Топологическая эквивалентность куба и шара, тора и кружки*[1]

Любая фигура делится на плоскости, следовательно, гомеоморфизм является свойством плоскостей. Форма костюма – это пространственно-геометрическое взаимодействие плоскостей во внешнем радиусе фигуры человека. Соответственно свойство гомеоморфизма возможно применить и к системе «костюм». Происходит преобразование исходной формы костюма в другую подобную по объему или площади поверхности форму. В геометрии такая деформация фигуры обозначается как А отображается в А1, в проектировании костюма – костюм А трансформируется в костюм А1.

Наглядный гомеоморфизм выражается в непрерывной трансформации формы костюма без изменения фактической площади костюма. Для соблюдения данного свойства в костюме необходимо использование тканей с высокой растяжимостью и пластичностью – трикотаж, эластан, смесовые ткани с эластаном, синтетический шифон и атлас, кружево и трикотаж ручной работы.

В настоящее время (с 2009 года) дизайнерской командой threeASFOUR[2] (Нью-Йорк, США) проводятся разработки ткани со свойствами растяжимости внутренней структуры, что напрямую связано с топологическим свойством гомеоморфизма. С появлением новых материалов для 3D-печати совместно с компанией Stratasys и Тревисом Фитчем удалось создать специальное трехмерное сплетение, которое имитирует алгоритм клеточного деления в платье Панголин (рис.2а). Данную ткань распечатали на 3D-принтере – полярное растяжение ткани происходит не только по ширине (x) и по длине (y), но и по высоте (z). Такой же принцип растяжимости распечатанной ткани применен в другой модели платья Harmonograph, стилизованной под структуру звуковой волны (рис. 2б). Сетчатая структура платья достаточно легко сжимается и возвращается в исходную форму. Материал для платьев напоминает

[1] Ильназ Башаров. Теорема Пуанкаре – математическая формула «Вселенной». Григорий Перельман. Часть 1 (из серии «Настоящий Человек в науке»), Текст электронный // ALLATRA SCIENCE – ALL RIGHTS RESERVED, 13 мая 2015 г., [сайт]. URL: https://allatra-science.org/publication/teorema-puankare-gregory-perelman.

[2] Официальный сайт дизайнерской группы – https://threeasfour.com.

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

искусственную кожу, прилипает к телу и неприятен на ощупь. Аарон Роули (основатель Electroloom – стартап для 3D-печати одежды) объяснил главное различие между стандартной тканью и тканью, созданной посредством 3D-печати: «Волокна, связанные физически, как в случае с 3D-печатью, остаются неподвижны, в то время как сотканные волокна плавно двигаются относительно друг друга». 3D-печать имеет широкую перспективу в сегменте прет-а-порте в будущем с условием поиска и развития разработок новых материалов схожих по свойствам с тканью. По мнению Асфор, такая ткань с внутренней структурой способна лучше пропускать воздух, не заминаться и меньше стеснять движения.

а

б

Рисунок 2. *Модели из коллекции Biomimicry дизайн-команды threeASFOUR (2016 г.): а – Платье Pangolin (ящер); б – Платье Harmonograph*[3]

Разработка новых форм в проектировании костюма по методу гомеоморфной трансформации и его математическое обоснование

Разработка метода гомеоморфной трансформации начинается с выбора формы костюма из кружевных полотен. Круг и сфера являются идеальными формами с точки зрения геометрии. Сфера в конструировании костюма используется как наибольшая кривизна поверхности, которая встречается на теле человека [4; 5]. Трехмерная сфера замкнутого типа является примером односвязного пространства – это такое линейно связное топологическое пространство, замкнутый путь которого можно непрерывно стянуть в точку, т. е. поверхность сферы ориентируема. Любая замкнутая односвязная форма по свойству гомеоморфности может непрерывно трансформироваться в сферу, поэтому с помощью круговых кружевных модулей (рис. 3) составим сферу необходимого размера.

Орнаментика структуры кружевного модуля условно разделена на две части цветовым решением: сердцевина имеет цвет серебра, окаймление – черный цвет с вкраплением серебра (рис. 3а). На рисунке 3б выделено две зоны допустимой замены традиционных нитей на новые материалы для 3D-печати PLA (непластичный материал) и Flex (пластичный материал).

