

Применение трехмерной печати для формозакрепляющих элементов в швейные изделия

М. А. Гусева^а, В. В. Гетманцева, Е. Г. Андреева
ФГБОУ ВО Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство), Российская Федерация
^аE-mail: guseva_marina67@mail.ru

Аннотация. Инновационные прорывные технологии трехмерного конструирования прочно внедрены в процесс проектирования одежды. Одежда – это сложный трехмерный объект с гибкой, подвижной структурой. Форма его натурального образца может значительно отличаться от виртуального аналога. Для поддержания трехмерной конфигурации одежды, помимо конструктивных средств создания формы, используют формозакрепляющие детали. Применение технологий 3D-печати для получения формозадающих каркасов в одежде – перспективное направление.

Ключевые слова: проектирование одежды, САПР одежды, 3D-печать, формозакрепляющие детали.

Application of Three-Dimensional Printing for Form-Fixing Elements in Garments

M. Guseva^a, V. Getmantseva, E. Andreeva
Kosygin State University of Russia (Technology. Design. Art), Russian Federation
^aE-mail: guseva_marina67@mail.ru

Annotation. Innovative breakthrough technologies of three-dimensional design are firmly embedded in the process of designing clothes. Clothing is a complex three-dimensional object with a flexible, mobile structure. The shape of its full-scale sample can significantly differ from the virtual counterpart. To maintain the three-dimensional configuration of clothing, in addition to the constructive means for creating molds, form-fastening parts are used. The use of 3D-printing technologies for obtaining form-creating skeletons in clothing is a promising direction.

Key words: designing of clothes, CAD of clothes, 3D printing, form-fixing details.

ВВЕДЕНИЕ

Одежда – объект с неразвертываемой поверхностью [1], поэтому его формообразование решается членением на детали, соединенные швами и введением в структуру изделия дополнительных прокладочных элементов, поддерживающих полученную форму. Трехмерное компьютерное проектирование одежды выполняется в графической среде специализированных программ – систем автоматизированного проектирования одежды (САПР). Виртуальное швейное изделие на экране монитора – это жесткая конструкция с определенной конфигурацией поверхности [2]. На опорном участке одежда, как текстильная оболочка [3], повторяет контуры фигуры человека, а на участках свободного провисания изменяет свою форму в зависимости от свойств материалов изделия [4]. В большинстве случаев материалы для одежды имеют сетчатую подвижную структуру (ткани, трикотаж), за исключением натурального меха, обладающего плотной кожаной тканью [5]. Поэтому для поддержания формы в швейных изделиях используют различные прокладочные детали [6] и каркасные системы [7, 8]. Формообразование большинства известных в настоящее время каркасных прокладочных

деталей в одежде выполняется из плоских материалов. При этом есть вероятность изменения их пространственной конфигурации в натурном аналоге. Перспективным является трехмерная печать каркасных элементов в швейные изделия из термопластичных материалов.

ДАнные О МЕТОДИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель исследования – апробация применения термопластичных материалов и поиск режимов 3D печати формозакрепляющих деталей в швейные изделия различного ассортимента. Разработка виртуального образа формозакрепляющих деталей проводилась в графической среде САПР.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В зависимости от назначения швейного изделия для закрепления его пространственной конфигурации используют различные формозакрепляющие элементы: протяженные в продольном и поперечном направлении детали [8, 9] или каркасы ленточного типа [7]. Исследование ассортимента материалов для 3D-печати показало, что не все полимеры пригодны для использования в формозадающих прокладках

швейных изделий. Основные свойства, которыми должен обладать каркасный материал в одежде, – это гибкость, легкость, прочность на изгиб, экологичность, низкая усадка при охлаждении после 3D-формования.

По результатам сравнения свойств наиболее популярных [10] пластиков для 3D-печати установлено, что большинство из них не пригодны в качестве каркасных материалов в производстве швейных изделий (рис. 1). Так ABS-пластик (акрилонитрил-бутадиен-стирол) не обладает необходимой для швейного изделия гибкостью.

Полимер полимолочной кислоты (PLA) экологичен с хорошей формовочной способностью, произво-

дится из ежегодно возобновляемого биоразлагаемого натурального сырья – кукурузы и сахарного тростника. Однако присущая PLA хрупкость делает его не востребовавшимся для производства формозадающих каркасов в швейные изделия длительного использования, поскольку в процессе эксплуатации отдельные детали одежды и все изделие в целом испытывают внешние силовые нагрузки, способные разрушить целостность каркаса из PLA.

