

УДК 004.41+004.9+004.5

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ СО ВСТРОЕННЫМ 3D-КОНФИГУРАТОРОМ ДЛЯ КАСТОМИЗАЦИИ ОДЕЖДЫ

Е. В. Евдущенко¹ [0000-0003-3692-2587], М. В. Шматко² [0000-0002-7255-8885]

¹Военный институт (инженерно-технический) Военной академии
материально-технического обеспечения, г. Санкт-Петербург, Россия

²Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

¹elena.online_ktilp@mail.ru, ²marin298@gmail.com

Аннотация

В условиях стремительного роста онлайн-продаж и запроса на персонализацию российский рынок кастомизированной одежды сталкивается с дефицитом технологичных и массово доступных решений. В статье представлены результаты исследовательско-внедренческого проекта по созданию мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором, нацеленного на трансформацию цикла предзаказа. Разработка позволяет покупателям интерактивно создавать модели одежды в веб-среде, а дизайнерам – оптимизировать логистику и минимизировать перепроизводство.

Основной научно-технический интерес в работе представляют детально описанная целевая архитектура платформы и масштабируемый конвейер обработки 3D-моделей, обеспечивающий их оптимизацию и корректное отображение в браузере. Дополнительный вклад составляет методика подготовки и оптимизации 3D-моделей одежды для веб-визуализации, formalизованная в виде технических требований, которая позволяет обеспечить баланс визуального качества и производительности.

В результате исследования решена задача унификации форматов 3D-моделей одежды от различных дизайнеров в рамках мультибрендовой цифровой платформы (ключевого отличия от существующих монобрендовых решений) и реализована технология кастомизации с возможностью

интерактивного отображения всех видоизменений дизайна на одной экранной форме.

Технологическая состоятельность решения обоснована сравнительным анализом существующих аналогов, анализом рынка по модели РАМ-ТАМ-SAM-SOM и оценкой функциональных требований.

В статье также представлена практическая стратегия внедрения цифровой платформы, что делает ее ценной для исследователей и специалистов, работающих на стыке e-commerce, компьютерной графики и цифровой трансформации бизнес-процессов.

Ключевые слова: цифровая трансформация, веб-приложение, цифровая платформа, 3D-конфигуратор, 3D-модель, кастомизация одежды, виртуальная примерка, AR-примерка, технологический стек, архитектура, масштабирование, производительность.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно прогнозам, к 2030 г. цифровая трансформация индустрии моды в России и мире обеспечит увеличение доли онлайн-покупок одежды и аксессуаров на 50–68% [1]. В перспективе лидерами отрасли станут компании, которые смогут интегрировать массовые кастомизацию и персонализацию, а также обеспечить производство одежды с минимальными экономическими затратами [2–4]. По мнению специалистов, расширенная цифровая инженерия с привлечением самих покупателей к реалистичному прототипированию моделей одежды не только простимулирует сбыт, но и приведет к преобразованию традиционных производственных компаний, работающих в этой сфере [5–8].

В этом контексте проблема массовой кастомизации одежды может быть решена с помощью нового цифрового продукта, который обеспечит покупателям надлежащую доступность цифровых моделей одежды, а также возможность самостоятельно по своему вкусу создавать их конфигурацию.

Реалистично осуществлять кастомизацию цифровых моделей одежды позволяет 3D-конфигуратор. Это программа для создания и визуализации сложных объектов в 3D-представлении [9, 10]. Сегодня только несколько зарубежных монобрендовых онлайн-магазинов мужской одежды

предоставляют ее своим покупателям для массового использования (lanieri.com и suitsupply.com). У многих локальных российских брендов одежды есть запрос на аналогичные цифровые решения, которые помогут им повысить конкурентоспособность и оптимизировать бизнес-процессы, связанные с продвижением, изготовлением и продажей одежды по предзаказу.

В настоящей работе представлена информация о цифровом стартап-проекте, который был инициирован, исходя из оценки реальных потребностей роста и масштабирования российского сегмента кастомизированной одежды, изготовление которой осуществляется через длительный и экономически затратный цикл предзаказа. На текущий момент нами достигнута промежуточная цель – разработан и протестирован прототип мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором уровня TRL 5, определены целевые показатели ее массовой эксплуатации.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ИНДУСТРИИ МОДНОЙ ОДЕЖДЫ

Современные цифровые технологии активно трансформируют индустрию модной одежды: исследования, проведенные среди представителей поколений X, Y и Z, подтверждают рост спроса на цифровую одежду, аватаров и NFT [11, 12]. Эта тенденция открывает для дизайнеров новые возможности, позволяя им использовать такие преимущества цифровой одежды, как создание материалов и дизайна, невозможных в физическом мире, снижение затрат на производство, транспортировку и физическое хранение, минимизация экологического ущерба и экономия природных ресурсов.

Пандемия COVID-19 ускорила развитие цифровых платформ для индустрии модной одежды, что привело к росту онлайн-покупок и необходимости адаптации к новым форматам взаимодействия между заказчиками и покупателями [13, 14]. Так, например, в 2023 г. в Лондоне появилась первая виртуальная примерочная ZERO10. Она позволила создателям одежды заявить о себе с помощью технологии дополненной реальности (AR). Еще ранее онлайн-сервис Virtusize предложил покупателям популярного магазина ASOS протестировать новый способ демонстрации размера модели, чтобы они могли выбирать одежду в соответствии с индивидуальными параметрами своей фигуры (см. рис. 1).

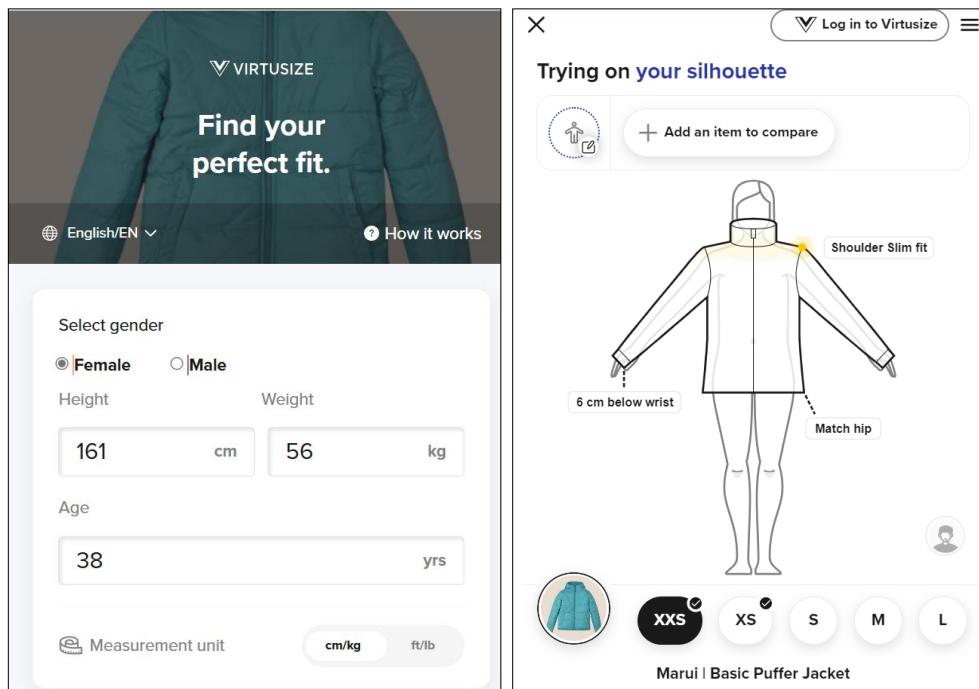


Рис. 1. Определение размера с помощью онлайн-сервиса Virtusize

Известный модный дом The Fabricant сегодня стал лидером в создании собственной виртуальной одежды и NFT, он устраивает онлайн-показы и поддерживает коллаборации с другими крупными модными домами, интегрируя digital-одежду в традиционную индустрию моды. На его цифровой платформе регулярно проводятся нейросетевые исследования, формируется тренд-аналитика [15].

