

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

2024, Том 9, № 2 / 2024, Vol. 9, Iss. 2 <https://kostumologiya.ru/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/29TLKL224.pdf>

2.6.16. Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Лунина, Е. В. Исследование материалов и технологий аддитивной печати в аспекте использования их при производстве предметов одежды / Е. В. Лунина, К. Н. Дугельная // Костюмология. — 2024. — Т. 9. — № 2. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/29TLKL224.pdf>

For citation:

Lunina E.V., Dugelnaia K.N. Study of materials and additive printing technologies in terms of their use in the production of clothing items. *Journal of Clothing Science*. 2024;9(2): 29TLKL224. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/29TLKL224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 687.122

Лунина Екатерина Васильевна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Преподаватель, профессор кафедры «Художественного моделирования, конструирования
и технологии швейных изделий»
Доктор технических наук, доцент
E-mail: lunina-ev@rguk.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=363910

Дугельная Ксения Николаевна

ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)», Москва, Россия
Аспирант
ООО «ОКБ Гардарика», Москва, Россия
Генеральный директор
E-mail: dugelnaia.k@gmail.com
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1070427

**Исследование материалов и технологий
аддитивной печати в аспекте использования их при
производстве предметов одежды**

Аннотация. В статье рассматривается использование аддитивных технологий печати полимерными материалами в производстве швейных изделий. Приведено подробное описание технологических особенностей аддитивных 3D-печатных технологий, включая требования к параметрам печати и необходимость соблюдения определенных условий при создании объемных элементов. Также обсуждаются различные технологии 3D-печати, а также их применение в швейной промышленности.

Статья содержит информацию о технологии объемной печати FDM с использованием гибкого термопластика EasyFlex TPU-A 95, который придает комплекс новых потребительских свойств швейным изделиям. Согласно основным правилам объемной печати на 3D-принтере разработаны образцы композитного материала различной толщины, которые исследованы на прочность адгезии и жесткость.

Важным аспектом статьи является исследование прочности адгезии между текстильными материалами и полимерными элементами, напечатанными на 3D-принтере. Приведены результаты проведенных экспериментов с различными полимерами и определены

оптимальные технологические параметры для формирования надежного адгезионного соединения.

В заключение статьи приводятся результаты исследования жёсткости композитного материала, полученного путём адгезии текстильного материала и объёмного полимерного элемента. Авторы предлагают использовать различные толщины объёмных полимерных элементов для придания швейным изделиям разной зональной жёсткости в зависимости от функционального назначения.

Результаты исследования могут быть полезны для специалистов в области лёгкой промышленности, интересующихся применением аддитивных технологий для создания швейных изделий с улучшенными потребительскими свойствами.

Ключевые слова: трёхмерная печать; аддитивные технологии; технология изготовления швейных изделий с объёмными элементами из термопластика; технология печати FDM; 3D-принтер; 3D-печать деталей; объёмные элементы

Введение

Аддитивные технологии (Additive Manufacturing) — метод создания трехмерных объектов, деталей или вещей путем послойного добавления материала: пластика, металла, бетона и, возможно, в будущем — человеческой ткани.¹ Трёхмерные технологии используют для создания 3D-объектов при помощи 3D-принтеров. Использование аддитивных технологий в процессе производства изделий легкой промышленности позволяет сократить время производства, повысить качество выпускаемой продукции, формализовать процесс производства [1]. Применение аддитивных технологий подразумевает на этапе проектирования создание высокоточной виртуальной модели в трехмерной среде, точный расчет необходимого количества используемых материалов, выявление и устранение возможных конструктивных и технологических дефектов, что значительно повышает качество проектных работ.

Технология объёмной печати — это один из быстро развивающихся видов аддитивных технологий. 2D-объекты преобразовываются в 3D-объекты. С каждым годом аддитивные технологии находят свое применение в новых сферах и объектах, спектр используемых материалов расширяется, а 3D-принтеры позволяют печатать более сложные объекты и носибельные изделия. В процессе печати на 3D-принтере используются термопласты, фотополимеры, полиамиды и полиуретаны. Спектр используемых материалов постоянно расширяется путем введения в искусственные материалы натуральных, с целью придания им новых физико-механических свойств, обеспечивающих гибкость, драпируемость, повышение устойчивости к истиранию, на изгиб и др.