Комбинирование новых технологий и новых материалов ускоряет процесс производства кружевных модулей. Вариант 1: кружевной модуль возможно напечатать из Flex – модуль будет иметь достаточное свойство растяжимости для манипуляций с формой. Вариант 2:

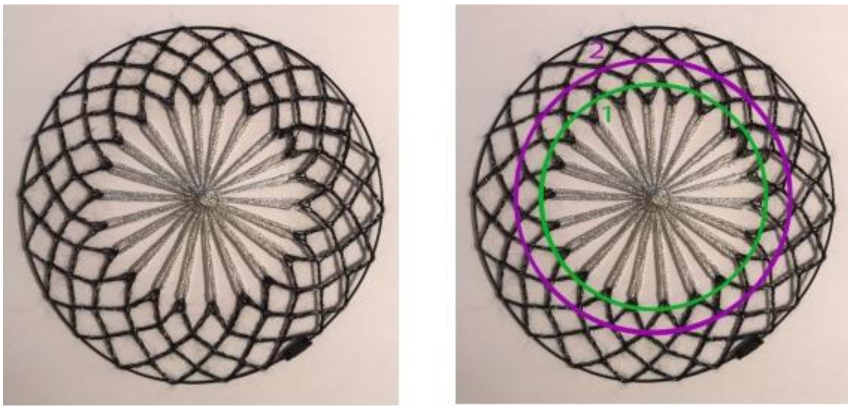
[3] Иллюстрации из книги «Nature Collabo-rations in Design (Природа: сотрудничество в дизайне)», Cooper-Hewitt Museum, 2019.

Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

кружевной модуль комбинируется по зонам – зона 1 печатается из PLA [6], окаймление печатается из Flex или создается из нитей – растяжимостью будет обладать только окаймление, что необходимо для конструктивных манипуляций. Вариант 3: кружевной модуль комбинируется по зонам – зона 2 (зона 1 входит в зону 2) печатается из PLA, остальное окаймление создается из Flex или нитей. Растяжение по окаймлению необходимо для растяжения кружевной плоскости на круговой каркас. Комбинированный модуль отличается от кружевного модуля поверхностным копированием структуры кружева с отсутствием материальных свойств присущих текстилю и текстильной нити. Кружевной модуль является двусторонним.

Прототип шара собран из круговых кружевных модулей (рис.3) способом соединения модулей «встык» и имеет в основе два перпендикулярных каркасных обруча. Шар имеет полую структуру, только в этом случае полностью проявляется фактическое свойство метода гомеоморфной трансформации, следовательно, шар преобразуется в сферу. Размер кружевного модуля: Д = 12,5 см, размер разработанной сферы: Д = 50 см, где Д – диаметр.

Таблица 1 представляет различные модификации сферы на основании метода гомеоморфной трансформации формы с уточнением способа получения формы и линеарного обозначения изменившейся внутренней структуры формы для более наглядного изучения процесса деформации формы шара.



а *б*

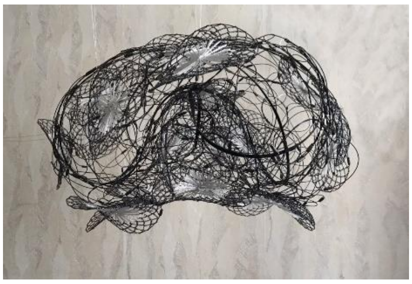
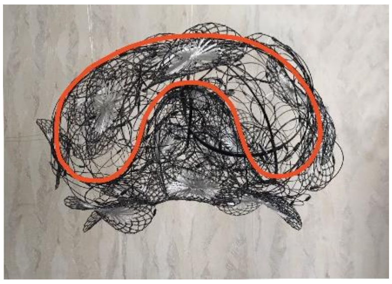
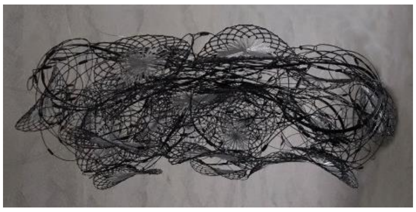
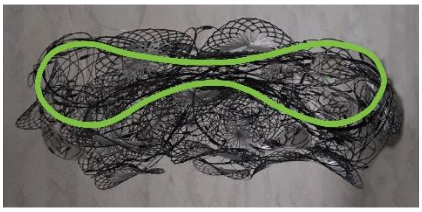
Рисунок 3. *Круговой кружевной модуль (автор Зеленова Ю.И., 2019–2020 гг. ©): а – кружевной двухцветный модуль; б – кружевной двухцветный модуль, с обозначением зон для вариаций технологической разработки*

Таблица 1

Гомеоморфная трансформация формы «Сфера» замкнутого типа из кружев

Способ получения формы	Конструкция формы из кружев	Внутренняя конструкция формы из кружев
Форма 1 Прототип		

19IVKL320
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Способ получения формы	Конструкция формы из кружев	Внутренняя конструкция формы из кружев
Форма 2 Сжатие внутрь		
Форма 3 Разжатие и уплощение		

Автор Зеленова Ю.И., 2020 г. ©

В таблице 1 показано два основных варианта новых форм, трансформируемых из прототипа «Сфера» по принципу гомеоморфного метода за счет применения специальных крепежных элементов.