Помимо виртуальной и дополненной реальностей многие крупные компании, создающие одежду, активно применяют технологии искусственного интеллекта. Так, например, японский бренд одежды Uniqlo одним из первых внедрил мобильного помощника Uniqlo IQ для персонализации рекомендаций своим покупателям.

В 2020 г. компания DressX запустила высокотехнологичную цифровую платформу, объединив все возможности цифровой трансформации индустрии моды. Сегодня DressX предлагает своим пользователям множество решений с использованием искусственного интеллекта, дополненной и виртуальной

реальностей, выпускает совместно с люксовыми брендами NFT drops, продает цифровую одежду, которую можно носить даже на игровой платформе Roblox.

Цифровая трансформация российской индустрии модной одежды также связана с появлением мультибрендовых цифровых платформ, таких как Ozon, Wildberries, ЯндексМаркет и Lamoda. Для многих малых и средних российских компаний, специализирующихся на производстве одежды, эти маркетплейсы стали эффективным каналом сбыта и взаимодействия с покупателями [16].

Другой интересный пример – это цифровая платформа Artisant, запущенная дизайнером из Уфы Региной Турбиной в 2021 г. Она предоставила российским художникам возможность создавать, обменивать и продавать свои уникальные цифровые модели одежды (см. рис. 2).



Рис. 2. Digital-образы на цифровой платформе Artisant

Сегмент кастомизированной модной одежды стал активно развиваться с внедрением 2D-, а затем 3D-конфигураторов, позволяющих покупателям собирать индивидуальные образы из цифровых компонентов одежды. Так, например, в онлайн-магазине российского производителя спортивной экипировки Sfsport покупатели могут попробовать 2D-конфигуратор для создания необходимого им дизайна одежды, выбора цвета, декоративных элементов и текстуры материала (см. рис. 3).

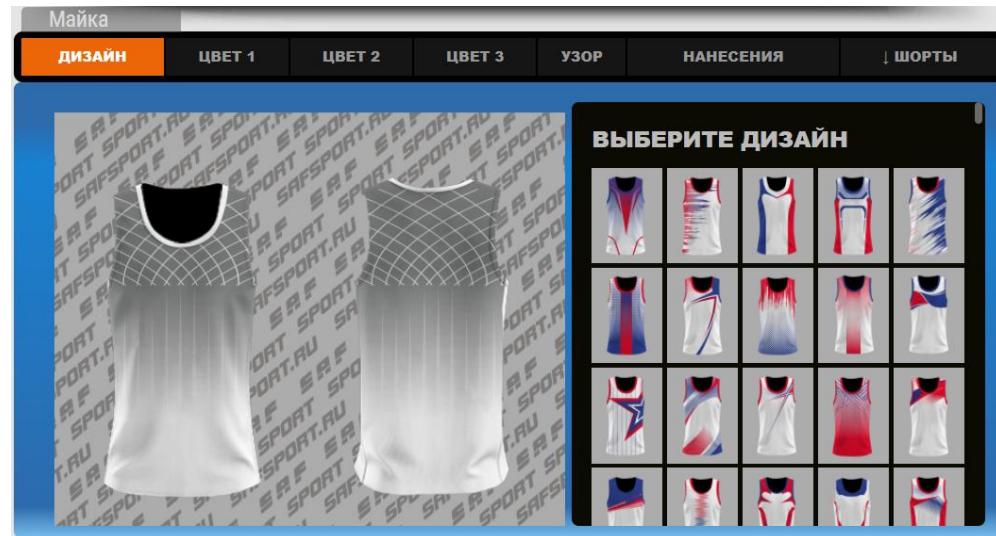


Рис. 3. 2D-конфигуратор онлайн-магазина спортивной экипировки Safsport

Такие известные в мире бренды мужской одежды, как Lanieri и Suitsupply, реализовали в своих онлайн-магазинах 3D-конфигураторы, с помощью которых можно кастомизировать модели пиджаков, рубашек и брюк (см. рис. 4).

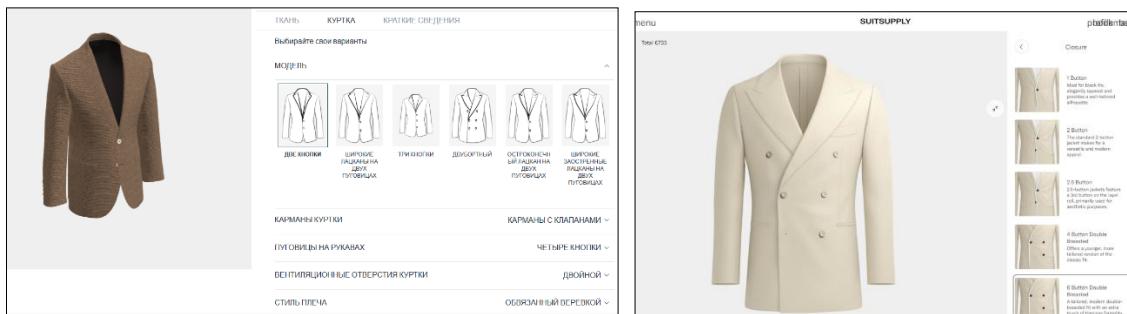


Рис. 4. 3D-конфигураторы мужской одежды на онлайн-магазинах итальянского бренда Lanieri и нидерландского бренда Suitsupply

Практика зарубежных монобрендовых онлайн-магазинов показала, что 3D-визуализация способствует увеличению конверсии (в среднем на 17–20%) и онлайн-продаж одежды (в среднем на 12–13%) [13]. В связи с этим интеграция функциональных возможностей 3D-конфигуратора и мультибрендовой цифровой платформы может оказать положительное влияние на развитие российской индустрии моды и повысить конкурентоспособность локальных брендов одежды.

КОНЦЕПЦИЯ И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ МУЛЬТИБРЕНДОВОЙ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Целью разработки новой мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором – является цифровая трансформация ритейла кастомизированной одежды, созданной российскими дизайнерами. В 2024 г. стартап-проект получил финансовую поддержку Фонда содействия инновациями [17].