Стирол-бутадиен-стирол (SBS) по сравнению с ABS-пластиком и PLA обладает повышенной гибкостью, но неэкологичность и низкая гигроскопичность снижают его потребительские свойства этого пластика.



Рисунок 1 – Сравнительный анализ свойств пластиков для 3D-печати

Исследование свойств полиэтилентерефталата (PET) показало его высокую вероятность востребованности в качестве материала для производства усилителей в конструкции реабилитационных изделий – мешков для ног в инвалидные коляски [9]. Пластичность PET позволяет получить пространственную форму каркасаленточного типа, с конфигурацией, подобной анатомическому абрису ног. В результате исследования свойств пластика PET установлены его положительные свойства в сохранении пространственной формы при многократном использовании 3D ленточного каркаса, что говорит о прогнозируемой высокой износостойкости изделий. Пластику PET присущи легкость, ударопрочность, гибкость, экологичность. Это важные и обязательные свойства

материалов для лечебно-профилактических изделий в реабилитационной индустрии [11].

Исследование свойств полиамида (нейлон) [12] в качестве филамента для 3D-печати формозакрепляющих каркасов в швейные изделия показало, что этот материал обладает высокой прочностью и гибкостью, выдерживает динамические нагрузки, износостоек. В текстильной промышленности накоплен богатый опыт применения полиамидных волокон при производстве материалов для одежды. Выпускают ткани и трикотаж как со 100 % содержанием полиамида, так и в качестве сопутствующего волокна, улучшающего свойства текстильного материала.

Опыт изготовления экспериментального каркаса [13] из нейлона в швейное изделие (рис. 2) показал,

ШВЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

что выбранный полимер обладает хорошей гибкостью, изделие получается с эстетичными участками сцепления слоев – без сколков и вмятин. Поверхность каркаса мягкая, шелковистая, с низким тангенциальным сопротивлением, что востребовано в производстве внутренних каркасов на этапе соединения с изделием. Перспективно применение нейлона в технологиях 3D-печати для формозакрепления в изделиях реабилитационного назначения, как для изготовления ленточных каркасов, так и протяженных каркасных деталей большой площади – усилителей в носочную и пяточную части мешков для ног [14].

На первом этапе выполнялось сканирование фигуры портативным сканером Artec 3D Eva [15] с обработкой результатов в пакете программ: Autodesk Fusion 360, Rhino, 3DMAX (рис. 2). Виртуальный образ сканированной фигуры использовался как основа для проектирования динамичной формы каркаса с заданными размерами ребер.

Построение многомерного объекта – каркаса в одежду – выполнялось в графической среде САПР

AutoCAD относительно поверхности трехмерного манекена. Проектируемый каркас представляет собой взаимно пересекающиеся разнонаправленные линии. Позиционирование проектируемого каркаса проводилось по основным уровням – линиям груди, талии, бедер, имеющим четко заданную форму, приближенную к эллиптической [16]. Точки пересечения совокупности линий, в зависимости от назначения каркаса, могут быть расположены как хаотично, так и в заданном порядке. В разведывательном эксперименте выбрано хаотичное расположение пересекающихся точек для проработки максимально возможных случаев и установления математических описаний всех возможных зависимостей. Проектируемый каркас (рис. 3) замкнутой формы задан совокупностью разнонаправленных линий без разрывов. Стыковка частей каркаса проектируемого объекта должна быть с максимальной гладкостью контура. Конфигурация большинства из них математически описывается как кривые второго порядка.