- Форма 1 – представляет прототип формы «Сфера» с полой конструкцией.
- Форма 2 – происходит сжатие формы 1 вовнутрь при участии одной точки-полюса.
- Форма 3 – происходит максимальное разжатие формы 2 и уплощение в центральной части.

Экспериментальная непрерывная деформация формы сферы по методу гомеоморфной трансформации показала следующую прямо пропорциональную зависимость: чем крупнее модули на сфере, тем меньшее количество модификаций возможно произвести – и наоборот.

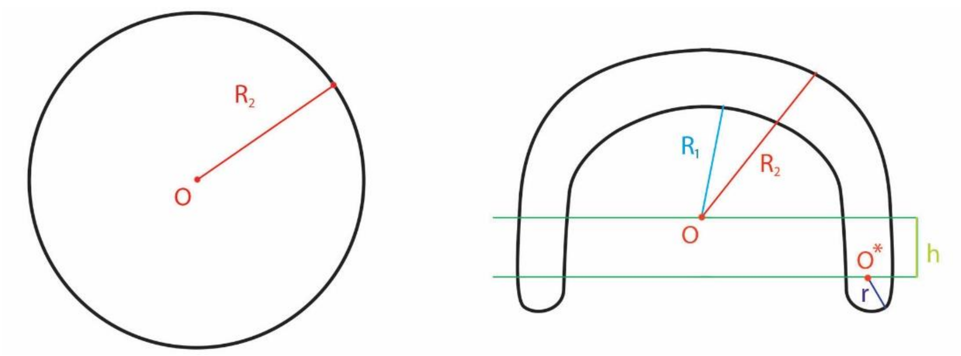
Проведем математические расчеты для формы 2 и формы 3 из таблицы 1 как для наиболее простой модификации – «сжатие и разжатие сферы».

- Расчет многообразия форм на примере формы 2, когда одна точка-полюс (вершина) стремится к противоположному полюсу со сжатием сферы вовнутрь, можно выразить следующей формулой:

$F_n = \frac{L}{N} - 2$ – где F_n – количество форм, полученных при определенной длине диаметра L, поделенного на размер модуля или заданный отрезок (градус) к центру точки-полюса N, при этом необходимо вычесть значение равное 2, т. к. происходит двойное вдавливание и $F_n \neq 0$.

При L = 50 см, N = 12,5 см, $F_n = \frac{L}{N} = \frac{50}{12,5} - 2 = 2$ – количество модификаций форм со сжатием сферы вовнутрь при взятом за отрезок диаметре кружевного модуля Д = 12,5. В таком случае шаги модификаций: $Ш_1 = 1L = 12,5$ см, $Ш_2 = 2L = 25$ см.

- Теперь верифицируем формулы для нахождения площади поверхности сжатой сферы вовнутрь с одного полюса при помощи стереометрии [6; 7] на рисунке 4.



а *б*

Рисунок 4. *Сжатие сферы с одного полюса (форма 2 из табл. 1):*
а – сфера с центром в точке О радиусом R_2; б – та же сфера с деформацией одного полюса

Сфера на рисунке 4а имеет центр в точке О и радиус R_2 ($\frac{L}{2}$ = 25 см). На рисунке 4б показана деформация в виде сжатия одного полюса вовнутрь. Составим формулы площадей поверхности данной сферы для проверки достоверности гомеоморфного метода трансформации сферы из кружевных модулей.

1. Площадь поверхности сферы (рис. 4а):

$$S = 4\pi R_2^2\text{, откуда } S = 4 * 3{,}14 * 0{,}25^2 = 0{,}785 \text{ м.}$$

2. Найдем радиус малой полусферы (рис. 4б):

$$R_2 = R_1 + 2r\text{, откуда } R_1 = R_2 - 2r\text{, а } r = \frac{R_2 - R_1}{2},$$

при условии $O < r \leq R_2$, где $R_2 = 25$ см = 0,25 м.