Основные функциональные преимущества цифровой платформы по отношению к существующим аналогам обеспечиваются 3D-конфигуратором. Он позволяет как дизайнерам, так и покупателям реализовывать технологию кастомизации – создавать индивидуальные образы (виртуальные модели одежды для мужчин, женщин и детей) из ограниченного набора шаблонов (компонентов одежды) и рассматривать их на экране компьютера со всех сторон (см. рис. 5). В перспективе планируется реализовать возможность наглядного просмотра цифровой модели одежды на 3D-аватаре с заданными параметрами роста, размера по линии груди, талии, бедер, а также цвета волос, глаз и пр.



Рис. 5. Пример вариантов кастомизации цифровой модели одежды

У разрабатываемой цифровой платформы две основные категории пользователей, за счет которых планируется осуществлять коммерциализацию стартап-проекта: российские дизайнеры кастомизированной одежды и

покупатели кастомизированной одежды. После внедрения публичной версии этой платформы дизайнеры кастомизированной одежды получат доступ к таким основным функциональным возможностям, как:

- создание личного кабинета юридического лица;
- загрузка 3D-компонентов для кастомизации цифровых моделей одежды;
- создание карточек под модели кастомизированной одежды;
- создание брендового магазина на цифровой платформе;
- продвижение магазина, бренда, коллекции одежды;
- получение заказов от покупателей на индивидуальное изготовление и доставку кастомизированных моделей одежды, а также уведомлений об их оплате;
- отслеживание данных веб-анализа о действиях покупателей (статистики посещения разных веб-страниц магазина, статистики по продажам, отзывам и пр.);
- обращение в службу технической поддержки;
- обращение в службу решения споров.

Покупатели кастомизированной одежды, в свою очередь, получат доступ к другим функциональным возможностям цифровой платформы, а именно:

- создание личного кабинета физического лица;
- поиск, сортировка, фильтрация и просмотр цифровых моделей в каталоге кастомизированной одежды;
- кастомизация цифровых моделей одежды;
- 3D-просмотр цифровых моделей одежды;
- сохранение вариантов своего дизайна моделей одежды;
- оформление заказов на индивидуальное изготовление и доставку кастомизированных моделей одежды, а также отслеживание статуса их выполнения;
- оплата заказа;
- публикация отзывов и вопросов о заказах, моделях, брендах;
- обращение в службу технической поддержки;
- обращение в службу решения споров.

Табл. 1. Оценка рынка мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором

Уровень потенциального рынка по модели PAM-TAM-SAM-SOM	Критерий расчета и емкость потенциального рынка
PAM – максимальный объем потенциального рынка	Общее количество российских брендов одежды: около 33 тыс. компаний
TAM – общий объем целевого рынка	Локальные российские бренды с производством одежды в России (в оценку не входят такие национальные бренды, как ZARINA, Ostin, Lime и пр., с производством за рубежом): около 20 тыс. компаний
SAM – доступный объем целевого рынка: доля от общего объема целевого рынка, которая активно использует различные цифровые решения конкурентов (30% от TAM)	Локальные российские бренды с производством одежд по предзаказу: около 6 тыс. компаний
SOM – реально достижимый объем целевого рынка: доля от доступного объема целевого рынка, которая может перейти на более функциональное и (или) технологичное цифровое решение от стартап-проекта (минимум 10% от SAM).	Локальные российские бренды с производством одежды по предзаказу: минимум 600 компаний

Для привлечения дополнительных инвестиций в проект по разработке мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором проведена оценка рынка по модели PAM-TAM-SAM-SOM (см. табл. 1). Она позволяет структурировано анализировать рыночный потенциал и разрабатывать стратегии для максимального использования доступных возможностей стартап-проекта.

Коммерциализацию стратап-проекта по разработке мультибрендовой цифровой платформы планируется осуществлять на основе бизнес-модели Freemium (асимметричная):

– для покупателей кастомизированной одежды, которые захотят получить индивидуальный предмет одежды, изготовленный дизайнером по созданной

ими самим цифровой 3D-модели, доступ к функциональным возможностям будет предоставляться бесплатно;

– для российских дизайнеров кастомизированной одежды (локальных российских брендов, дизайнеров в статусе самозанятых, швейных фабрик, ателье и пр.) доступ к функциональным возможностям будет предоставляться на платной основе, а стоимость доступа будет дифференцироваться в зависимости от необходимого им набора услуг.

Для второй категории пользователей, от которой зависит прямое поступление доходов в стартап-проект, ключевыми преимуществами перехода на новую цифровую платформу со встроенным 3D-конфигуратором (например, с маркетплейсов Wildberries, Ozon и пр.) являются:

– уменьшение доли технических остатков за счет перехода на изготовление изделий по предзаказам (решение проблемы перепроизводства и невостребованности отдельных размеров одежды, расцветок и моделей);

– сокращение затрат на разработку, внедрение, обслуживание и продвижение собственных онлайн-магазинов кастомизированной одежды;

– предварительная оценка спроса на разрабатываемые дизайнерами модели одежды (без запуска их в производство), а также снижение количества возвратов за счет 3D-визуализации;

– экономия ресурсов на проведение фотосессий для продвижения новых коллекций одежды.

В случае отсутствия достаточного объема инвестиций у стартап-проекта для выведения на рынок и продвижения цифровой платформы продумана альтернативная бизнес-модель – продажа одному из крупных маркетплейсов программного модуля с 3D-конфигуратором [18]. Его внедрение обеспечит маркетплейсу привлечение новых продавцов и покупателей, предпочитающих индивидуальный подход в одежде, а также позволит уменьшить количество возвратов и снизит нагрузку на логистику.

На основе серии глубинных интервью с дизайнерами, производителями и покупателями кастомизированной одежды были собраны и по модели Кано проанализированы данные о необходимых им дополнительных функциональных возможностях и других атрибутах качества цифровой

платформы [19]. Это позволило определить перспективные направления для ее развития и масштабирования (см. табл. 2).

Табл. 2. Варианты развития мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором

Целевые сегменты	Базовый цифровой продукт	Что можно предложить и продать дополнительно (продукты)	Что можно предложить и продать дополнительно (услуги)	Как можно индивидуализировать и повысить цену и ценность
Дизайнеры кастомизированной одежды	Загрузка 3D-компонентов модели одежды под кастомизацию, продажа одежды по предзаказу, создание брендового магазина	Библиотека с 3D-аватарами	Создание 3D-моделей для загрузки в 3D-конфигуратор	Веб-аналитика, кастомизация интерфейса, продвижение бренда или новой коллекции одежды
Покупатели кастомизированной одежды	Создание кастомизированной 3D-модели одежды по своему вкусу, оформление и оплата заказа на ее изготовление	AR-примерка	Создание 3D-аватара по параметрам покупателя	Создание комплекта кастомизированных 3D-моделей одежды в стиле Family look

Помимо расширения функциональных и технологических возможностей цифровой платформы, представленных в табл. 2, планируется также масштабировать ее через привлечение дизайнеров кастомизированной обуви, сумок и аксессуаров. Разработанный 3D-конфигуратор может иметь более широкий спектр применения, например для проектирования одежды специального назначения (военной формы, защитной от неблагоприятных факторов). Он позволит создавать новые 3D-модели специальной одежды в

соответствии с эргономическими и функциональными требованиями, которые могут быть далее исследованы в виртуальной среде до изготовления образцов в материале.