Внедрение технологии объёмной печати в производство швейных изделий не требует глобальной реорганизации технологического процесса, имеет высокий показатель рентабельности и, следовательно, может быть успешно применена в массовом производстве одежды. Однако, применяемые для 3D-печати в настоящее время материалы, в чистом виде не могут обеспечить комфортного пододежного пространства, поскольку не обладают такими свойствами как гигроскопичность, воздухопроницаемость, драпируемость, мягкость. По этой причине предметы одежды, выполненные целиком методом 3D-печати, не пригодны для повседневной носки и не способны подстраиваться под изменения тела человека в динамике. В связи с этим, внедрение технологии изготовления швейных изделий с объёмными элементами из термопластика в массовое производство требует дополнительного исследования

¹ Аддитивные технологии и их возможности [Электронный источник] URL: Аддитивная технология: что это и где применяется | РБК Тренды (rbc.ru) Дата доступа 12.06.2024.

полимерных материалов на предмет возможности создания комфортного состояния пододежного пространства и прочной адгезии между текстильным и нетекстильным материалами.

Целью работы является обоснование перспективности использования объемных элементов из термопластика различной толщины и жесткости в швейных изделиях с учетом физико-механических свойств композитных материалов, полученных в результате адгезии текстильных материалов и термопластиков.

Методы и материалы. Цифровые технологии моделирования и печати 3D-объектов, программное обеспечение CorelDRAW и Autodesk Fusion 360, современные методы и технические средства исследования физико-механических и эксплуатационных свойств одежных материалов. При изготовлении опытных образцов использованы как текстильные, так и нетекстильные материалы.

Результаты и обсуждения

Аддитивные технологии позволяют создавать трехмерные объекты путем послойного наплавления материала [1]. При помощи аддитивных технологий 2D-объекты преобразовываются в 3D-объекты и получают новый виток развития. Технология объемной печати — это один из видов аддитивных технологий, которая стремительно развивается. Использование аддитивных технологий в конструировании и моделировании швейных изделий позволяет создать высокоточную модель изделия в трехмерной среде, рассчитать необходимое количество материалов, выявить дефекты на этапе конструирования и визуализировать изделие для оценки соответствия его внешнего вида [2].

При работе с любыми материалами в рамках массового производства первый этап проектирования подразумевает проработку дизайна изделия и его составных частей. В случае внедрения термопластика в производство швейных изделий имеется возможность производства абсолютно любых форм и дизайнерских решений трехмерных напечатанных деталей. В связи с этим на первом этапе исследования были рассмотрены варианты дизайна полимерных объемных экспериментальных образцов, получаемых методом 3D-печати из термопластика.

Для этого были разработаны эскизы будущих объемных элементов. Создание эскиза объемных элементов осуществлялось путем применения основных графических средств композиции: точки, линии, штриха, пятна. При разработке эскизов использовалась комбинация линий с пятном. Орнаментальное решение объемных элементов выбрано геометрическое, разработано на основе результатов анализа предпочтений потребителей к геометрическим фигурам Елшанского С.П. [3].

Для того, чтобы выбрать один эскиз из разработанных для выполнения дальнейших практических исследований был проведен анкетный опрос потенциальных потребителей, в котором приняли участие 100 женщин. Определено, что потребители имеют в своем гардеробе 30 % одежды с геометрическим рисунком. В большей степени рисунок в одежде преобладает в блузах и платьях потребителей, которую они надевают несколько раз в месяц.

Результаты выбора дизайна рисунка, который потенциальные потребители предпочитают видеть в одежде: 63 % потребителей выбрали эскиз № 3; 18 % — эскиз № 1; 12 % — эскиз № 2; 7 % — эскиз № 4. На основе анализа предпочтений потребителей за основу дизайна объемного элемента из термопластика для проведения дальнейших исследований взят эскиз № 3 (рис. 1).

