

УДК 687.016

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЭСТЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОДЕЖДЫ**

**TECHNICAL AND AESTHETIC ASPECTS  
OF 3D-PRINTING TECHNOLOGY APPLICATION  
FOR CLOTHING MANUFACTURING**

*В.В. ГЕТМАНЦЕВА, Е.Г. АНДРЕЕВА, И.А. ПЕТРОСОВА, В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ*

*V.V. GETMANTSEVA, E.G. ANDREEVA, I.A. PETROSOVA, V.S. BELGORODSKY*

**(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))**

**(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))**

E-mail: getmantseva@inbox.ru

*В статье проведен анализ известных способов трехмерной (3D) печати моделей одежды, описаны их преимущества и недостатки. По результатам исследования выделены основные направления применения технологии 3D-печати в швейном производстве и рассмотрены перспективные варианты развития аддитивных технологий с позиции практического использования в индустрии моды.*

*The article analyzes the known methods of three-dimensional (3D) printing of clothing models, describes their advantages and disadvantages. Based on the results of the study, the main directions of the application of 3D-printing technology in sewing production are highlighted and promising options for the development of additive technologies from the perspective of practical use in the fashion industry are considered.*

**Ключевые слова:** трехмерная (3D) печать, аддитивные технологии, напечатанная одежда.

**Keywords:** three-dimensional printing, 3D-printing, additive technologies, printed clothing.

Изготовление трехмерных физических объектов из цифровых шаблонов с помощью трехмерной (3D) печати, называемой

также аддитивной технологией, получает все большее распространение в области промышленного дизайна, одежды и обуви

благодаря возможности использования широкого спектра материалов, таких как пластик, металл, нейлон и более сотни других [1...3]. Для 3D-печати уже используют переработанные отходы текстильных компаний, включая шерсть, кашемир и кожу [4]. Преимуществом аддитивных технологий в производстве модной одежды является большая свобода дизайна для создания сложных конструкций, которые трудно изготовить с использованием традиционных методов, и возможность промышленного изготовления персонализированной одежды [5], [6]. Сочетание технологии 3D-печати и "умных" материалов позволяет создавать текстильные изделия, реагирующие на различные внешние раздражители, в том числе свето-, звуко-, тепло- и электроактивные, что позволяет интеллектуализировать и автоматизировать естественную реакцию человека на окружающую среду без дополнительных процессоров и датчиков [7...9]. Благодаря разработанному программному обеспечению для проектирования и изготовления одежды с использованием 3D-печати пользователи могут создавать собственный дизайн одежды и быстро генерировать готовые изделия как на дорогих принтерах SLS, так и на более доступных FDM [10]. Зарубежные потребители уже готовы приобретать одежду с 3D-принтеров, однако недостатком "напечатанной" одежды считают ее стоимость, а преимуществом – быстроту изготовления и возможность принимать участие в дизайне модели [11].

Анализируя ассортимент одежды, выполненной с использованием технологии 3D-печати, можно отметить неизменное стремление дизайнеров создать полноценное, функциональное, комфортное изделие, имеющее несомненное превосходство перед традиционными. Преимуществом "напечатанной" одежды стала возможность получения оригинальных эффектов благодаря инновационным технологиям. В швейном производстве использование технологии 3D-печати пока остается отдаленной перспективой, так как требует более детального изучения применяемых методов и инструментов, используемых материалов и

полученных результатов. С точки зрения апробации технологий трехмерной печати наиболее активным сегментом рынка являются дизайнерские коллекции одежды, а проводником технологий 3D-печати к промышленным масштабам реализации наряду с дизайнерами выступают разработчики 3D-принтеров, которые заинтересованы в повышении функциональности одежды и улучшении других потребительских свойств.

Адаптация технологии 3D-печати к процессу изготовления одежды началась с создания монолитных подиумных образцов в 2010 г. с представлением модели, "напечатанной" из белого полиамида в коллекции "Кристаллизация" дизайнера *I. Van Herpen* (рис. 1-а) [12]. Следующим этапом развития технологии 3D-печати одежды стало создание подвижной структуры, реализованное студентами Британского университета в коллекции одежды с функцией изменения силуэта и формы (рис. 1-б) [13].



а) б)

Рис. 1

Китайскими дизайнерами *M. Lin* и *Y. Li* предложено интегрировать традиционные технологии производства одежды и 3D-печати для проектирования из шестиугольных модулей разной формы национального платья "*Oirao*" (рис. 2-а) [14]. Внутренние шаблоны создавали в Rhino методом параметрического моделирования, а платья изготавливали с помощью технологий печати SLS и FDM.

Модульную технологию для создания декоративных съемных элементов костюма применяли и отечественные авторы из Костромского государственного университета, использовавшие для печати ABS пластик и 3D-принтер *MakerBot Replicator* (рис. 2-б) [15].