СТЕК ТЕХНОЛОГИЙ РАЗРАБОТКИ ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Опишем технологический стек и целевую архитектуру мультибрендовой цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором.

Программный продукт разрабатывается как веб-приложение с трехуровневой архитектурой:

1. Клиентская часть (Frontend): реализация осуществляется на React с фреймворком Next.js, использующим гибридный подход к рендерингу: SSR (Server-Side Rendering) для критически важных страниц и SSG (Static Site Generation) для статических страниц, с возможностью клиентской навигации по принципам SPA. При этом для бесшовной интеграции библиотеки с Three.js (основной библиотеки для 3D-конфигуратора) выбрана библиотека @react-three/fiber, а для работы с 3D-моделями в React-окружении – @react-three/drei.

2. Серверная часть (Backend): REST API на Node.js (TypeScript) с использованием фреймворка Nest.js. TypeScript обеспечивает строгую типизацию для DTO, Entities и интерфейсов, что значительно снижает количество runtime-ошибок в бизнес-логике.

3. Уровень данных: для хранения метаданных (пользователи, заказы, проекты) используется реляционная СУБД PostgreSQL; тяжелые файлы (3D-модели, текстуры, ассеты) хранятся в объектном хранилище (S3).

Все подсистемы цифровой платформы объединены с помощью прикладного программного интерфейса. Клиентское приложение взаимодействует с бэкендом через REST API. Бэкенд, в свою очередь, отвечает за бизнес-логику, аутентификацию и авторизацию пользователей, а также управляет данными в PostgreSQL и генерирует pre-signed URLs для безопасной загрузки и выгрузки ассетов из объектного хранилища. Статические файлы и 3D-модели доставляются через CDN.

Представим следующие базовые требования к целевым показателям надежности (Reliability) и отказоустойчивости цифровой платформы.

1. Работа в режиме 24/7.

2. RTO (Recovery Time Objective): целевая архитектура платформы спроектирована для обеспечения высокого уровня доступности с возможностью поэтапного улучшения показателей:

– целевые показатели для массовой эксплуатации включают RTO < 5 мин. при отказе отдельной ноды Kubernetes и RTO < 2 ч. при серьезных сбоях инфраструктуры за счет использования Infrastructure as Code (Terraform) и управляемых сервисов;

– на этапе развития в целевую архитектуру заложен фундамент для достижения RTO < 1 ч. при потере целой зоны доступности (дата-центра). Этот показатель может быть обеспечен переходом на multi-AZ конфигурации всех компонентов (Kubernetes, PostgreSQL) по мере роста требований к отказоустойчивости и повышения рентабельности стартап-проекта.

3. RPO (Recovery Point Objective) определяется причиной сбоя: реализованы механизмы резервного копирования для минимизации потерь данных. RPO для базы данных – не более 15 мин. (за счет транзакционных реплик WAL), для объектного хранилища – не более 24 ч. (за счеточных снепшотов).

Реализация вышеперечисленных требований включает:

– регулярное бэкапирование (резервное копирование) данных и метаданных;

– раздельное хранение метаданных (СУБД) и бинарных данных (объектное хранилище) для повышения отказоустойчивости и упрощения масштабирования;

– оптимизация хранения данных для минимизации дублирования на уровне логики приложения, а также использование возможностей объектного хранилища для экономии места.

Представим базовые требования к целевым показателям безопасности (Security), которые реализуются в ходе разработки цифровой платформы. Командой разработчиков выбрана модель RBAC (Role-Based Access Control) со следующими ролями:

- 1) Admin: полные права, управление пользователями и их правами доступа;
- 2) Designer: права на CRUD-операции с 3D-компонентами и моделями в отведенном пространстве;
- 3) Customer: права на просмотр, использование 3D-конфигуратора и оформление заказов.

Безопасность обеспечивается за счет:

- идентификации и аутентификации;
- авторизации на основе ролей;
- логирования событий безопасности (Audit Log);
- контроля целостности данных и кодовой базы;
- процедур реагирования на инциденты информационной безопасности.

Развитие стартап-проекта в будущем возможно при условии масштабируемости и производительности (Scalability & Performance) цифровой платформы. Поэтому ее целевая архитектура спроектирована с учетом следующих требований.

1. Горизонтальное масштабирование, которое обеспечивается за счет:
 - Stateless-архитектуры бэкенда (сессии вынесены во внешнее хранилище Redis);
 - использования балансировщика нагрузки для распределения трафика между инстансами;
 - настройки распределенного кэша на основе Redis (для сессий и данных).
2. Вертикальное масштабирование, которое обеспечивается за счет увеличения мощности отдельных серверов (CPU, RAM).
3. Гибкость: возможность поэтапного наращивания функционала и производительности.
4. Интеграция: API-first подход позволяет легко интегрироваться со сторонними системами (CRM, платежные шлюзы).
5. Мониторинг: в целевой архитектуре планируется использование стека Prometheus и Grafana для сбора метрик по приложению, базам данных и системным ресурсам, а также настройки алертов для критических инцидентов.

Реализация 3D-конфигуратора для цифровой платформы основана на следующем технологическом стеке и методологии:

1. Технология: WebGL через высокую библиотеку Three.js.
2. Форматы: основной формат для 3D-моделей – glTF (рекомендуемый), с поддержкой OBJ, FBX.

3. Конвейер обработки контента:

– создание и симуляция моделей одежды в CLO3D;

– экспорт и оптимизация моделей: дизайнеры вручную экспортируют модели из CLO3D в один из поддерживаемых форматов, затем Node.js-скрипт конвертирует его в оптимизированный glTF, выполняя сжатие текстур и удаление неиспользуемых данных для минимизации веса моделей. (На текущем этапе экспорт из CLO3D выполняется вручную, что является оптимальным для стартап-проекта с небольшим потоком 3D-моделей. Такое решение позволило сфокусировать ресурсы команды разработчиков на создании ядра цифровой платформы и 3D-конфигуратора. Однако оно является операционным и создает задержку обратной связи для дизайнера. В дальнейшем при росте нагрузки процесс планируется автоматизировать с помощью CLO Virtual Fashion SDK для создания прямого экспорта в glTF из среды дизайнера, что обеспечит бесшовный workflow и полный контроль над качеством 3D-контента на всех этапах);

– загрузка готовых ассетов в объектное хранилище платформы.

Отметим преимущества предлагаемого подхода:

– интерактивность: вращение моделей на 360°;

– адаптивность: корректное отображение на разных устройствах;

– производительность: оптимизированный вес моделей и использование аппаратного ускорения.

Инфраструктура разработки (DevOps) цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором включает:

- 1) систему контроля версий Git;
 - 2) GitLab CI/CD: используется для автоматизации пайплайна (сборка, запуск юнит- и интеграционных тестов, деплой в тестовые среды);
 - 3) Figma: используется для дизайна интерфейса.
-

Выбранный стек технологий (JavaScript/TypeScript, React/Next.js, Node.js, Three.js) в сочетании с модульной трехуровневой архитектурой полностью соответствует требованиям стартапа: обеспечивает высокую производительность, простоту поддержки, удобство масштабирования и быструю разработку цифровой платформы силами небольшой команды.

ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ ОДЕЖДЫ ДЛЯ 3D-КОНФИГУРАТОРА

Настоящие требования описывают процесс подготовки 3D-моделей кастомизированной одежды для загрузки на новую цифровую платформу, использующую технологию WebGL (библиотека Three.js). Соблюдение этих рекомендаций обеспечивает корректное отображение, высокую производительность и быструю загрузку моделей в веб-браузере.

Для понимания требований важно знать процесс обработки модели состоящий из трех этапов:

Этап 1. Создание модели: дизайнер создает и симулирует модель одежды в CLO3D (рекомендуется) или аналогах (Marvelous Designer, Style3D);

Этап 2. Экспорт и оптимизация: дизайнер вручную экспортирует модель из CLO3D в один из поддерживаемых форматов (FBX, OBJ). Далее Node.js-скрипт платформы автоматически конвертирует модель в оптимизированный формат glTF, выполняет сжатие текстур и удаляет неиспользуемые данные;

Этап 3. Публикация: готовый ассет загружается в 3D-конфигуратор.

Важно корректно подготовить модель одежды в CLO3D, чтобы автоматическая конвертация прошла успешно и дала наилучший результат.

Перечислим требования к полигональной сетке (Geometry): автоматическая оптимизация скриптом эффективнее работает с моделями, которые изначально не имеют избыточной детализации. Исходя из этого, рекомендуемое количество полигонов для одной 3D-модели составляет 10000–50000 треугольников. Соблюдение этого требования обеспечивает баланс между качеством и производительностью в веб-браузере.

Ключевой параметр в CLO3D – это настройка «Размер ячейки мэша». Он напрямую влияет на количество полигонов. Рекомендуется использовать значение 10–20 мм. Для наглядности представим на рис. 6 три варианта

настройки полигональной сети в программе для 3D-модели свитшота: 40, 20 и 5 мм.

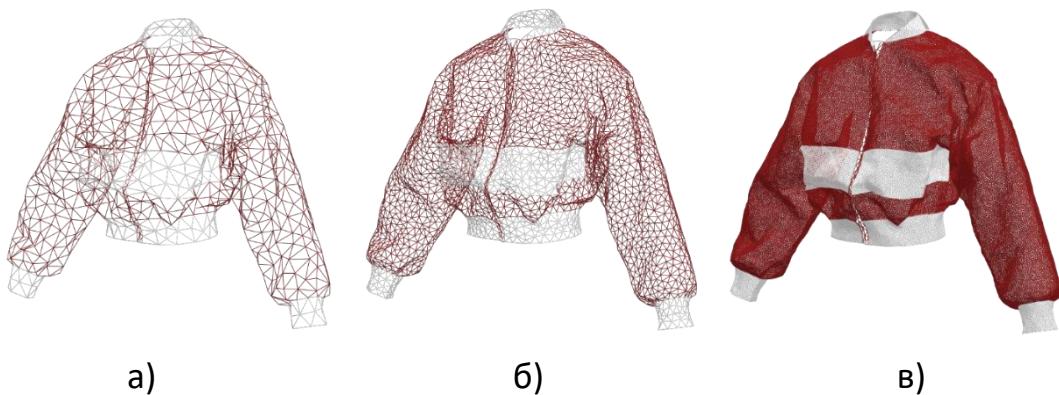


Рис. 6. Размер ячейки полигональной сети для цифровой модели одежды: а) 40 мм; б) 20 мм; в) 5 мм.

Размер ячейки 40 мм является максимально допустимым для корректного отображения складок и силуэта. Значения 50 мм и более приводят к сильным искажениям. При этом размер ячейки 5 мм создает избыточное количество полигонов, что значительно увеличивает размер файла и нагрузку на браузер без заметного визуального преимущества при отображении в веб-браузере.

Отметим требования к текстурам и материалам: скрипт автоматически сжимает текстуры, поэтому задача дизайнера – предоставить ему корректные исходные карты. Для достижения оптимального баланса между качеством и весом 3D-модели одежды рекомендуется использовать набор текстур с двумя основными картами:

- Diffuse (цвет/принт);
- Normal (симулирует рельеф).

Сохранять текстуры необходимо в форматах PNG (без потерь) или JPEG (с потерями). Исходное разрешение для загрузки — 1024 x 1024 px. Скрипт автоматически создаст оптимизированные версии (вплоть до 512 px) для различных устройств.

Все компоненты 3D-модели одежды должны иметь корректную UV-развертку. Для этого их необходимо расположить в пределах 0–1 UV-

пространства без наложений. Это критически важно для правильного наложения текстур (см. рис. 7).

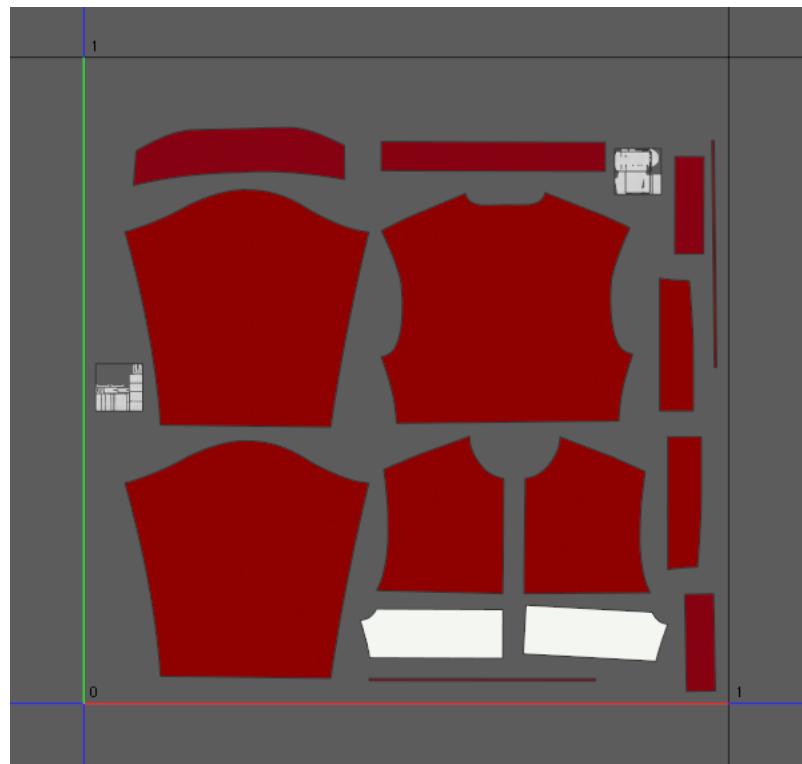


Рис. 7. UV-развертка текстур для 3D-модели одежды

Опишем процедуру экспорта и загрузки 3D-модели одежды на новую цифровую платформу:

- 1) готовая модель экспортируется из CLO3D в формате FBX (предпочтительно) или OBJ. При этом в настройках экспорта необходимо активировать опцию встраивания текстур (например, Embed Textures), чтобы все карты были включены в файл модели;
- 2) полученный файл модели (.fbx или .obj) загружается через интерфейс платформы, дизайнеру достаточно следовать подсказкам в интерфейсе загрузчика;
- 3) после загрузки файла запустится конвейер оптимизации: система автоматически сконвертирует модель в формат glTF и подготовит ее для визуализации в 3D-конфигураторе (см. рис. 8).