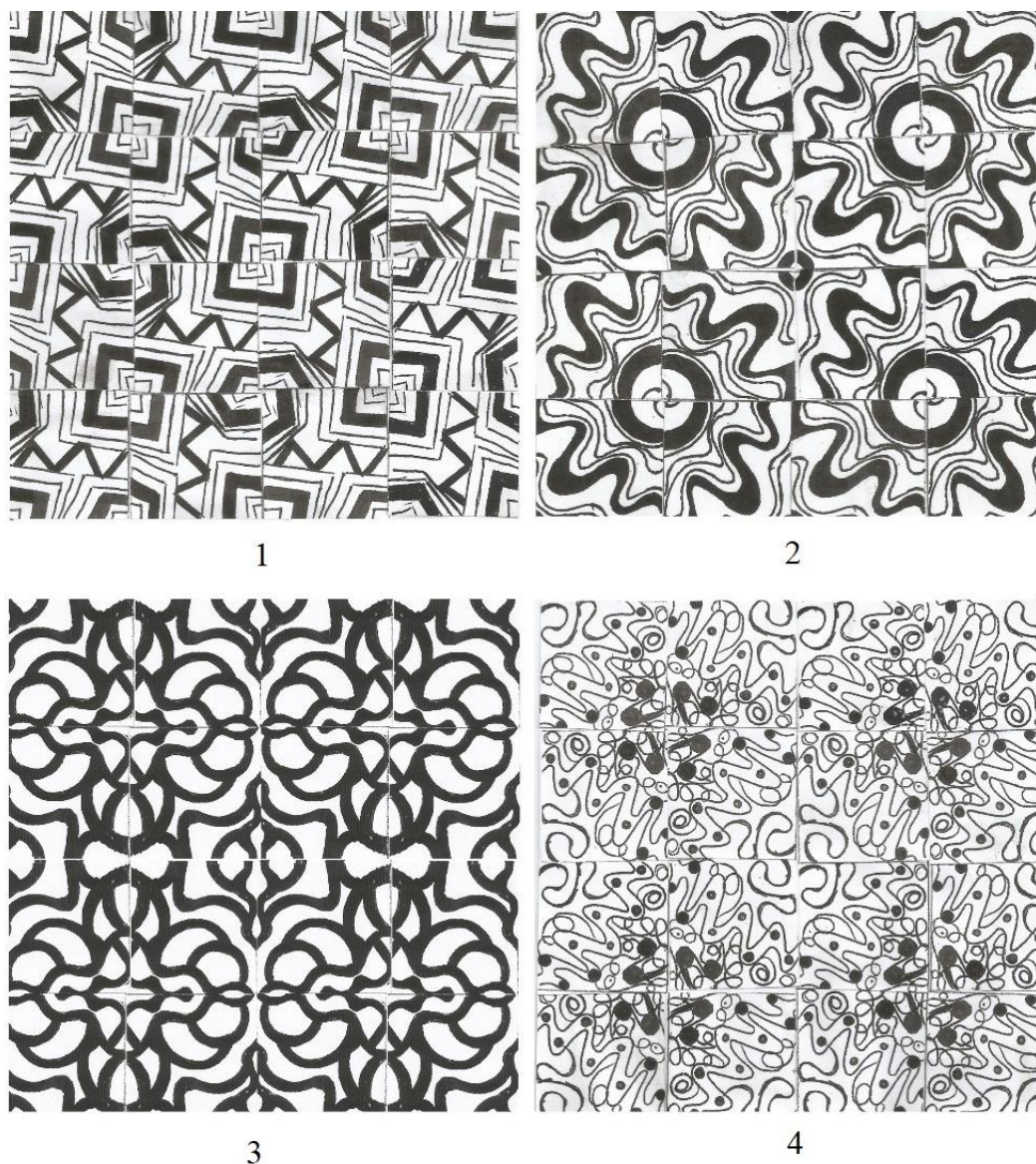


Рисунок 1. Эскизы объемных элементов (рисунок авторов)

Для создания объемного элемента из термопластика необходимо выбранный эскиз под № 3 из растрового изображения перевести в векторное, при помощи программы CorelDRAW. Затем в трехмерной среде в программе Autodesk Fusion 360 задаются все необходимые параметры объекту: ширина и высота линий, направление, рапорт рисунка. Трехмерная среда дает возможность оценить форму и характеристики объекта под углом изображения в 360° на рабочем экране компьютера, что позволяет устранить видимые дефекты перед началом производства.

Технологической особенностью аддитивных технологий 3D-печати является необходимость соблюдения ряда требований при задании параметров печати. Так каждая деталь орнамента объемного элемента должна иметь участки соприкосновения с другими деталями, поскольку объемный элемент печатается на плоской платформе и после окончания процесса изготовления необходимо снять его с рабочей поверхности стола, не нарушив при этом его целостность. Если детали элемента не будут между собой соединяться, то придется вручную выкладывать детали на материал, совмещая орнамент, что может привести к смещению рапорта рисунка, формированию разного расстояния между деталями объемного элемента и невозможности изготовить симметричные детали.

Минимальная высота одного слоя печати объемного элемента должна быть 0,25 мм — это требование к параметрам заявлено от производителей 3D-принтеров. Сопло 3D-принтера печатает слои высотой в 0,25 мм. Остальные технологические особенности аддитивных технологий 3D-печати были установлены в результате изготовления опытных образцов, для чего эскиз элемента был импортирован в формат STL для печати на 3D-принтере. Формат STL — это общепринятый международный формат, который читает 3D-принтер для создания правильной последовательности печати.