а)

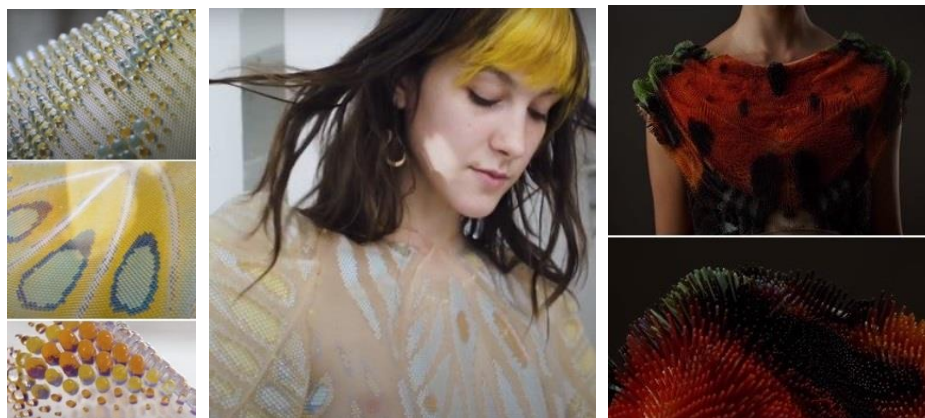


б)

Рис. 2

На следующем этапе внедрения технологии 3D-печати в индустрию модной одежды дизайнеры перешли к коллаборации традиционных текстильных и швейных технологий с аддитивными, что позволило создавать современную функциональную

одежду путем прямой печати на ткани, обеспечивая гибкость и целостность изделий. Вышеуказанный подход был реализован группой авангардных дизайнеров "Threeasfour", создавших одно из культовых платьев "Greta-Oto", показанным в коллекции "Chro-Morpho" на Неделе моды в Нью-Йорке в 2019 г. и воплотившим красоту, хрупкость и цветовые переливы крыльев бабочки (рис. 3-б). При создании изделия использовалась технология "прямой печати" элементов непосредственно на ткань с помощью мультиматериального 3D-принтера PolyJet J750 компании Stratasys, способного обеспечить сочетание материалов с разными физическими свойствами, в том числе и цвет [16]. В платье "Greta-Oto" достигнут особый инженерный линзовидный эффект, для этого на поверхность полиэфирной ткани принтером нанесено множество маленьких сферических ячеек из фотополимера, каждая из которых содержала прозрачную линзу с полосками цвета (рис.3-а), что создавало эффект мерцания ткани при движении. Следует отметить и другую оригинальную модель жакета "Satae" (рис. 3-в) из коллекции "Chro-Morpho", ворсинки на котором нанесены технологией 3D-печати непосредственно на гибкой ткани с использованием материала Vero Multi, обладающего специальными оптическими свойствами, что создает эффект крыльев бабочки [16].



а)

б)

в)

Рис. 3

Другим аспектом реализации технологии 3D-печати для изготовления одежды стала ее интеграция с процессом вязания трикотажа, успешно реализованная *L. McPherson* и *M. Beecroft* в 2014 г. для созда-



Рис. 4

Дизайнеры американского бренда "Ministry of Supply" используют технологию 3D-печати для промышленного вывязывания трикотажных блэйзеров, формобразование которых достигается путем изменения параметров вязки и выполняется без швов (рис. 5-а) [18].

Для защиты личного пространства человека от внешних агрессивных воздействий дизайнером *A. Wipprecht* в 2015 г. создано "умное" платье, рельефные элементы которого, имеющие агрессивную геометрическую форму паучьих лапок, напечатаны на 3D-принтере с использованием технологии селективного лазерного спекания SLS и программного обеспечения *Materialise*, что обеспечивает конструкции платья "*Spider Dress*" значительные запас прочности (рис. 5-б) [13]. При изменении эмоционального состояния человека биодатчики, отслеживающие ритм его дыхания, приводят в движение роботизированные "паучьи лапки", расположенные вокруг горловины платья: при быстром или резком приближении кого-либо, вызвавшем беспокойство человека, рельефные элементы с встроенным чипом *Intel Edison* приводятся в агрессивную позу; а при неторопливом приближении – раскрываются в дружеском приветствии.

Проведенный анализ позволяет сделать вывод об эффективности применения технологии 3D-печати в индустрии моды и прежде всего для изготовления одежды. На основе полученной информации и визуальной оценки "напечатанных" изделий можно

выделить основные направления применения технологии 3D-печати для изготовления моделей одежды и рекомендовать перспективные варианты их использования.