Рис. 8. Визуализация изменений цифровой модели платья в 3D-конфигураторе до и после загрузки рукавов и текстурных карт

Создание моделей одежды для 3D-конфигуратора требует от дизайнера понимания не только инструментов 3D-моделирования (CLO3D), но и основ веб-оптимизации. Соблюдение этих требований позволит обеспечить высокое качество визуализации и бесперебойную работу цифровой платформы для всех пользователей.

ИНТЕРФЕЙС ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ

Эффективное взаимодействие между пользователем и цифровой платформой очень важно. Оно обеспечивается посредством интуитивно-понятного интерфейса. Для его создания использовался специализированный инструмент Figma, который позволил реализовать следующие требования:

- минималистичный дизайн с продуманной информационной архитектурой, исключающей когнитивную перегрузку пользователей;
- интуитивная навигация, оптимизированная для быстрого доступа к целевым разделам;
- разграничение доступа к функционалу для 3D-дизайнера кастомизированной одежды и ее покупателя.

Для дизайна экранных форм, на которых производится кастомизация цифровых моделей одежды, разработана монохроматическая цветовая схема: фон белого и серого цветов обеспечивают концентрацию внимания

пользователей-покупателей на разных вариантах кастомизации, особенно на кастомизации с помощью цвета и принта (см. рис. 9).



Рис. 9. Основные цвета UI-дизайна цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором

В качестве акцента в UI-дизайне цифровой платформы использован зеленый цвет (см. рис. 10).

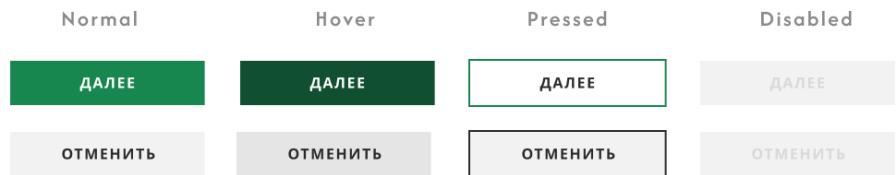


Рис. 10. Акцентные цвета UI-дизайна цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором

Для оформления типографики использованы два шрифта: Merge One и Afacad: Merge – для начертания логотипа цифровой платформы на английском языке, Afacad – для заголовков, кнопок и текста от 24 pt до 14 pt.

Представим часть компонентов из UI-kit, созданных для интерфейса цифровой платформы (рис. 11). UI-kit позволил существенно оптимизировать создание высокодетализированных макетов.

КНОПКИ



ПОЛЕ ВЫБОРА

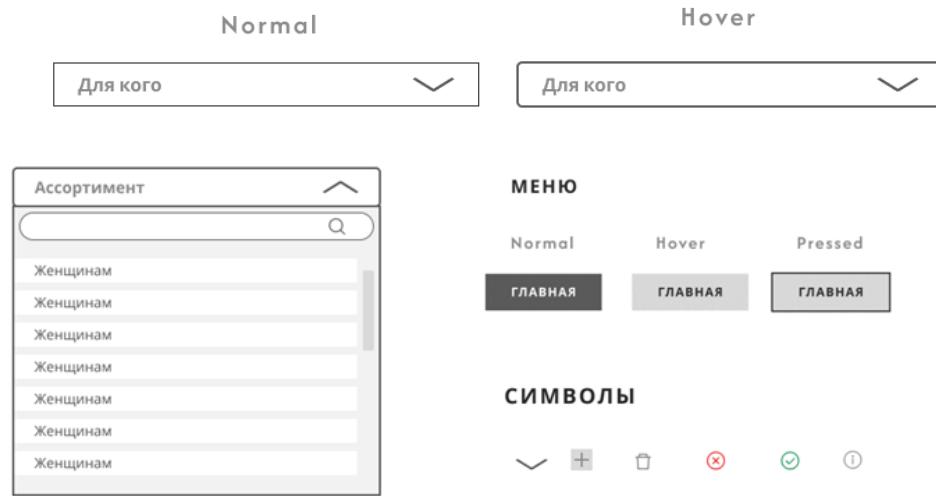


Рис. 11. Часть компонентов из UI-kit цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором

Продемонстрируем также несколько высокодетализированных макетов экранных форм интерфейса цифровой платформы для различных категорий пользователей (см. рис. 12–14). В ходе их разработки учитывались принципы UI-дизайна, которые позволяют повысить эффективность представления 3D-контента (моделей одежды) как для пользователей-дизайнеров, так и для пользователей-покупателей:

- 1) для воздействия на пользователей-покупателей приоритет отдан цветовому решению: по сравнению с ним размеры элементов или объектов интерфейса не так важны;
- 2) обеим категориям пользователей на выбор предоставлено от трех до пяти вариантов элементов интерфейса, карточек товаров, категорий: слишком большой выбор тормозит выполнение задачи и снижает производительность со стороны пользователя;