Из формулы нахождения F_n (см. выше) для формы 2 выберем модификацию с максимальным вдавливанием полюса:

$$Ш_2 = R_1 = 2L = 2 * 12{,}5 = 0{,}25 \text{ м.}$$

$$r = \frac{0{,}25 - 0{,}25}{2} = 0.$$

3. Площадь поверхности сжатой сферы $S_м$ условно можно разделить на сумму площадей поверхностей большой сферы с радиусом R_2, малой сферы с радиусом R_1, внутреннего коаксиального цилиндра с высотой h, внешнего коаксиального цилиндра с высотой h и тора с радиусом r (рис. 4б):

$$S_м = \frac{1}{2}4\pi R_2^2 + \frac{1}{2}4\pi R_1^2 + 2\pi R_1 h + 2\pi R_2 h + \frac{1}{2}4\pi(R_1 + r)r.$$

4. Площади поверхностей равны, если:

$$h = \frac{3R_1 r + 3R^2}{2(R_1 + r)} = \frac{3}{2}r\text{, где } R^2 = R_2^2 = 0{,}25 \text{ см.}$$

5. Подставим известные значения для нахождения h и площади поверхности сжатой сферы:

$$1.\ h = \frac{3*0{,}25*0+3*0{,}25^2}{2(0{,}25+0)} = \frac{0+0{,}1875}{0{,}5} = \frac{0{,}1875}{0{,}5} = 0{,}375 \text{ м, откуда}$$

$$r = \frac{3}{2} * 0{,}375 = 0{,}5625 \text{ м.}$$

2. $S_м = \frac{1}{2} * 4 * 3{,}14 * 0{,}25^2 + \frac{1}{2} * 4 * 3{,}14 * 0{,}25^2 + 2 * 3{,}14 * 0{,}25 * 0 + 2 * 3{,}14 * 0{,}5 * 0 + \frac{1}{2} * 4 * 3{,}14 * (0{,}25 + 0) * 0 = 0{,}3925 + 0{,}3925 + 0 + 0 + 0 = 0{,}785$ м.

6. Из произведенных расчетов можно представить следующее:

$$S = S_м = 0{,}785 \text{ м.}$$

Следовательно, ***гомеоморфный метод трансформации абсолютно верен, так как исходная площадь поверхности сферы равна площади поверхности сферы после модификации «сжатие».***

- Теперь верифицируем формулы для нахождения объема пластичной сферической оболочки при сохранении объема деформированного тела (сжатие сферы вовнутрь с двух полюсов) для формы 3 из таблицы 1 при помощи стереометрии (рис. 5).

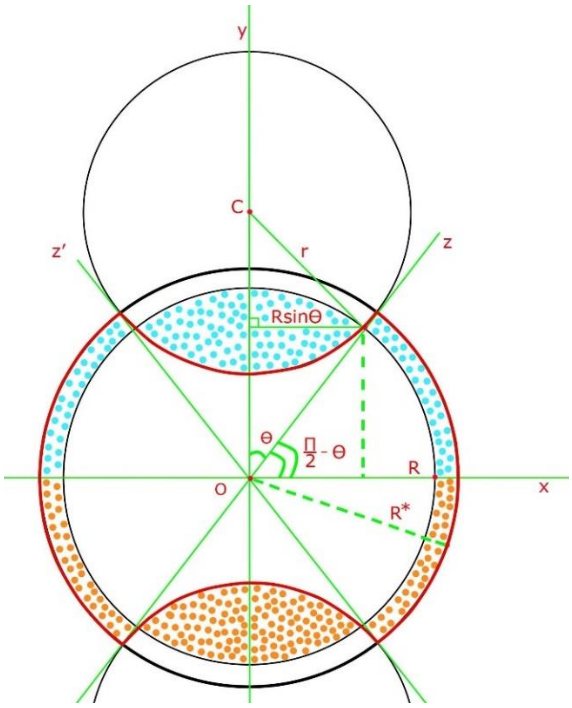


Рисунок 5. *Поверхность сжатой сферы с двух полюсов (форма 3 из табл. 1)*

1. $x^2 + y^2 + (z - c)^2 = r^2$ – уравнение сферы 1 с центром в точке C и радиусом r.
2. $z^2 + x^2 + y^2 = R^2$ – уравнение сферы 2 с центром в точке O и радиусом R*.
3. Rsin(θ) – радиус окружности, образованной пересечением двух сфер с радиусами r и R, и углом θ (тета).
4. $r^2 = c^2 + R^2 - 2cR\cos\theta$ – теорема косинусов для треугольника.
5. Из теоремы косинусов найдем угол $\theta = \arccos\left(\frac{c^2 + R^2 - r^2}{2cR}\right)$, где $c - R \le r \le c$ и $O < r \le R$, отсюда $\theta_{max} = \arccos\left(\frac{R}{2r}\right)$.