а)



б)

Рис. 5

1. *Создание изделия или элемента одежды жесткой структуры.* Использование этого метода при изготовлении целого изделия нефункционально, однако этот метод перспективен при изготовлении элементов изделия, функцией которых является создание формы, например, элементы корсета [19].

2. *Создание изделия подвижной структуры.* Этот метод отличается высокой трудоемкостью, которая может быть оправдана при изготовлении изделий специального назначения, например, для проектирования оболочек с зонированными характеристиками. В этом случае использование модульной технологии обеспечит ремонтоспособность изделия благодаря возможнос-

ти заменять износившиеся элементы изделия на новые.

3. *Создание оригинальной фактуры поверхности материала.* 3D-печать всего изделия или интегрирование отдельных напечатанных элементов с полотном особенно перспективно для изготовления оригинальных изделий нарядного ассортимента. Продолжающиеся разработки инновационных материалов для 3D-печати создают новые возможности для все более широких вариаций эстетических и физико-механических свойств материала и соответственно функций готового изделия.

4. *Использование технологии 3D-печати для бесшовного вывязывания изделия.* В настоящее время такое применение технологии 3D-печати наиболее перспективно в связи с успешной апробацией в условиях промышленного производства.

5. *Использование технологии 3D-печати для изготовления "умной" одежды.* Возможность придать "напечатанной" модели одежды четвертое измерение (время), обеспечивая изменение свойств изделия или его функциональности в заданное время, называют 4D-печать [7]. Для этих целей можно использовать полимеры с динамической структурой, характеристики которых меняются под воздействием внешнего влияния, например, происходит изменение цвета, размеров, механических свойств в зависимости от температуры, интенсивности света или других факторов. Развитие технологии 3D-печати в этом направлении позволит программировать свойства объекта.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что, хотя на настоящем этапе производство одежды с использованием технологии 3D-печати реализуется преимущественно единичными экземплярами, эволюционное развитие данной технологии свидетельствует о перспективах ее внедрения в индустриальных масштабах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Mpofu T., Mawere C., Mukosera M.* The impact and application of 3D printing technology// International Journal of Science and Research. – Vol.3, Is.6, 2014. P.2148...2152.

2. *Tyler D.J.* Textile digital printing technologies// Textile Progress. – Vol.37, Is.4, 2005. P.1...65.

3. *Петросова И.А., Евсеева А.А., Андреева Е.Г.* Применение технологий трехмерной печати в легкой промышленности// В сб. мат. 50-й Междунар. науч.-техн. конф. – Витебск: ВГТУ, 2017. Т.2. С.178...181.

4. *Forster S.* 3D printable recycled textiles: material innovation and a resurrection of the forgotten "shoddy" industry// Journal of Textile Design Research and Practice. – Vol.5, Is.2, 2017. P.138...156.

5. *Алибекова М.И., Фирсова Ю.Ю., Кащеев О.В., Колташова Л.Ю.* Аддитивные технологии в модной индустрии// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, №3. С.237...241.

6. *Петросова И.А., Шанцева О.А., Андреева Е.Г.* Оценка соответствия готовой одежды фигуре потребителя в трехмерной среде// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2017, № 5. С. 139...142.

7. *Leist S.K., Zhou J.* Current status of 4D printing technology and the potential of light-reactive smart materials as 4D printable materials// Virtual and Physical Prototyping. – Vol.11, Is.4, 2016. P.249...262.

8. *Li Y., Torah R., Wei Y., Grabham N., Tudor J.* Dispenser-printed sound-emitting fabrics for applications in the creative fashion and smart architecture industry// Journal of the Textile Institute. – Vol.110, Is.1, 2019. P.1...9.

9. *Тюрин И.Н., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г., Белгородский В.С.* Исследование проводимости контактных дорожек для проектирования гибких печатных плат на текстильной основе// Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2019, Т.44, №3. С.25...28.

10. *Kang M., Kim S.* Fabrication of 3D printed garments using flat patterns and motifs// International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.31, №5, 2019. P.653...662.

11. *Perry A.* 3D-printed apparel and 3D-printer: exploring advantages, concerns, and purchases// International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – Vol.11, Is.1, 2018. P.95...103.

12. *Iris van Herpen* URL: <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2010-ready-to-wear/iris-van-herpen> (дата доступа 10.05.2020)

13. Печать одежды на 3D-принтере. URL: <https://3dvinci.ru/3d-pechat-odezhdy/> (дата доступа 11.05.2020)

14. An interview with 3D printed fashion designer and researcher Mingjing Lin. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/interview-3d-printed-fashion-designer-researcher-mingjing-lin-125912/> (дата доступа 08.05.2020)

15. *Рассадина С.П., Пугачева И.Б., Короткова Ю.Н.* Применение аддитивных технологий при создании модульных авторских фактур в дизайне одежды //Архитектон: Известия вузов. – 2019, № 4 (68). С.15.