3D-принтер может печатать по следующим технологиям: SLA, SLS, PolyJet, MJM, FDM, DLP. На основе статистических данных использования технологий и оборудования объемной печати за 2024 год, представленные РБК в статье «Анализ российского рынка 3D принтеров: итоги 2024 г., прогноз до 2026 г.»², выявлено, что 68 % рынка занимают промышленные принтеры, 25 % рынка используют технологию печати FDM и только 7 % рынка используют технологию печати SLA (рис. 2). Поэтому для дальнейших экспериментов была выбрана технология печати FDM.

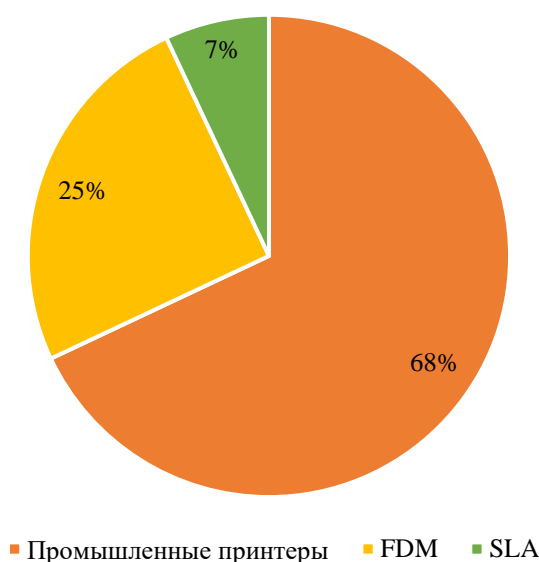


Рисунок 2. Статистические данные использования технологий и оборудования объемной печати в 2024 году (рисунок авторов)

Технология печати FDM позволяет использовать следующие полимерные материалы: ABS, PLA, TPU (FLEX), NYLON, PP и многие другие. Производители полимеров для 3D-печати предлагают большой выбор пластиков, имеющих различные свойства. Для швейных изделий в легкой промышленности использование полимера в изделиях должно сохранять комфортное состояние пододежного пространства. На данном этапе развития технологии и материалов 3D-печати обеспечить комфортное состояние человека при ношении изделий с объемными напечатанными элементами возможно лишь при условии их использования в пакете с текстильными материалами. В связи с этим встает задача обеспечения надежного соединения полимера и текстиля, которое не будет нарушать в процессе эксплуатации изделия. Проведенные исследования показали, что надежное и технологически оправданное соединение гарантирует адгезия, формируемая под воздействием повышенной температуры и давления [4].

² Анализ российского рынка 3D принтеров: итоги 2024 г., прогноз до 2026 г. [Электронный ресурс] URL: <https://marketing.rbc.ru/articles/14063/?ysclid=lrw45f4fx7190442189> Дата доступа 12.06.2024.

Адгезия — способность одного материала приклеиваться и удерживаться на поверхности другого.³ В результате адгезии получают композитный материал. Качество адгезии термопластичного полимера с различными текстильными материалами зависит от физико-механических свойств текстильного и полимерного материалов.⁴

В статье Шаехова М.Ф., Сысоева В.А. и Сухих Е.А. описано изменение адгезионных свойств ABS пластика с тканью после модификации ВЧЕ разряда пониженного давления [5]. Процесс адгезии ABS пластика с тканью выполнен при помощи адгезива — клея Момент «Кристалл» на полиуретановой основе. Недостатком данного соединения является использования клея в швейных изделиях, который может проникать на изнаночную сторону ткани и раздражать тело. Химический состав клея не является стойким к химическим чисткам и механическим стиркам. Адгезионное соединения является непрочным.

С целью выявления оптимальных технологических параметров для формирования надежного адгезионного соединения текстильных материалов и полимерного элемента, напечатанного на 3D-принтере, нами были проведены исследования с использованием нескольких полимеров: GF-Max (стеклонаполненный) PET-G, полипропилен PP⁺, EasyFlex TPU-A 95, исследования которых не проводились ранее. При нагревании объемного элемента из термопластика адгезивом служит именно полимер, который проникает в пористую структуру текстильного материала, формируя прочное соединение [6]. Для создания адгезионного соединения полимерного материала с текстильным нами было предложено использовать пресс, который активно применяют в классической технологии обработки швейных изделий для влажно-тепловой обработки. Цель исследования прочности адгезии термопластичных полимеров GF-Max (стеклонаполненный) PET-G, полипропилен PP⁺ и EasyFlex TPU-A 95 с текстильным материалом (ткань, лён 100 %) заключалась в выборе полимерного материала, наиболее пригодного для внедрения в производство швейных изделий, обеспечивающих комфортное состояние пододежного пространства.