При условии, что сфера вдавливается на расстояние $Ш_1 = 12{,}5$ см $= 0{,}125$ м, r = 0,0001…0,25 м = 0,175 м (радиус малой сферы Cr), R = 0,25 м (расстояние OR) и c = 0,3 м (расстояние OC, произвольное значение в соответствии с условиями п.5), получим значение угла

$$\theta = \arccos\left(\frac{0{,}3^2 + 0{,}25^2 - 0{,}175^2}{2 * 0{,}3 * 0{,}25}\right) = \arccos(0{,}8125) = 35{,}66° = 0{,}622 \text{ rad}.$$

1. $V_1^{\text{верх}} = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{R\sin\theta} \rho d\rho \,(\sqrt{R^2-\rho^2} - c + \sqrt{r^2-\rho^2} = \frac{2\pi}{3}\,(R^3 -$
$- R^3\cos^3\theta - \frac{3}{2}cR^2\sin^2\theta + r^3 - (r^2 - R^2\sin^2\theta)^{\frac{3}{2}}$ – формула части объема, образованного взаимным пересечением двух сфер (сфера 1 и сфера 2).

7. $V_2^{\text{верх}} = \int_0^{2\pi} d\varphi \int_\theta^{\frac{\pi}{2}} \sin\theta d\theta \int_R^{R*} \rho^2 d\rho = \frac{2\pi}{3}\cos\theta\,((R^*)^3 - R^3)$ – формула объема сферического слоя.

8. В данной задаче предполагается, что объем сферы при деформации сохраняется, поэтому объем сферы перед деформацией приравнивается к объему сферы после деформации:

$$V_1^{\text{верх}} = V_2^{\text{верх}}.$$

9. $R^* = \sqrt[3]{R^3 + \frac{1}{\cos\theta}(R^3 - R^3\cos^3\theta - \frac{3}{2}cR^2\sin^2\theta + r^3 - (r^2 - R^2\sin^2\theta)^{\frac{3}{2}}}$ – формула внешнего радиуса сферического слоя после деформации.

$$R^* = \sqrt[3]{0{,}25^3 + \frac{1}{0{,}8125} * (0{,}25^3 - 0{,}25^3 * 0{,}8125^3 - \frac{3}{2} * 0{,}3 * 0{,}25^2 * \left(\sqrt{1-0{,}8125}\right)^2 + +0{,}175^3 - (0{,}175^2 - 0{,}25^2 * (\sqrt{1-0{,}8125})^2 \quad)^{\frac{3}{2}}} =$$

$$\sqrt[3]{0{,}015625 + 1{,}230769 * (0{,}015625 - 0{,}015625 * 0{,}536377 - 0{,}45 * 0{,}015625 * * 0{,}035156 + 0{,}005359 - (0{,}030625 - 0{,}0625 * 0{,}035156)^{\frac{3}{2}}} = 0{,}566009.$$

10. $V_2^{\text{верх}} = \frac{2\pi}{3} * 0{,}8125 \; * ((R^*)^3 - R^3)$

$$V_2^{\text{верх}} = \frac{2 * 3{,}14}{3} * 0{,}8125 \; * ((0{,}566009^*)^3 - 0{,}25^3) = 0{,}281792 \text{ м}.$$

11. $V_1^{\text{верх}} = V_2^{\text{верх}} = 0{,}281792$ м.

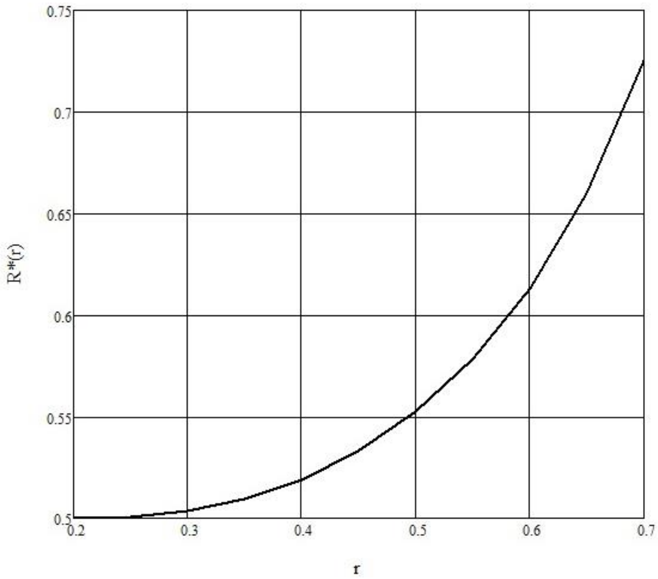


Рисунок 6. *График зависимости радиуса деформируемой сферы от радиуса «вдавливаемой» сферы (в метрах)*