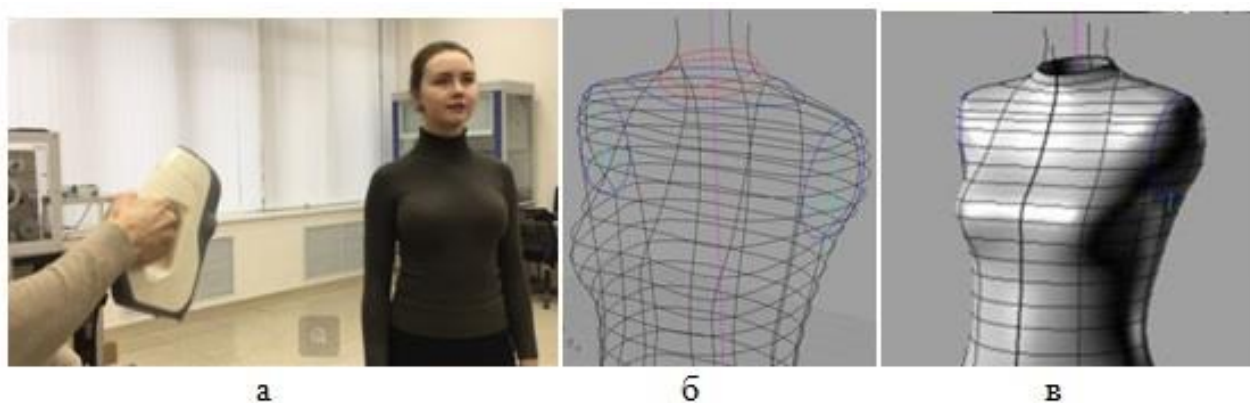


Рисунок 2 – Процесс формирования 3D-формы – опоры каркаса: а – сканирование фигуры, б – каркасная модель фрагмента фигуры, в – тонированная модель фрагмента фигуры

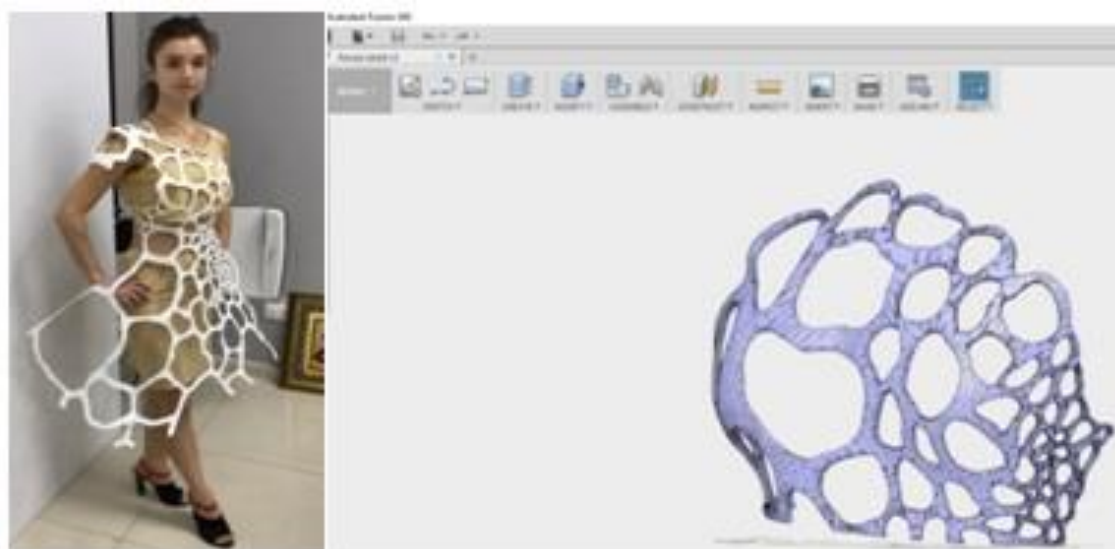


Рисунок 3 – Каркас в швейное изделие фантазийной формы, напечатанный на 3D-принтере

Разведывательный эксперимент показал, что в связи со сложностью пространственного очертания формозадающего каркаса, при 3D-печати целесообразно разбить его пространственную форму на фрагменты в информативных точках по принципу однородности их геометрии и возможности описания математическими функциями [16]. В этом случае появляется возможность описать уравнениями фрагменты из продольных и поперечных графических примитивов. Каждый фрагмент топографической зоны каркаса можно представить кинематической поверхностью, где образующей является фрагмент поперечного сечения, а направляющими – фрагменты продольных линий каркаса [16]. На рисунке 4 красным цветом выделены топографические фрагменты каркаса, поверхность которого сформирована относительно поверхности виртуального манекена фигуры, а f_i – обозначения фрагментов продольных линий каркаса.

Для формирования общего вида уравнений выполнена параметризация функций образующих линий, описывающих поперечные сечения, как интерактивные объекты, через параметры исследуемых фрагментов каркаса, координаты узловых точек и наклоны направляющих.

