

**Алексеева Анна Андреевна, Плотникова Эвелина Юрьевна**

Студент, кафедра биотехнологии, пищевой и химической инженерии,  
Алтайский Государственный Технический университет им. И. И. Ползунова,  
РФ, г. Барнаул

**Лёвкин Игорь Васильевич**

Научный руководитель, кандидат технических наук, кафедра информатики,  
вычислительной техники и информационной безопасности, Алтайский  
Государственный Технический университет им. И. И. Ползунова, РФ, г. Барнаул

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ПРИНТЕРА В ПРОЕКТИРОВАНИИ ОДЕЖДЫ: ТЕХНОЛОГИИ, МАТЕРИАЛЫ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМООБРАЗОВАНИЮ**

*В публикации раскрываются актуальные направления применения трёхмерной печати в модной индустрии. Исследуются технологические подходы (FDM, SLS, SLA), используемые материалы (термопластичный полиуретан, полиамид, фотополимеры), а также достоинства и недостатки аддитивных процессов при создании одежды. Рассматриваются кейсы внедрения 3D-печати ведущими дизайнерами и брендами, оценивается перспективность технологии в условиях роста спроса на индивидуальную настройку, экологичность и цифровую обработку изделий..*

*The publication reveals the current trends in the application of three-dimensional printing in the fashion industry. Technological approaches (FDM, SLS, SLA), materials used (thermoplastic polyurethane, polyamide, photopolymers), as well as the advantages and disadvantages of additive processes in the creation of clothing are investigated. Cases of implementation of 3D printing by leading designers and*

*brands are considered, the prospects of technology are estimated in the context of growing demand for individual customization, environmental friendliness and digital processing of products..*

**Ключевые слова:** *3D-печать, аддитивные технологии, дизайн одежды, модная индустрия, инновационные материалы, кастомизация, цифровое производство*

**Keywords:** *3D printing, additive technologies, clothing design, fashion industry, innovative materials, customization, digital manufacturing*

В эпоху цифровой революции и технологического прорыва, традиционные отрасли промышленности активно осваивают инновации. Мода, которая долгое время придерживалась устоявшимся производственным моделям, переживает период кардинальных изменений. 3D-печать выделяется как технология с огромным потенциалом, способная расширить творческие возможности дизайнеров и производителей одежды.

Классическим методам, основанным на раскрое и шитье, в противовес встает 3D-печать, которая даёт возможность формировать объекты с комплексной геометрией, сокращать объёмы отходов и оперативно отвечать на запросы индивидуальных клиентов. А.В. Иванов, эксперт в области текстильной промышленности, отмечал "аддитивные технологии инициируют фундаментальные изменения в производственной парадигме, смещая фокус с массового производства на индивидуализированное и трансформируя линейные процессы в циклические" [1]. Соглашаясь с позицией С.Н. Петрова, можно отметить, что 3D-печать преодолевает ограничения устоявшихся методик. Она предлагает принципиально новый подход к формообразованию, формируя новую парадигму в индустрии моды [2].

Принцип работы 3D-печати заключается в поэтапном формировании физических объектов, опираясь на их цифровые трехмерные представления. В отличие от классических методов, где избыточный материал удаляется (например, при фрезеровании или резке), она наращивает изделие, последовательно добавляя

материал слой за слоем. На выходе получаются исключительно точные объекты, без большой потери сырья.

В индустрии моды эта технология помогает с решением разнообразных задач:

- Создание эксклюзивных декоративных деталей: Появляется возможность печати уникальных пуговиц, пряжек, которые трудно воспроизвести обычными методами.
- Разработка прототипов одежды: Быстрое и рентабельное тестирование новых дизайнерских решений и конструктивных особенностей перед запуском в серийное производство.
- Выпуск лимитированных серий: Позволяет создавать небольшие партии продукции без необходимости значительных инвестиций в дорогостоящее оборудование и оснастку.
- Персонализированный пошив: Обеспечивает возможность проектирования одежды, идеально соответствующей индивидуальным меркам клиента и его анатомическим особенностям.