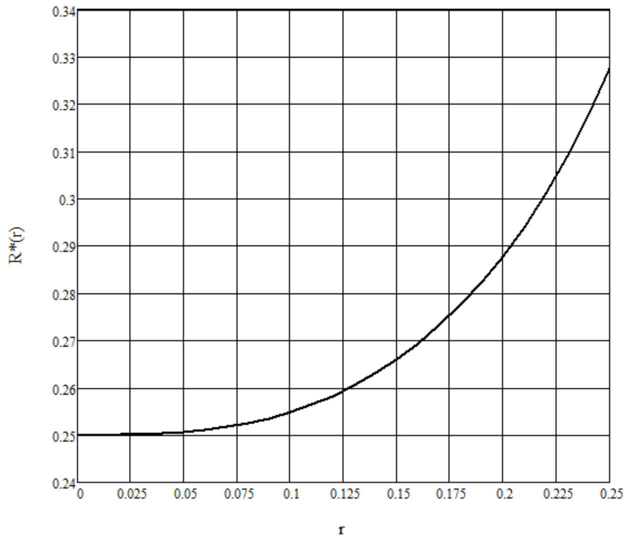


Рисунок 7. *График зависимости радиуса деформируемой (основной) сферы от радиуса вдавливаемой сферы при условии, что центр последней лежит на поверхности первой*

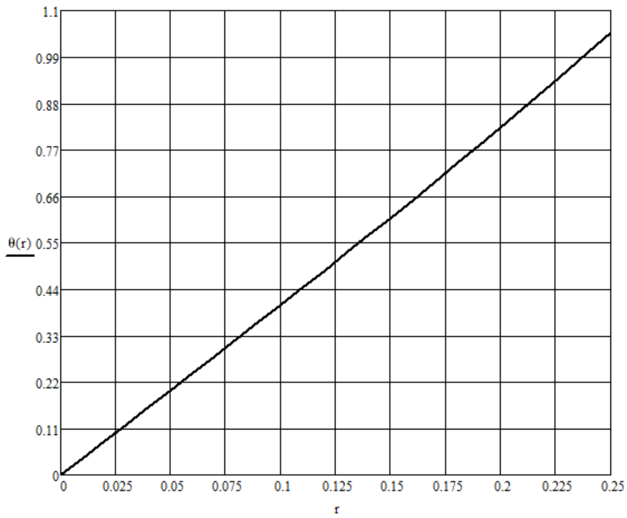


Рисунок 8. *График зависимости угла Θ от радиуса* r *вдавливаемой сферы при условии, что центр последней лежит на поверхности деформируемой (основной) сферы*

Площади поверхностей сферы перед деформацией и после деформации сохраняют равенство, также, как и объемы сферы перед деформацией и после деформации. Из данных формализованных доказательств следует, что метод гомеоморфной трансформации формы из кружевных модулей является возможным и реализуемым в прикладном искусстве костюма.

Построим график для наглядного определения зависимости радиусов сферы перед деформацией и после деформации (рис. 6, рис. 7, рис. 8).

На графике отображается устремленность кривой вверх, в соответствии с тенденцией, по которой происходила деформация сферы и были выстроены формализованные расчеты.

Сфера является геометрически правильным объектом, обладающим постоянной кривизной и ориентируемостью. При деформациях сферы, производимой в таблице 1, метрика сферы не изменялась, изменялось ее основное качественное свойство – кривизна [8].

На основании деформации сферической формы в таблице 1 предложим эскизный дизайнерский ряд моделей костюма для апробации прикладного применения топологии в костюме (рис. 9, рис. 10, рис. 11).

Применение гомеоморфных конструкций в формообразовании женских костюмов из кружев, кружевных полотен и кружевоподобных структур

Рисунок 9. *Модель костюма I из кружевных модулей с использованием сжатой сферы в плечевой области (автор Зеленова Ю.И., 2020 г. ©)*

Рисунок 10. *Модель костюма II из кружевных модулей с использованием сжатой сферы в форме шляпы (автор Зеленова Ю.И., 2020 г. ©)*

Рисунок 11. *Модель костюма III из кружевных модулей с использованием сжатой сферы в форме воротника (автор Зеленова Ю.И., 2020 г. ©)*

Модель костюма I (рис. 9) составлена из круговых кружевных модулей способами соединения «встык» и «наложение» с использованием сжатой сферы (форма 3 из табл. 1) в плечевой области в форме рукава. Формирование кружевной плоскости костюма происходит по принципу бессистемности (хаотичности) расположения модулей одинакового размера. Модель асимметрична, общая форма модели тяготеет к приталенности силуэта, длина модели выше колен. Форма одной боковой части модели контрастна по отношению к другой, основной объем составляет футуристичный воротник-рукав, сформированный из прототипа «Сфера».

Модель костюма II (рис. 10) составлена из круговых кружевных модулей способами соединения «встык» и «наложение» с использованием сжатой сферы (форма 2 из табл. 1) в форме шляпы. Формирование кружевной плоскости костюма аналогично модели I происходит по принципу бессистемности (хаотичности) расположения модулей одинакового размера. Модель асимметрична – широкий отворот верха платья переходит с одной стороны костюма в шляпу. Общая форма модели тяготеет к приталенности силуэта, длина модели выше колен. Форма верха модели контрастна по отношению к нижней, основной объем составляет шляпа, сформированный из прототипа «Сфера».