Прочность адгезии ткани с покрытием регламентирует национальный стандарт Российской Федерации в соответствии с ГОСТ Р ИСО 2411-2014.⁵ Для определения прочности адгезии ткани с полимерным элементом (который в данном случае можно приравнять к покрытиям) методом расслаивания применялась разрывная машина РТ-250М-2 [7]. Использовалась шкала силоизмерителя А — 0-50 кГс (маятник без груза). Образцы для испытания состояли из объемных элементов из полимера, соединенных с тканью методом прессования. Были испытаны образцы шириной не менее 75 мм и длиной не менее 200 мм, выкроенные из ткани по основе и по утку, по пять штук каждого направления раскроя. Испытание проведено в оптимальных условиях в лаборатории при температуре воздуха 23,5°С и относительной влажности воздуха 83 %, что установлено в ИСО 2231.⁶

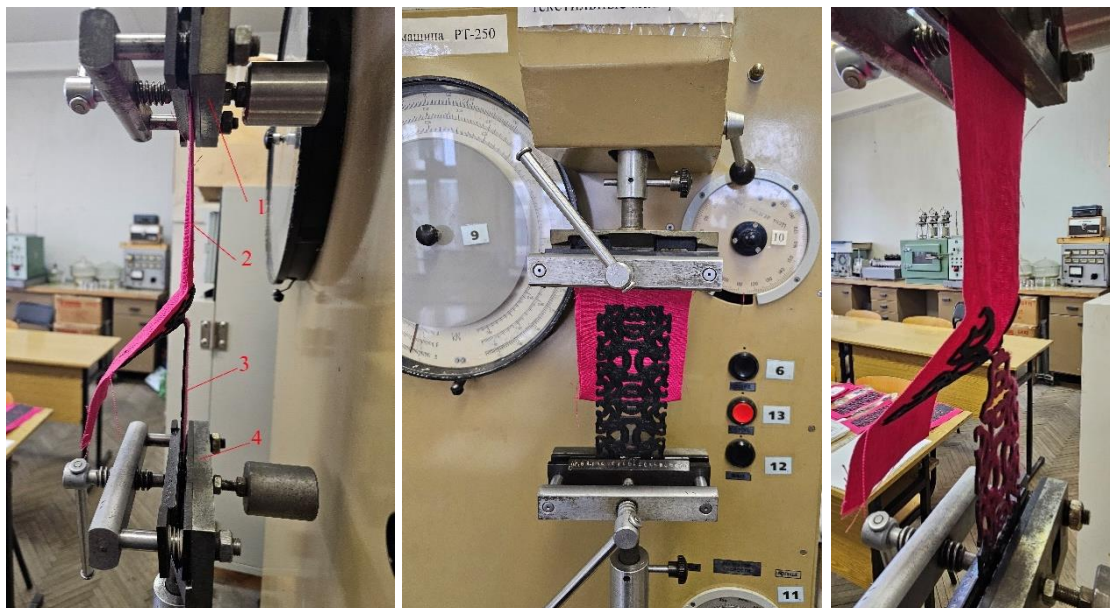
³ Что такое адгезия и когезия? Основные понятия, виды и способы применения адгезии в промышленности [Электронный ресурс] URL: <https://laserstore.ru/blog/adgezija-cto-eto-takoe/> Дата доступа 13.06.2024.

⁴ Бузов Б.А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. высш. учеб. заведений / Б.А. Бузов, Н.Д. Алыменкова; под ред. Б.А. Бузова. — 4-е изд., испр. — М.: Издательский центр «Академия», 2010. — 448 с.

⁵ ГОСТ Р ИСО 2411-2014. Материалы текстильные. Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Метод определения адгезии покрытия — М.: Технический комитет по стандартизации ТК 412 «Текстиль», Открытое акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт сертификации» (ОАО «ВНИИС») 01.01.2016. — 15 с.

⁶ ИСО 2231:1989 Ткани с резиновым и пластмассовым покрытием. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и испытаний (ISO 2231:1989 Rubber or plastics coated fabrics. Standart atmospheres for conditioning and testing).

Подготовленные образцы для испытаний помещали в испытательную аппаратуру, закрепляя конец с покрытием в движущийся зажим, а текстильный материал — в неподвижный зажим (рис. 3).