16. 3D Printed Art & Design World. URL: <https://3dprintedart.stratasys.com/#/the-chromorpho-collection/> (дата доступа 10.05.2020).

17. 3D Printing and Knitting Converge. URL: <https://3dprint.com/22901/knitting-3d-printing-textiles/> (дата доступа 10.05.2020)

18. 3D Print-Knit Blazer. URL: <https://www.ministryofsupply.com/technologies/3d-print-knit> (дата доступа 10.05.2020)

19. Гусева М.А., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г. Применение трехмерной печати для формозакрепляющих элементов в швейные изделия // Материалы и технологии. – 2018, № 2 (2). С.70...75.

## REFERENCES

1. Mporfu T., Mawere C., Mukosera M. The impact and application of 3D printing technology// International Journal of Science and Research. – Vol.3, Is.6, 2014. P.2148...2152.

2. Tyler D.J. Textile digital printing technologies // Textile Progress. – Vol.37, Is.4, 2005. P.1...65.

3. Petrosova I.A., Evseeva A.A., Andreeva E.G. Primenenie tekhnologii trekhmernoy pechati v legkoy promyshlennosti// V sb. mat. 50-y Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. – Vitebsk: VGTU, 2017. T.2. S.178...181.

4. Forster S. 3D printable recycled textiles: material innovation and a resurrection of the forgotten “shoddy” industry// Journal of Textile Design Research and Practice. – Vol.5, Is.2, 2017. P.138...156.

5. Alibekova M.I., Firsova Yu.Yu., Kashcheev O.V., Koltashova L.Yu. Additivnye tekhnologii v modnoy industrii// Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2019, №3. S.237...241.

6. Petrosova I.A., Shantseva O.A., Andreeva E.G. Otsenka sootvetstviya gotovoy odezhdy figure potrebitelya v trekhmernoy srede // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2017, № 5. S. 139...142.

7. Leist S.K., Zhou J. Current status of 4D printing technology and the potential of light-reactive smart materials as 4D printable materials// Virtual and Physical Prototyping. – Vol.11, Is.4, 2016. P.249...262.

8. Li Y.,Torah R., Wei Y., Grabham N.,Tudor J. Dispenser-printed sound-emitting fabrics for applications in the creative fashion and smart architecture industry// Journal of the Textile Institute. – Vol.110, Is.1, 2019. P.1...9.

9. Tyurin I.N., Getmantseva V.V., Andreeva E.G., Belgorodskiy V.S. Issledovanie provodimosti kontaknykh dorozhek dlya proektirovaniya gibkikh pechatnykh plat na tekstil'noy osnove// Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2019, T.44, №3. S.25...28.

10. Kang M., Kim S. Fabrication of 3D printed garments using flat patterns and motifs// International Journal of Clothing Science and Technology. – Vol.31, №5, 2019. P.653...662.

11. Perry A. 3D-printed apparel and 3D-printer: exploring advantages, concerns, and purchases// International Journal of Fashion Design, Technology and Education. – Vol.11, Is.1, 2018. P.95...103.

12. Iris van Herpen URL: <https://www.vogue.com/fashion-shows/fall-2010-ready-to-wear/iris-van-herpen> (дата доступа 10.05.2020)

13. Pechat' odezhdy na 3D-printere. URL: <https://3dvinci.ru/3d-pechat-odezhdy/> (дата доступа 11.05.2020)

14. An interview with 3D printed fashion designer and researcher Mingjing Lin. URL: <https://3dprintingindustry.com/news/interview-3d-printed-fashion-designer-researcher-mingjing-lin-125912/> (дата доступа 08.05.2020)

15. Rassadina S.P., Pugacheva I.B., Korotkova Yu.N. Primenenie additivnykh tekhnologiy pri sozdanii modul'nykh avtorskikh faktur v dizayne odezhdy // Arkhitekton: Izvestiya vuzov. – 2019, № 4 (68). S.15.

16. 3D Printed Art & Design World. URL: <https://3dprintedart.stratasys.com/#/the-chromorpho-collection/> (дата доступа 10.05.2020)

17. 3D Printing and Knitting Converge. URL: <https://3dprint.com/22901/knitting-3d-printing-textiles/> (дата доступа 10.05.2020).

18. 3D Print-Knit Blazer. URL: <https://www.ministryofsupply.com/technologies/3d-print-knit> (дата доступа 10.05.2020)

19. Guseva M.A., Getmantseva V.V., Andreeva E.G. Primenenie trekhmernoy pechati dlya formozakreplayushchikh elementov v shveyne izdeliya // Materialy i tekhnologii. – 2018, № 2 (2). S.70...75.

Рекомендована кафедрой художественного моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 23.06.20.