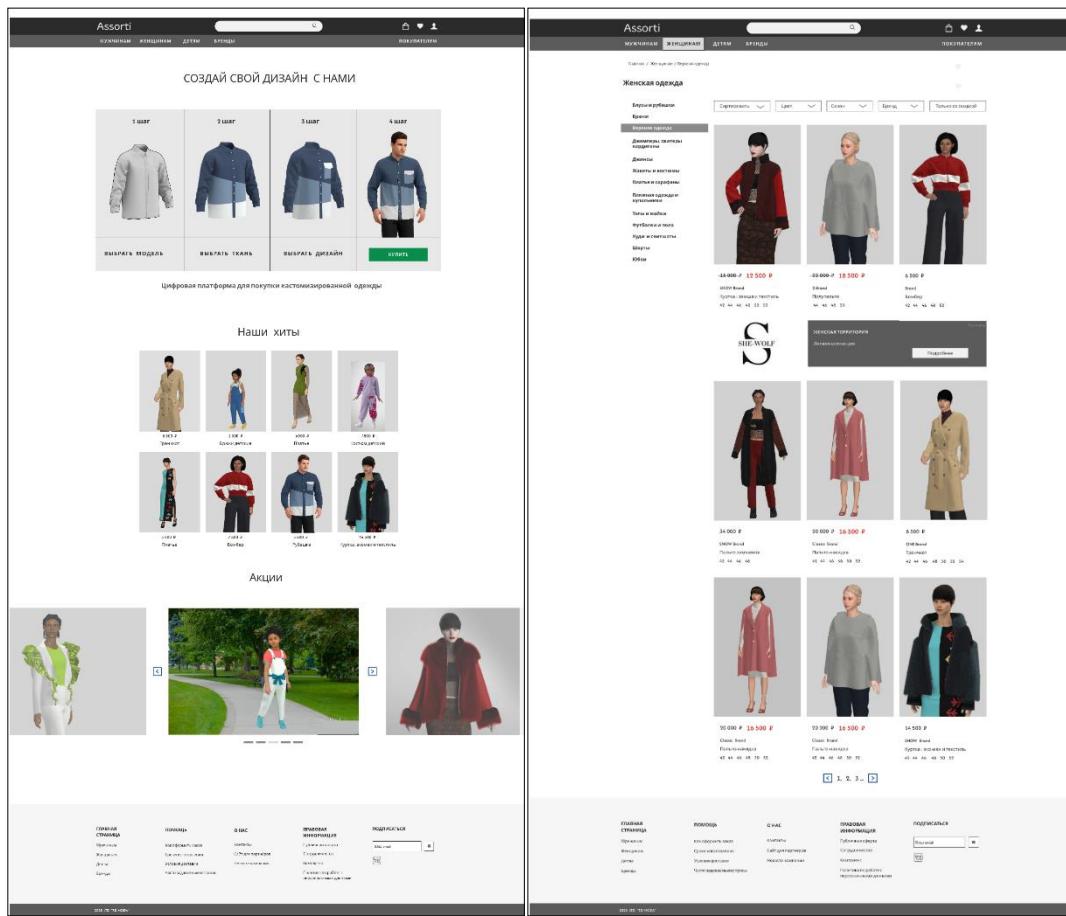


Рис. 12. Макеты главной страницы цифровой платформы и страницы с каталогом женской верхней одежды.

- 3) фон поддерживает основные элементы навигации и акценты, создавая глубину страниц, предназначенных для кастомизации и стимулирования сбыта моделей одежды;
- 4) меню интерфейса цифровой платформы расположены по F-форме: слева и сверху для лучшего восприятия различных блоков информации пользователями;
- 5) визуальное оформление интерфейса цифровой платформы планируется изменять в соответствие с сезонами, принятыми в модной индустрии.

Продемонстрируем также дифференциацию функциональных возможностей, доступных различным категориям пользователей (рис. 13 и 14).

Так, для пользователей-дизайнеров кастомизированной одежды разработаны три экранных формы, предназначенных для формирования

карточки под кастомизированную модель одежды. На первой экранной форме есть поля для ввода и выбора из готового перечня информации о модели одежды: ее категории, названия, артикула, цены, размеров и роста. На ней также можно ввести краткое описание модели одежды и загрузить таблицу размеров от дизайнера (производителя) по представленному образцу. Завершающим этапом работы на этой экранной форме являются просмотр и подтверждение финального варианта карточки под кастомизированную модель одежды, в котором она будет представлена пользователю-покупателю.

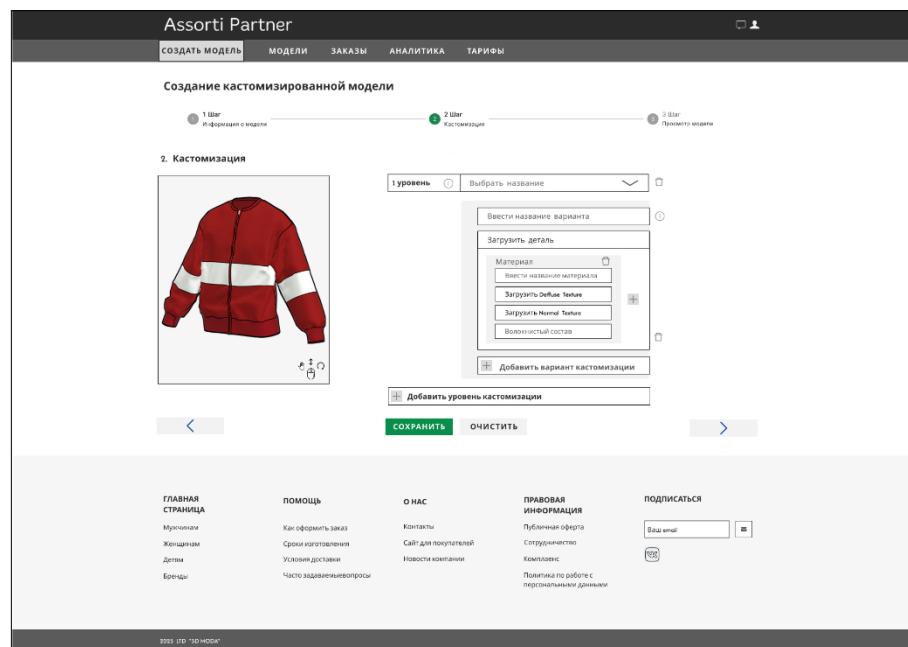


Рис. 13. Макет страницы цифровой платформы для загрузки компонентов 3D-модели одежды и настройки кастомизации пользователем-дизайнером.

Вторая экранная форма интерфейса позволяет реализовать технологию кастомизации цифровой модели одежды с помощью встроенного 3D-конфигуратора (см. рис. 13). Пользователь-дизайнер может выбрать уровень кастомизации, варианты кастомизации, а также загрузить все компоненты и текстуры модели одежды: например, для свитшота это может быть вариативное конструктивное оформление горловины или воротника, полочки или спинки, рукавов, манжетов, пуговиц и молний, печать рисунка или аппликации.

На экранной форме, представленной на рис. 13, также реализовано 3D-окно, отображающее результат всех действий пользователя-дизайнера с компонентами и текстурами 3D-модели.

На третьей экранной форме реализован просмотр всех возможных вариантов кастомизации модели одежды. При необходимости их редактирования пользователь-дизайнер может вернуться на предыдущий шаг. Если он убедился, что все выполнено корректно, он может опубликовать карточку своей модели одежды в соответствующий каталог на цифровой платформе.

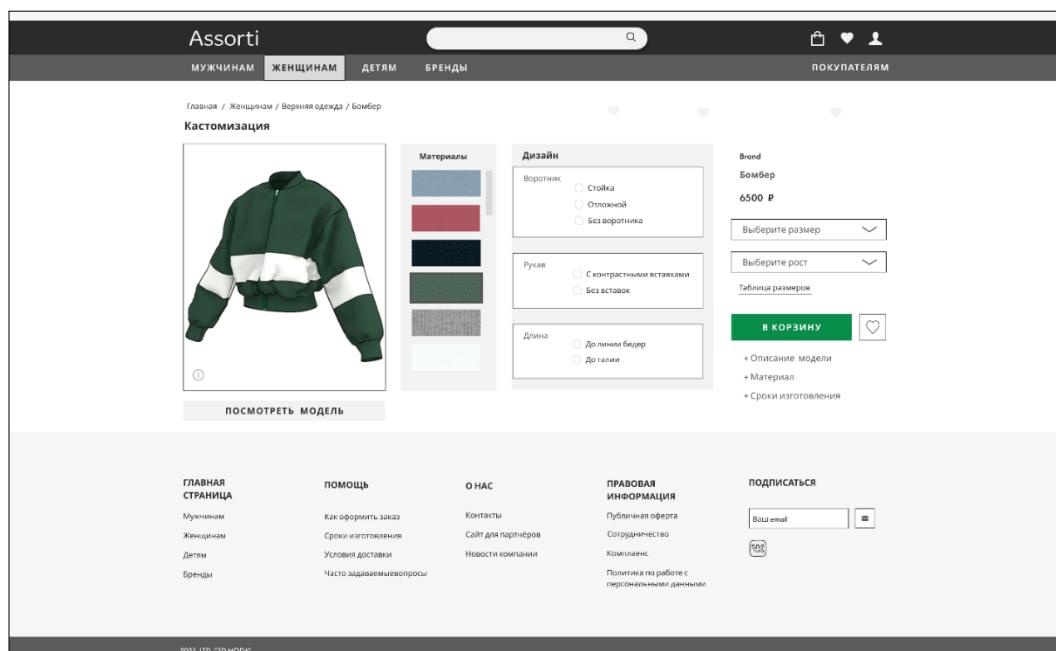


Рис. 14. Макет страницы цифровой платформы для создания кастомизированной модели одежды пользователем-покупателем

Для пользователей-покупателей разработана одна экранная форма, предназначенная для кастомизации моделей одежды. Она позволяет выполнить все действия по формированию заказа и сэкономить время пользователей (см. рис. 14), в то время как у аналогов для кастомизации используется от четырех до семи экранных форм и множества подгружаемых страниц, что увеличивает когнитивную нагрузку на пользователя и снижает конверсию.