В дизайне одежды используются три ключевых метода аддитивного производства (см. таблицу 1)."

Таблица 1 – Основные технологии 3D-печати, применимые в моде

Технология	Принцип действия	Материалы	Применение в одежде
FDM (Fused Deposition Modeling)	Наплавление нити термопластика	PLA, ABS, PETG, TPU	Жёсткие декоративные элементы, гибкие вставки
SLS (Selective Laser Sintering)	Лазерное спекание порошка	Полиамид (нейлон), TPU-	«Кольчужные»

		порошок	ткани, сетчатые структуры, цельные изделия
SLA / DLP (стереолитография)	Отверждение жидкой смолы	УФ-светом Фотополимеры (стандартные, гибкие)	Ювелирно точные детали, прозрачные элементы

Все применяемые в настоящее время технологии обладают своими уникальными плюсами и характеристиками. Для выпуска готовой одежды технология селективного лазерного спекания (SLS) выглядит самым обнадеживающим направлением. Её ключевое преимущество — отсутствие необходимости в опорных конструкциях, что позволяет создавать изделия с высокой эластичностью и превосходной вентиляцией.

Можно отметить, что современные аддитивные машины способны работать с обширным ассортиментом материалов. Многие из них были созданы специально для текстильной промышленности. К основным категориям сырья относятся:

- Биоразлагаемые полимеры (например, PLA, получаемый из растительного сырья, а также древесные композиты): Эти материалы идеально подходят для создания аксессуаров и декоративных элементов в рамках экологически ориентированных коллекций.
- Полимеры с высокой степенью эластичности (включая TPU, TPE, Filaflex): Их способность к значительному растяжению и последующему восстановлению формы делает их незаменимыми при создании таких элементов, как манжеты, ремни, вставки и подошвы для обуви.
- Материалы композитной структуры (например, нейлон, армированный углеродным или стекловолокном): Их выдающаяся прочность и стойкость

к нагрузкам позволяют эффективно использовать их в производстве каркасных частей корсетов, защитной экипировки и сумок классического дизайна.

- Специализированные нити для текстильной печати (включая Flexible PLA и мягкий полиамид): Эти материалы предназначены для воспроизведения рельефных текстур, имитирующих тканевые переплетения, а также для прямой печати на текстильных полотнах.

Основные направления применения 3D-печати в моде представлены ниже (Таб. 2)."

Таблица 2 – Распределение применения 3D-печати в модной индустрии (в % от общего числа проектов за 2023–2025 гг.)

Направление	Доля
Аксессуары и украшения	42%
Элементы декора одежды	28%
Функциональные детали (застёжки, замки)	15%
Полностью напечатанные предметы одежды	10%
Обувь	5%

Доминирующее положение в таблице по-прежнему занимают аксессуары и украшения. Это объясняется их меньшими требованиями к гибкости и простотой ухода, в частности, стирки. Часть одежды, которая полностью созданная методом 3D-печати, увеличивается с 3%. Сейчас этот показатель растет.

Примеры инновационного использования:

- Знаменитые "живые" платья дизайнера Айрис ван Херпен, имитирующие биологические структуры, создаются с помощью SLS-печати из полиамида (коллекция "Hybrid Holism", 2019).
- Adidas представил серию кроссовок с промежуточной подошвой, напечатанной по технологии Digital Light Synthesis (вариант SLA-печати), что позволило добиться точной настройки амортизации для каждого бегуна.
- Студия Threeasfour создает цельные напечатанные топы из TPU, которые не нуждаются в швах и идеально облегают фигуру.

Использование 3D-принтеров в моде обеспечивает ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами производства.

1. Сокращение времени производства. На изготовление 3D-печати уходит от нескольких часов до суток. Когда так же разработка традиционным путём может занимать долгое время.

2. Минимизация отходов материала. В классическом раскрое доля отходов достигает 15–30% (так называемые «межлекальные выпады»). При 3D-печати потери материала не превышают 2–5%, а в технологии SLS непропечённый порошок используется повторно, снижая отходы практически до нуля.