Модель костюма III (рис. 11) составлена из круговых кружевных модулей способами соединения «встык» и «наложение» с использованием сжатой сферы (форма 3 из табл. 1) в плечевой области в форме воротника. Формирование кружевной плоскости костюма происходит по принципу бессистемности (хаотичности) расположения модулей одинакового размера. Модель симметрична, общая форма модели тяготеет к приталенности силуэта, длина модели доходит до колен. Форма верха модели контрастна по отношению к нижней, основной объем составляет футуристичный воротник, сформированный из прототипа «Сфера».

Форма 3 подходит для создания шляп, в зависимости от размера данной формы может служить аксессуаром-акцентом или как часть системы «костюм». Конструкция отличается легким удельным весом и эффектностью формы и структуры.

Главной особенностью метода гомеоморфной трансформации в применении к костюму является возможность создания из одного выбранного прототипа «Сфера» как минимум трех различных конструктивных частей и объектов костюма без осуществления разрывов и склеиваний прототипа только за счет его модификаций.

В модели I, модели II и модели III, в дополнение к основополагающей модульной методике дизайн-проектирования, комбинаторному методу и математическому методу гомеоморфной трансформации формы костюма, отчетливо проявляется и аддитивная методика художественного проектирования костюма [9]. Черное окаймление двухцветного кругового кружевного модуля растворяется на фоне серебряной тканевой подложки и приобретает однородный серый цвет. Сгущение серо-серебряного цвета происходит в области туловища, на котором одета серебряная подкладка из лайкры. На участках тела цвет модулей приближается к черному, а на фоне светлого пространства приобретает однородный темно-серый цвет. В местах без подкладки более явно прослеживается визуальная невесомость конструкции костюма.

Способ формирования кружевной плоскости по принципу бессистемности наиболее применим в стилистике футуризма костюма из кружев, кружевных полотен и кружевоподобных структур и используется во всех трех авторских моделях костюмов (рис. 9, рис. 10, рис. 11).

Заключение

Сфера является модулем для построения различных форм и конструктивных деталей костюма. Обязательным условием для активации работы гомеоморфного метода является использование полой конструкции, в данном случае полой сферы.

Все новые формы, полученные путем деформации, не ориентируемы в отличии от кружевного прототипа трехмерной сферы и относятся к разделу эвклидовой геометрии.

Воссоздать все прогнозируемые формы из прототипа представляется технически невозможным вследствие несовершенства используемых материалов и возможности получения неэстетичных форм с точки зрения дизайн-проектирования.

Гомеоморфизм можно отнести к шестому типу нелинейного формообразования дизайн-объектов наряду с бионикой, дигитальностью, лендоморфизмом, зооморфиком и органитеком [10]. Этот тип проектирования формы представляется самым перспективным направлением развития дизайн-проектирования костюмных объектов, так как задает условия трансформации простой формы в сложную форму костюма.

Таким образом, как показано выше, при наличии одной базовой формы, состоящей из кружевных модулей, существует возможность создания вариативного многообразия форм костюма. При частичном и полном размыкании креплений кружевных модулей появляется возможность неограниченных модификаций форм. Благодаря использованию ручной работы и специальных каркасов форма не опадает и не рассыпается, обладает упругостью, что создает благоприятные условия для экспериментирования и безопасной деформации для формирования костюма в футуристичном стиле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петушкова Г.И. Проектирование костюма: учеб. по спец. 052400 "Дизайн" и 052300 "Декор.-прикл. Искусство". – М.: Academia, 2004. – 414 с.
2. Близняков Н.М., Фоменко Т.Н., Израилевич Я.А., Борисович Ю.Г. Введение в топологию: учеб. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Ленанд, 2015. – 448 с.
3. Колмогоров А.Н., Юшкевич А.П. (ред.). Математика XIX века. Геометрия. Теория аналитических функций. / А.Н. Колмогоров – М.: Наука, 1981. – Т.2. – с. 98–99.
4. Литарович Л.И. Разработка специальной защитной одежды с учетом деформационных свойств материалов: дис. … кандидата техн. наук: 05.19.04. / Л.И. Литарович – М.: 1986. – 210 с.
5. Савостицкий А.В., Меликов Е.Х. Конструирование оболочек из тканых материалов. // Известия вузов. Технология легкой промышленности. – М. 1961, № 2.
6. Белгородский В.С., Зеленова Ю.И. Высокотехнологичные кружева // Дизайн и технологии. – 2018. № 65 (107). – с. 21–28.
7. Copley L. Mathematics for the Physical Sciences. – Holzforschung: Walter de Gruyter GmbH & Co KG., 2015. – 446 p.
8. James I.M. General Topology and Homotopy Theory. – Luxembourg: Springer Science & Business Media, 2012. – 248 p.
9. Белгородский В.С., Зеленова Ю.И. Фактурообразование костюма на основе использования ажурных полотен. // Дизайн и технологии. – 2017. – № 61 (103). – с. 12–21.
10. Чуприна Н.В., Швец И.А. Нелинейные принципы формообразования костюма как объекта индустрии моды. // Дизайн. Материалы. Технология. – 2014. – №2 (32). – с. 46–50.