Разработанное математическое описание поверхности формозадающего каркаса позволяет получить полную характеристику пространственной формы проектируемого объекта и выполнить параметризацию [17] при изготовлении формозадающих каркасов в изделия смежных размеров и ростов, согласно действующей в промышленности размерной типологии населения.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

В ходе разведывательного эксперимента установлено, что предлагаемое аналитическое описание информации о длинах и конфигурации любой линии формозадающего каркаса позволяет получить достоверный по форме и размерам виртуальный аналог проектируемого объекта и, соответственно, выполнить качественную 3D-печать изделия. При этом необходимо учесть, что в процессе остывания термопластики дают некоторую усадку. Поэтому при проектировании пространственной формы формозадающего каркаса обязательным является этап масштабирования полученного виртуального объекта на величину коэффициента усадки, зависящего от выбранного типа филамента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рогожин, А. Ю. Моделирование процесса формообразования поверхности одежды / А. Ю. Рогожин, М. А. Гусева, Е. Г. Андреева // *Дизайн и технологии*. – 2017. – № 60 (102). – С. 26–35.
2. Ландовский, В. В. Моделирование взаимодействий ткани с твердыми многогранными объектами. / В. В. Ландовский // *Сборник научных трудов НГТУ*. – 2006. – №2(44). – С 53–58.
3. Hardaker, С. Н. Трехмерные компьютерные оболочки для проектирования одежды / С. Н. Hardaker, G. Fozzard // *В мире оборудования*. – 2001. – № 2. – С. 16–17.
4. Гетманцева, В. В. Влияние показателей физико-механических свойств тканей на пространственную форму плечевого изделия / В. В. Гетманцева [и др.] // *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. – 2011 – № 6. – С. 88–94.
5. Гусева, М. А. Инновационный подход к проектированию меховой одежды / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева // *Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы промышленности товаров народного потребления» Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения», 11-12 октября 2017*. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. – Т. 1. – С. 42–47.
6. Гусева, М. А. Средства формообразования и формозакрепления в современной меховой одежде / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, И. А. Петросова // *Научный журнал КубГАУ*. – 2016. – № 120. – С. 1425-1435.
7. Патент на полезную модель RU 165430 U1 Каркас для закрепления силуэтной формы мехового изделия / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, А. Г. Хмелевская ; заявл. 14.04.2016 ; опубл. 20.10.2016.
8. Патент RU 175 669 U1 Формозакрепляющий каркас для меховой одежды / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, И. А. Петросова, Т. В. Мезенцева, Г. П. Зарецкая, А. С. Бернюкова ; заявл. 22.05.2017 ; опубл. 13.12.2017.
9. Патент на полезную модель RU 166 649 U1 А 41 D 1/00 (2006.01) Мешок для ног для людей с ограниченными двигательными возможностями / М. А. Гусева, Е. Г. Андреева, О. В. Клочкова, И. Д. Гусев. – № 2016122642/12 ; заявл., 08.06.2016 ; опубл. 10.12.2016.
10. Обзор материалов для 3D печати. URL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ink-market.ru/info/detail/post/8871.html>. – Дата доступа: 05.05.2017.
11. Бикбулатова, А. А. Метод определения требований к лечебно-профилактическим швейным изделиям / А. А. Бикбулатова, Е. Г. Андреева // *Швейная промышленность*. – 2013. – № 1. – С. 37–40.
12. Пластик Нейлон Nylon [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rusabs.ru/collection/nylon>. – Дата доступа: 05.05.2017.
13. Шахматова, Ю. Д. Использование аддитивных технологий в производстве одежды / Ю. Д. Шахматова, В. В. Гетманцева, Е. Г. Андреева // *Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности (ИНТЕКС-2018) : сборник материалов Всероссийской научной студенческой конференции, Витебск, 21–22 ноября 2018 г. / УО «ВГТУ»*. – Витебск, 2018. – С. 239–242.

14. Заявка № 2018102691 24.01.2018 Мешок для ног в инвалидную коляску / М. А. Гусева [и др.].
15. Artec 3D. Сканер EVA. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.artec3d.com/ru>. – Дата доступа: 01.04.2017.
16. Гетманцева, В. В. Исследование и разработка математической модели абрисов фигуры человека, определяющих ее пространственную форму / В. В. Гетманцева, Л. О. Гальцова, М. С. Бояров // Дизайн. Материалы. Технология. – 2011. – № 5. – С. 94–98.
17. Гетманцева, В. В. Формализация информационного массива для целей проектирования конструкций одежды в виртуальном пространстве / В. В. Гетманцева // Дизайн. Материалы. Технология. – 2011. – № 4. – С. 114–118.