1 — неподвижный зажим; 2 — текстильный материал; 3 — полимерный элемент; 4 — подвижный зажим

Рисунок 3. Закрепление текстильного материала с полимерным элементом, прикрепленным путем адгезии, в разрывной машине РТ-250М-2 (фото авторов)

Метод расслаивания позволяет измерить адгезионную нагрузку, при которой полимерный элемент начинает отделяться от текстильного материала. В таблице 1 представлены результаты исследования адгезионной нагрузки.

Таблица 1

Результаты испытаний адгезионной нагрузки

№ пробы	Максимальная сила адгезии по основе, Н	№ пробы	Максимальная сила адгезии по утку, Н
GF-Max (стеклонаполненный) PET-G			
1	100	6	80
2	80	7	76
3	90	8	64
4	95	9	70
5	80	10	85
Среднее	89	Среднее	75
Полипропилен PP⁺			
11	125	16	100
12	100	17	115
13	120	18	95
14	130	19	99
15	120	20	100
Среднее	119	Среднее	101,8
EasyFlex TPU-A 95			
21	225	26	215
22	240	27	220
23	219	28	216
24	229	29	210
25	236	30	215
Среднее	229,8	Среднее	215,2

Составлено авторами

По результатам проведения испытания было определено, что адгезионная нагрузка выше у образцов, выкроенных по основе, чем по утку, так как нити по основе сильнее натянуты и их линейная плотность выше. У образцов ткани с полимерным элементом из EasyFlex TPU-A 95 адгезионная нагрузка выше, чем у образцов ткани с элементами из GF-Max (стеклонаполненный) PET-G в 2,5 раза и выше, чем у образцов ткани с элементами из полипропилен PP⁺ в 1,9 раз. Таким образом наиболее высокие показатели адгезионной нагрузки имеют образцы ткани с полимерным элементом из EasyFlex TPU-A 95.

Технологии объемной печати позволяют изготавливать объемный элемент из полимера любой толщины. Толщина объемного элемента из полимера должна быть определена с учетом характеристик текстильного материала и предъявляемых требованиям к создаваемой одежде. Таким образом, дальнейшее исследование было направлено на определение оптимальной толщины объемного элемента из полимера.

Для исследования были изготовлены образцы объемных элементов из полимера EasyFlex TPU-A 95 толщиной: 3,0 мм, 2,5 мм, 2,25 мм, 2,0 мм, 1,75 мм, 1,5 мм, 1,25 мм, 1,0 мм, 0,75 мм, 0,5 мм, 0,25 мм. Процесс адгезии ткани с объемным элементом из полимера осуществлялся при помощи пресса, равномерно нагретого до 240°C. Эксперимент был необходим для определения оптимальных режимов прессования и выявления характеристик, которые можно придать текстильному материалу при его соединении с объемными элементами из полимера различной толщины.

В результате проведенного эксперимента установлено оптимальное время прессования при температуре 240°C с учетом толщины используемого 3D-элемента:

1. Толщина 3D-элемента из полимера EasyFlex TPU-A 95 от 3,0 мм до 1,0 мм — время прессования 40 сек.
2. Толщина 3D-элемента из полимера EasyFlex TPU-A 95 от 0,75 мм до 0,5 мм — время прессования 30 сек.
3. Толщина 3D-элемента из полимера EasyFlex TPU-A 95 составляет 0,25 мм — время прессования 15 сек.

Помимо вышеизложенного, также выявлено, что из 16 образцов 9 не изменили свои параметры после процесса прессования. Вследствие чего был сделан вывод, что процесс адгезии при правильно подобранных толщинах текстильного и полимерного материалов не приводит к усадке текстильного материала.

В зависимости от зоны применения объемного элемента из термопластика в швейных изделиях исследована жесткость композитного материала. Жесткость при изгибе — это способность материала сопротивляться изменению формы при действии внешней изгибающей силы⁷. Определение жесткости материала при изгибе регламентирует ГОСТ 10550-93⁸ [8].

Для определения жесткости материала при изгибе применен метод кольца [9], при помощи которого можно определить жесткость материала при принудительном прогибе согнутого в кольцо материала на 1/3 диаметра. Пробная полоска текстильного материала с объемным элементом из полимера EasyFlex TPU-A 95 закрепляется в зажиме, в результате чего

⁷ Туханова В.Ю., Тихонова Т.П., Федотова И.В. Методы оценок потребительских свойств материалов и конструкций узлов швейных изделий при инженерном конфекционировании: учебное пособие. — М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2017. — 144 с.