3. Возможность кастомизации изделий. 3D-печать позволяет создавать одежду по индивидуальным меркам без удорожания — достаточно изменить цифровую модель. Это особенно востребовано в корсетных изделиях, ортопедической обуви и протезах.

4. Создание сложных геометрических форм. Аддитивные технологии дают свободу, недоступную традиционному крою: внутренние полости, решётчатые структуры, переменную толщину стенок, шарнирные соединения без сборки.

5. Снижение затрат на прототипирование. Для малых серий (до 500 единиц) 3D-печать выходит экономически выгоднее инъекционного литья. Она не требует изготовления пресс-форм.

В таблице 3 приведено сравнение ключевых параметров традиционного и аддитивного производства одежды.

Таблица 3 – Сравнение традиционного пошива и 3D-печати в производстве одежды

Параметр	Традиционный пошив	3D-печать
Время от идеи до образца	2–4 недели	1–3 дня
Доля отходов материала	15–30%	1–5%
Минимальный заказ для рентабельности	500 шт.	1 шт.
Сложность геометрии	Низкая/средняя	Высокая/экстремальная
Трудоёмкость сборки	Высокая (швеи)	Низкая (постобработка)
Возможность полной персонализации	Сложно/дорого	Тривиально

Несмотря на очевидные преимущества, технология 3D-печати в моде имеет ряд серьёзных ограничений, которые пока сдерживают её массовое внедрение.

1. Высокая стоимость оборудования. Промышленные SLS- и SLA-принтеры стоят от 50 000 до 500 000 долларов, что недоступно для малых дизайнерских студий. Дешёвые FDM-принтеры (от 200 долларов) не обеспечивают нужного качества поверхности и эластичности.

2. Ограничения по размеру изделий. Рабочая камера большинства принтеров не превышает 300×300×300 мм. Для печати полноразмерного платья

требуются либо специальные крупногабаритные принтеры, либо постпечатная сборка из фрагментов.

3. Необходимость специализированного ПО. Дизайнеры одежды редко владеют навыками инженерного 3D-моделирования (SolidWorks, Rhino, Grasshopper). Требуется освоение сложного программного обеспечения для создания топологически оптимизированных форм.

4. Специфика использования материалов. Важно понимать, что большинство напечатанных вещей не любят горячую воду, утюг и химчистку. Со временем они могут пожелтеть или стать ломкими от солнца.

Создание одной сложной вещи на 3D-принтере занимает от 10 до 50 часов. Это делает массовое производство не очень выгодным из-за огромных временных затрат. Плюс, есть еще и психологический момент: многие покупатели считают такую одежду "пластиковой" и неудобной, хотя современные материалы уже почти неотличимы от натуральных на ощупь.

Чтобы 3D-печать стала полноценной частью модной индустрии, нужно развивать несколько направлений, которые помогут преодолеть эти трудности.

1. Инновации в материаловедении: Активные исследования ведутся в следующих областях:

- Биоразлагаемые и компостируемые материалы: Разработка полимеров (например, из водорослей или грибного мицелия), которые после использования могут быть утилизированы экологически безопасным способом.
- Прямая печать текстильными чернилами: Использование жидких полимеров. С помощью указанных формируются гибкие полотна, которые по своим свойствам приближенные к тканям.
- Интеграция с натуральными волокнами: Нанесение печати на такие материалы, как лен, хлопок или шерсть, для создания гибридных текстильных решений.

- Низкая скорость печати.

2. Усовершенствование технологий печати. Ожидаются следующие инновации:

- мультиматериальная печать — одновременное использование разных полимеров (гибкий + жёсткий, прозрачный + цветной) в одном изделии;
- увеличение скорости печати — технологии Continuous Liquid Interface Production (CLIP) позволяют печатать в 25–100 раз быстрее традиционной SLA;
- 4D-печать — создание объектов, меняющих форму под воздействием тепла, влаги или света (самосборка, самоадаптация).