19IVKL320
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Zelenova Julia Igorevna
Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: zelenova.julie@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6979-2443
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1049637

Ostrovskiy Yuriy Konstantinovich'
Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: ostrovsky_j@bk.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=846451

Korobtseva Nadezhda Alekseevna
Russian state university named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: rrr-home@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9895-6761

Homeomorphic method of constructive lace-like forms transformations

Abstract. The article deals with the issue of transformative design in lace suits, fabrics and lace-like structures. The proposed homeomorphic method of constructive forms modifications is aimed at the widening of opportunities concerning transformative design and foundation of new design-sources. For the moment there's a lack of methods that can be applied at lace-items designing, while new technologies require re-thinking in pursuit of new innovative concepts thereof.

The author considers the method of homeomorphic transformation as a method that under certain conditions allows to change the constructive design form without any tear or glue.

Usage of topology properties provides us with new solutions for suit designing.

Approbation of this method is realized via the example of the sphere design, created from circular lace modules (Yu.I. Zelenova). The main condition, ensuring proper functioning of this method, turns out to be a creation of a hollow sphere and lace spherical cover. As a result, the author has managed to create 14 modified forms (Yu.I. Zelenova). Proving evidence for chosen forms 2 and 3 is provided in formulas and picture, that confirm the hypothesis. There are two conditions checked: before spherical cover deformation and after it – in the first case the square of the spherical cover doesn't change, in the second one – the square of the hollow sphere doesn't change. This confirms for sure that deformation without tearing and gluing is possible.

Based on this method, the article presents the author's range of lace suits (author Yu.I. Zelenova) using modifications of the sphere forms to visualize the action of the developed method in a suit of lace, lace paintings and lace-like structures.

The method of homeomorphic form transformation is challenging for further studies and usage in items with the usage of new materials and technologies, including 3D printing.

Keywords: lace; lace modul; sphere; spherical cover; topology; homeomorphism; transformation; form modification

REFERENCES

1. Petushkova G.I. Proektirovanie kostyuma: ucheb. po spets. 052400 "Dizayn" i 052300 "Dekor.-prikl. Iskusstvo". – M.: Academia, 2004. – 414 s.
2. Bliznyakov N.M., Fomenko T.N., Izrailevich Ya.A., Borisovich Yu.G. Vvedenie v topologiyu: ucheb. 3-e izd., ispr. i dop. – M.: Lenand, 2015. – 448 s.
3. Kolmogorov A.N., Yushkevich A.P. (red.). Matematika XIX veka. Geometriya. Teoriya analiticheskikh funktsiy. / A.N. Kolmogorov – M.: Nauka, 1981. – T.2. – s. 98–99.
4. Litarovich L.I. Razrabotka spetsialʹnoy zashchitnoy odezhdy s uchetom deformatsionnykh svoystv materialov: dis. … kandidata tekhn. nauk: 05.19.04. / L.I. Litarovich – M.: 1986. – 210 s.
5. Savostitskiy A.V., Melikov E.Kh. Konstruirovanie obolochek iz tkanykh materialov. // Izvestiya vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – M. 1961, № 2.
6. Belgorodskiy V.S., Zelenova Yu.I. Vysokotekhnologichnye kruzheva // Dizayn i tekhnologii. – 2018. № 65 (107). – s. 21–28.
7. Copley L. Mathematics for the Physical Sciences. – Holzforschung: Walter de Gruyter GmbH & Co KG., 2015. – 446 p.
8. James I.M. General Topology and Homotopy Theory. – Luxembourg: Springer Science & Business Media, 2012. – 248 p.
9. Belgorodskiy V.S., Zelenova yu.I. Fakturoobrazovanie kostyuma na osnove ispolʹzovaniya azhurnykh poloten. // Dizayn i tekhnologii. – 2017. – № 61 (103). – c. 12–21.
10. Chuprina N.V., Shvets I.A. Nelineynye printsipy formoobrazovaniya kostyuma kak obʺekta industrii mody. // Dizayn. Materialy. Tekhnologiya. – 2014. – №2 (32). – s. 46–50.