⁸ ГОСТ 10550-93. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе — Минск.: Постановление Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 02.06.94 № 160 межгосударственный стандарт 01.01.95. — 12 с.

образуется диаметр 30 мм. Затем к кольцу прислоняется прижимная пластина, на которую падают металлические шарики. При прогибе кольца на 1/3 диаметра измеряется нагрузка Р, которая характеризует жесткость материала при изгибе по формуле:

$$P = m \cdot g = K_v, \quad (1)$$

где m — масса груза, действующего на пробную полоску; g — коэффициент свободного падения; K_v — коэффициент жесткости.

Коэффициент свободного падения имеет значение 10 м/с^2 [10]. Значения нагрузки, которая характеризует жесткость материала при прогибе, масса груза и толщина слоя объемного элемента из полимера представлены в таблице 2.

Таблица 2

Прочностные характеристики, которые характеризуют жесткость материала при прогибе

№ п/п	Толщина слоя объемного элемента, мм	Масса груза, кг	Нагрузка (жесткость материала при прогибе), Н
1	3,0	1,100	11,0
2	3,0	0,928	9,28
3	2,75	0,816	8,16
4	2,75	0,700	7,0
5	2,5	0,615	6,15
6	2,25	0,520	5,2
7	2,0	0,410	4,1
8	1,75	0,334	3,34
9	1,5	0,252	2,52
10	1,25	0,158	1,58
11	1,0	0,104	1,04
12	0,75	0,082	0,82
13	0,75	0,064	0,64
14	0,5	0,043	0,43
15	0,5	0,023	0,23
16	0,25	0,009	0,09

Составлено авторами

По результатам проведенного испытания определено, что жесткость материала с объемными элементами из полимера, в зависимости от толщины объемного элемента, можно разделить на 3 группы в зависимости от степени повышения жесткости исходного текстильного материала, которой он обладал до адгезии с полимерным элементом:

- от 3,0 мм до 2,25 мм — высокая относительная жесткость;
- от 2,0 мм до 1,0 мм — средняя относительная жесткость;
- от 0,75 мм до 0,25 мм — малая относительная жесткость.

Соответственно, за счет варьирования толщиной объемного элемента из полимера возможно придавать швейному изделию разную зональную жесткость, выбираемую в зависимости от области применения и функционального назначения. Так объемные элементы толщиной от 3,0 мм до 2,25 мм рекомендуем использовать в швейных изделиях для значительного увеличения зональной жесткости, например в качестве формоудерживающих элементов конструкции корсетов или защитных деталей, таких как наколенники. Объемные элементы толщиной от 2,0 мм до 1,0 мм целесообразно использовать для придания зональной жесткости в тех зонах, где в классической швейной технологии используют дублирующие материалы, например на воротниках, лацканах, клапанах, манжетах и т. п. Относительно тонкие объемные полимерные элементы, толщина которых от 0,75 мм до 0,25 мм следует

использовать для декорирования в изделиях, не нуждающихся в значительном повышении жесткости.

Заключение

В заключение следует отметить, что аддитивные технологии представляют собой перспективное направление в области материаловедения и конструирования швейных изделий. Они позволяют создавать уникальные по свойствам изделия, которые невозможно получить традиционными методами.

В ходе исследования были определены оптимальные параметры для создания объемных элементов из термопластика с использованием аддитивных технологий. Установлено, что технология печати FDM является наиболее подходящей для создания объемных элементов, так как она обеспечивает высокое качество печати и позволяет использовать различные полимерные материалы.

Прочность адгезии между текстильным материалом и полимерным элементом зависит от физико-механических свойств материалов и может быть определена методом расслаивания. Оптимальная толщина объемного элемента из полимера EasyFlex TPU-A 95 зависит от характеристик текстильного материала и требований к создаваемой одежде. Процесс адгезии при правильно подобранных толщинах текстильного и полимерного материалов не приводит к усадке текстильного материала. Варьируя толщину объемного элемента, можно придавать швейному изделию разную зональную жесткость, что расширяет возможности применения аддитивных технологий в производстве одежды.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки новых моделей швейных изделий с применением объемных элементов как для декорирования, так и для зонального увеличения жесткости текстильного материала.