REFERENCES

1. Rogozhin, A. Yu. Modeling the process of forming the surface of clothes / A. Yu. Rogozhin, M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Design and technologies. – 2017. – № 60 (102). – P. 26–35.
2. Landovsky, V. V. Modeling the interaction of tissue with solid multifaceted objects / V. V. Landovsky // Collection of Scientific Works of NSTU. – 2006. – № 2 (44). – From 53–58.
3. Hardaker, C. H. Three-dimensional computer shells for designing clothes / C. H. Hardaker, G. Fozzard // In the world of equipment. – 2001. – № 2. – P. 16–17.
4. Getmantseva, V. V. Influence of the indicators of the physicommechanical properties of tissues on the spatial shape of a shoulder product / V. V. Gettantseva [et al.] // News of higher educational institutions. Technology textile industry. – 2011 – № 6. – P. 88–94.
5. Guseva, M. A. Innovative approach to the design of fur clothing / M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Collection of scientific works of the International Scientific and Technical Symposium «Modern engineering problems of consumer goods industry» of the International Scientific and Technical Forum «The first international Kosygin readings», 11-12 october 2017. – М.: FGBOU VO «RSU them. A.N. Kosygin», 2017. – Т. 1. – P. 42–47.
6. Guseva, M. A. Means of Forming and Forming Fastening in Modern Fur Clothing / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, I. A. Petrosova // Scientific journal KubGAU. – 2016. – № 120. – P. 1425–1435.
7. Patent for utility model RU 165430 U1 Framework for fixing the silhouette form of a fur product / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, A. G. Khmelevskaya ; declare 04/14/2016 ; publ. 10/20/2016.
8. Patent RU 175 669 U1 Form-fixing frame for fur clothing / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, I. A. Petrosova, T. V. Mezentseva, G. P. Zaretskaya, A. S. Bernyukova ; 05/22/2017; publ. December 13, 2017.
9. Patent for utility model RU 166 649 U1 A 41 D 1/00 (2006.01) Foot bag for people with limited motor abilities / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, O. V. Klochkova, I. D. Gusev. – № 2016122642/12 ; declare 08.06.2016 ; publ. 12/10/2016.
11. Bikbulatova, A. A. Method for determining the requirements for treatment-and-prophylactic garments / A. A. Bikbulatova, E. G. Andreeva // Clothing industry. – 2013. – № 1. – P. 37–40.
12. Plastic Nylon Nylon [Electrone resource]. – Access mode: <http://rusabs.ru/collection/nylon>. – Access date: 05/05/2017.
13. Shakhmatova, Yu. D. Use of additive technologies in the production of clothing / Yu. D. Shakhmatova, V. V. Getmantseva, E. G. Andreeva // Innovative development of the light and textile industry (INTEX-2018): collection of materials of the All-Russian Scientific student conference, Vitebsk, November 21–22, 2018 / EI «VSTU». – Vitebsk, 2018. – P. 239–242.
14. Application No. 2018102691 24.01.2018 Bag to legs in a wheelchair / M. A. Gusev [et al.].
15. Artec 3D. EVA scanner. [Electric resource]. – Access mode: <https://www.artec3d.com/ru>. – Access date: 04/01/2017.
16. Getmantseva, V. V. Research and development of a mathematical model of abris of a human figure, defining its spatial form / V. V. Getmantseva, L. O. Galtsova, M. S. Boyarov // Design. Materials Technology. – 2011. – № 5. – P. 94–98.
17. Getmantseva, V.V. Formalization of an information array for the purposes of designing clothing designs in a virtual space / V. V. Getmantseva // Design. Materials Technology. – 2011. – № 4. – P. 114–118.

SPISOK LITERATURY

1. Rogozhin, A. Ju. Modelirovanie processa formoobrazovaniya poverhnosti odezhdyy / A. Ju. Rogozhin, M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Dizajn i tehnologii. – 2017. – № 60 (102). – S. 26–35.
2. Landovskij, V. V. Modelirovanie vzaimodejstvij tkani s tverdymi mnogogrannymi obektami. / V. V. Landovskij // Sbornik nauchnyh trudov NGTU. – 2006. – № 2 (44). – S. 53–58.
3. Hardaker, C. H. Trehmernye komp'yuternye obolochki dlja proektirovaniya odezhdyy / C. H. Hardaker, G. Fozzard // V mire oborudovaniya. – 2001. – № 2. – S. 16–17.