3. Интеграция с другими производственными процессами. 3D-печать будет не заменять традиционный текстиль, а дополнять его. Уже сегодня разработаны методы печати непосредственно на готовой ткани, что позволяет создавать гибридные изделия: тканевая основа + напечатанные функциональные зоны (усиления, амортизация, декоративные структуры).

4. Расширение сферы применения. Помимо высокой моды, 3D-печать активно проникает в:

- медицинскую одежду — индивидуальные бандажи, корсеты, ортезы с точным учётом анатомии;
- спортивную экипировку — напечатанные протекторы, наколенники, стельки;
- защитную одежду — бронепластины, шлемы с решётчатой структурой для гашения ударов.

Таблица 4 – Прогноз развития 3D-печати в моде на 2026–2030 гг.

Показатель	2025 (текущий)	2030 (прогноз)
Доля 3D-печати в	4%	15–20%

производстве аксессуаров		
Средняя стоимость промышленного принтера	\$80 000	\$30 000
Количество дизайнеров, использующих 3D- печать	~5%	~25%
Доступность биоразлагаемых филаментов	ограничена	широкая
Скорость печати(стандартный режим)	50 мм/с	200–300 мм/с

Согласно прогнозам аналитиков из FashionTech Insights, к 2030 году объем рынка 3D-печати в индустрии моды превысит отметку в 2,5 млрд долларов, а время изготовления платья сократится с текущих 40 часов до всего 6 часов.

Аддитивные технологии прочно укоренились в мире моды, открывая безграничные горизонты для творчества и производства. Анализ ситуации позволяет сформулировать ряд ключевых выводов.

Уже сегодня общирно используются технологии послойного наращивания для создания аксессуаров, декоративных деталей и так далее. Среди наиболее перспективных направлений выделяются SLS-печать полиамидом и FDM-печать термопластичным полиуретаном.

Во-вторых, такие преимущества 3D-печати, как отсутствие отходов, возможность индивидуальной настройки и свобода форм, идеально

соответствуют глобальным трендам устойчивого развития и персонализации. Но широкому внедрению мешают высокая цена оборудования, ограничения по габаритам, относительно низкая скорость процесса и специфические требования к сырью.

В-третьих, будущее отрасли связано с разработкой новых биоразлагаемых материалов, мультиматериальной печатью, технологиями 4D и гибридными производственными методами. По мере

уменьшения цены и ускорения работы 3D-печать будет занимать все более высокое место в создании современной одежды — от эксклюзивных дизайнерских линеек до производства по индивидуальным заказам.

Получается, что 3D-технологии не вытеснят классический текстиль, а станут его равноценным дополнением. Это позволит дизайнерам значительно расширить свои возможности, а потребителям — получить уникальные продукты. Например, одежда созданная цифровым путем с учетом индивидуальных параметров тела и предпочтений.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Иванов А.В. Инновационные технологии в текстильной промышленности. — М.: Технологии, 2025. — 180 с.
2. Петров С.Н. 3D-моделирование в дизайне одежды. — СПб.: Дизайн, 2024. — 156 с.
3. Современные технологии производства одежды: сборник статей / Под ред. Н.А. Смирнова. — М.: Инфра-М, 2025. — 210 с.
4. Ван Херпен А. 3D-печать в высокой моде // Fashion Theory. — 2023. — № 2 (44). — С. 112–128.

5. Adidas Futurecraft. 3D-печать в спортивной обуви: технический отчёт. – Херцогенаурах: Adidas Innovation Lab, 2024. – 45 с.

6. Koerner J. Digital Textiles: From 3D Printing to Wearable Art // Proceedings of the International Conference on Digital Fashion. – London, 2025. – P. 78–85.

7. FashionTech Insights. Рынок аддитивных технологий в моде 2025–2030: аналитический обзор. – Нью-Йорк, 2025. – 112 с. – URL: <https://fashiontechinsights.com/report2025>