Дальнейшие исследования в этой области позволят расширить возможности использования аддитивных технологий в швейной промышленности и создать новые виды швейных изделий с улучшенными свойствами, что открывает широкие перспективы для развития отрасли и повышения качества выпускаемой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Одкопаев С.А., Демишкевич Э.Б. Аддитивные технологии и прототипирование: учебно-методическое пособие / Подкопаев С.А., Демишкевич Э.Б.; МГТУ имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский ун-т). — М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2021. — 48 с.: ил. — Библиогр. в конце кн. — ISBN 978-5-7038-5642-0.
2. Дугельная К.Н., Кузьмин А.Г., Лунина Е.В.: Применение аддитивных технологий в конструировании и моделировании швейных изделий. Всероссийская научно-практическая конференция «ДИСК 2020»: сборник материалов Часть 1. — М.: ФГБОУ ВО «РГУ имени А.Н. Косыгина», 2020. — 268 с., с. 262–268. Москва. 2020 г.
3. Елшанский С.П. Предпочтение и игнорирование простых геометрических фигур в процессе их зрительного восприятия (айтрекерное исследование) // Современные научные исследования и инновации. 2014. № 4. Ч. 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2014/04/32283> (дата обращения 18.03.2024 г.).

4. Дугельная К.Н. Внедрение технологии 3D-печати в производство швейных изделий на примере корсета женского с объемными элементами из термопластика / К.Н. Дугельная, Е.В. Лунина // Костюмология. — 2023. — Т 8. — № 4. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/18TLKL423.pdf> (дата обращения: 22.03.2024).
5. Шаехов М.Ф. Изменение адгезионных свойств ABS пластика с тканью после модификации ВЧЕ разряде пониженного давления / М.Ф. Шаехов, В.А. Сысоев, Е.А. Сухих // Костюмология. — 2022. — Т 7. — № 3. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/18TLKL322.pdf> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Муравский А.А., Аликин М.Б., Дворко И.М., Лавров Н.А. Polymer 3D printing: history, classification and current development trends (review) / Полимерная 3D-печать: история классификация и современные тенденции развития (обзор). В журнале Известия СПбГТИ(ТУ) № 64(90) 2023. — 58–66 с.
7. Колиева Ф.А. Перспективы применения 3D печати при проектировании предметов одежды / Ф.А. Колиева, А.В. Гобеева, А.О. Гркикян [и др.] // Костюмология. — 2021. — Т 6. — № 1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/06TLKL121.pdf> (дата обращения: 15.03.2024).
8. Букашкина Е.А. Создание платья-конструктора из элементов, напечатанных на 3D-принтере. В сборнике: Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2022). сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием. Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство). Москва, 2022. С. 42–45.
9. Верховская А.С. Применение инновационных технологий в процессе создания коллекции одежды. В сборнике: Дизайн и искусство — стратегия проектной культуры XXI века. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции в рамках Всероссийского форума молодых исследователей. Москва, 2022. С. 260–263.
10. Синицына Е.И., Ковалева О.В. Использование 3D печати в изготовлении одежды. В сборнике: Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления. Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума, Международного Косыгинского форума. Москва, 2019. С. 167–171.

Lunina Ekaterina Vasil'evna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
E-mail: lunina-ev@rguk.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=363910

Dugelnaia Kseniia Nikolaevna

Russian State University named A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art), Moscow, Russia
OKB Gardarika LLC, Moscow, Russia
E-mail: dugelnaia.k@gmail.com
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1070427

Study of materials and additive printing technologies in terms of their use in the production of clothing items

Abstract. The article discusses the use of additive printing technologies with polymer materials in the production of garments. A detailed description of the technological features of additive 3D printing technologies is provided, including requirements for printing parameters and the need to comply with certain conditions when creating volumetric elements. Various 3D printing technologies are also discussed, along with their applications in the apparel industry.

The article contains information about FDM volumetric printing technology using flexible thermoplastic EasyFlex TPU-A 95, which imparts a set of new consumer properties to garments. According to the basic rules of volumetric printing on a 3D printer, samples of composite material of various thicknesses were developed and tested for adhesion strength and rigidity.

An important aspect of the article is the study of the adhesion strength between textile materials and polymer elements printed on a 3D printer. The results of experiments with various polymers are presented and the optimal technological parameters for the formation of a reliable adhesive joint are determined.

In conclusion, the article presents the results of a study of the rigidity of a composite material obtained by adhesion of a textile material and a volumetric polymer element. The authors propose using different thicknesses of volumetric polymer elements to give garments different zonal rigidity depending on the functional purpose.

The results of the study may be useful for specialists in the field of light industry interested in the use of additive technologies to create garments with improved consumer properties.

Keywords: three-dimensional printing; additive technologies; technology for manufacturing garments with three-dimensional elements made of thermoplastic; FDM printing technology; 3D printer; 3D printing of parts; volumetric elements