4. Getmanceva V. V. Vlijanie pokazatelej fiziko-mehaničeskikh svojstv tkanej na prostranstvennuju formu plečevogo izdelija / V. V. Getmanceva [i dr.] // Izvestija vysshih učebnyh zavedenij. Tehnologija tekstil'noj promyšlennosti. – 2011 – № 6. – S. 88–94.
5. Guseva, M. A. Innovacionnyj podhod k proektirovaniju mehovoju odezhdy / M. A. Guseva, E. G. Andreeva // Sbornik nauchnyh trudov Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo simpoziuma «Sovremennye inženernye problemy promyšlennosti tovarov narodnogo potreblenija» Mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo Forumy «Pervye mezhdunarodnye Kosygin'skie čtenija» 11-12 oktjabrja 2017. – M.: FGBOU VO «RGU im. A.N. Kosygina», 2017. – T. 1. – S. 42–47.
6. Guseva, M. A. Sredstva formoobrazovanija i formozakrepljenija v sovremennoj mehovoju odezhdě / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, I. A. Petrosova // Nauchnyj žurnal KubGAU. – 2016. – № 120. – S. 1425–1435.
7. Patent na poleznuju model' RU 165430 U1 Karkas dlja zakrepljenija silužetnoj formy mehovogo izdelija / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, A. G. Hmelevskaja ; zjavl. 14.04.2016 ; opubl. 20.10.2016.
8. Patent RU 175 669 U1 Formozakrepljajushhij karkas dlja mehovoju odezhdy / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, I. A. Petrosova, T. V. Mezenčeva, G. P. Zareckaja, A. S. Bernjukova ; zjavl. 22.05.2017 ; opubl. 13.12.2017.
9. Patent na poleznuju model' RU 166 649 U1 A 41 D 1/00 (2006.01) Meshok dlja nog dlja ljuđej s ogranichenymi dvigatel'nymi vozmožnostjami / M. A. Guseva, E. G. Andreeva, O. V. Kločkova, I. D. Gusev. – № 2016122642/12 ; zjavl., 08.06.2016 ; opubl. 10.12.2016.
10. Obzor materialov dlja 3D pečati. URL [Jelektrolnnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.ink-market.ru/info/detail/post/8871.html>. – Data dostupa: 05.05.2017.
11. Bikbulatova, A. A. Metod opredelenija trebovanij k lečebno-profilaktičeskim švejnym izdelijam / A. A. Bikbulatova, E. G. Andreeva // Švejnaja promyšlennost'. – 2013. – № 1. – S. 37–40.
12. Plastik Nejlón Nylon [Jelektrolnnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://rusabs.ru/collection/nylon>. – Data dostupa: 05.05.2017.
13. Shahmatova, Ju. D. Ispol'zovanie additivnyh tehnologij v proizvodstve odezhdy / Ju. D. Shahmatova, V. V. Getmanceva, E. G. Andreeva // Innovacionnoe razvitie legkoj i tekstil'noj promyšlennosti (INTEKS-2018) : sbornik materialov Vserossijskoj nauchnoj studenčeskoj konferencii, Vitebsk, 21–22 nojabrja 2018 g. / UO «VGTU». – Vitebsk, 2018. – S. 239–242.
14. Zjavka № 2018102691 24.01.2018 Meshok dlja nog v invalidnuju koljasku / M. A. Guseva [i dr.].
15. Artec 3D. Skaner EVA. [Jelektrolnnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.artec3d.com/ru>. – Data dostupa: 01.04.2017.
16. Getmanceva, V. V. Issledovanie i razrabotka matematičeskoj modeli abrisov figury čeloveka, opredeljajushhij ee prostranstvennuju formu / V. V. Getmanceva, L. O. Gal'cova, M. S. Bojarov // Dizajn. Materialy. Tehnologija. – 2011. – № 5. – S. 94–98.
17. Getmanceva, V. V. Formalizacija informacionnogo massiva dlja celej proektirovanija konstrukcij odezhdy v virtual'nom prostranstve / V. V. Getmanceva // Dizajn. Materialy. Tehnologija. – 2011. – № 4. – S. 114–118.

Статья поступила в редакцию 26.10.2018