После выбора ткани, вариантов дизайна и фурнитуры по своему вкусу пользователь-покупатель может посмотреть в 3D-окне кастомизированную им модель одежды со всех сторон, приблизить или отдалить ее, нажав на соответствующую кнопку.

Итак, интерфейс цифровой платформы реализован с учетом требований снижения когнитивной нагрузки на пользователей и повышения их продуктивности. Он содержит интуитивно-понятные элементы навигации, такие как кнопки целевых действий (СТА), выделенные акцентными цветами, кнопки перемещения между страницами «вперед» и «назад», выполненные размером более 45 px по ширине, и прочие удобные решения для реализации функциональных возможностей встроенного 3D-конфигуратора и взаимодействия между дизайнерами и покупателями кастомизированной одежды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы варианты цифровой трансформации индустрии модной одежды в России и мире, зафиксирован растущий спрос на массовую кастомизацию и изготовление одежды «по запросу» при одновременном отсутствии доступных технологий.

Для решения этой проблемы мы совместили современные веб-технологии с глубоким пониманием отраслевой специфики и предложили доступное для массового пользователя решение, которое имеет не только коммерческий потенциал, но и может оказать значительный трансформационный эффект на всю индустрию. Разрабатываемая цифровая платформа со встроенным 3D-конфигуратором представляет собой практическую реализацию концепции “co-creation” – совместного создания ценности производителем и потребителем.

В методологическом плане осуществлен комплексный анализ рынка по модели РАМ-ТАМ-SAM-SOM. Это позволило валидировать экономические эффекты реализуемого стартап-проекта и обосновать оптимизацию бизнес-процессов для российских дизайнеров и компаний, специализирующихся на изготовлении кастомизированной одежды. Согласно модельным расчетам, внедрение цифровой платформы поможет снизить логистические издержки на 16–18% (прежде всего за счет сокращения возвратов) и уменьшить объемы технических остатков на 24–27%.

Особого внимания заслуживают целевые технологические параметры цифровой платформы, обеспечивающие ее масштабируемость,

производительность и отказоустойчивость. Представлен также реализованный конвейер обработки 3D-моделей, решающий критически важную для веб-среды задачу оптимизации полигональных сеток и текстур без потери визуального качества.

Перспективы технологического развития стартап-проекта мы видим в нескольких направлениях: это внедрение AR-примерки одежды для покупателей, интеграция технологий компьютерного зрения для создания предиктивных моделей спроса, а также разработка системы рекомендаций на основе машинного обучения. Реализация этих направлений развития сделает возможным создание многофункциональной и технологической экосистемы, позволяющей вовлечь не только ключевые, но и смежные сегменты модной индустрии.

Благодарности

Авторы выражают благодарность Федеральному государственному бюджетному учреждению «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» (Фонд содействия инновациям) за поддержку стартап-проекта по разработке цифровой платформы со встроенным 3D-конфигуратором, которая предназначена для цифровой трансформации российской индустрии моды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Opportunity in Digital Fashion and Avatars Report // BoF Insights. November 2021.

URL: <https://www.businessoffashion.com/reports/technology/the-opportunity-in-digital-fashion-and-avatars-report-bof-insights/> (дата обращения: 11.10.2025).

2. Barata J., Cardoso J., Cunha P. Mass customization and mass personalization meet at the crossroads of Industry 4.0: A case of augmented digital engineering // Systems Engineering. 2023. No. 26. P. 715–727. <https://doi.org/10.1002/sys.21682>

3. Hou S., Gao J., Wang C. Design for mass customisation, design for manufacturing, and design for supply chain: a review of the literature // IET Collab. Intell. Manuf. 2022. No 4(1). P. 1–16. <https://doi.org/10.1049/cim2.12041>

4. Park H., Armstrong C. Collaborative apparel consumption in the digital sharing economy: An agenda for academic inquiry // Int J Consum Stud. 2017. No. 41. P. 465–474. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12354>
 5. Longo F., Padovano A., Cimmino B., Pinto P. Towards a mass customization in the fashion industry: An evolutionary decision aid model for apparel product platform design and optimization // Computers & Industrial Engineering. 2021. Vol. 162, 107742. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107742>
 6. Евдущенко Е.В., Ковалева Ю.В. Концепция проектирования женских платьев на фигуры смежных размеров для увеличения онлайн-продаж // Костюмология. 2020. № 2. Том 5. URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL220.pdf> (дата обращения: 19.10.2025).
 7. Qiu Y., Duan H., Xie H., Ding X., Jiao Y. Design and development of a web-based interactive twin platform for watershed management // Transactions in GIS. 2022. No. 26. P. 1299–1317. <https://doi.org/10.1111/tgis.12904>
 8. Пудовкина О.Е. Формирование цифровой экосистемы промышленной кооперации на базе передовых цифровых платформ в условиях реиндустрIALIZации // Вестник ГУУ. 2020. №9. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-9-41-48>
 9. Сам себе дизайнер: кастомизация кроссовок Louis Vuitton. Тенденции. AR World Luxury Guide // Annarusska. URL: <https://www.annarusska.ru/fashion/trends/sam-sebe-dizayner-kastomizaciya-krossovok-louis-vuitton/> (дата обращения 26.10.2025).
 10. Hwang C., Feng J. Using 3D virtual fitting room stimuli to enhance older adults' spatial visualization skills // Family and Consumer Sciences Research Journal. 2023. No. 52. P. 5–18. <https://doi.org/10.1111/fcsr.12486>
 11. Lee H., Xu Y., Porterfield A. Virtual Fitting Rooms for Online Apparel Shopping: An Exploration of Consumer Perceptions // Family and Consumer Sciences Research Journal. 2022. No. 50. P. 189–204. <https://doi.org/10.1111/fcsr.12428>
 12. Galizia F., Bortolini M., Calabrese F. A cross-sectorial review of industrial best practices and case histories on Industry 4.0 technologies // Systems Engineering. 2023. Vol. 2, No. 6. P. 908–924. <https://doi.org/10.1002/sys.21697>
-

13. Давыденко Е.А., Григорян А.В. Особенности выстраивания коммуникаций российскими брендами одежды в контексте импортозамещения // Маркетинговые коммуникации. 2023. №1. С. 2–9.

<https://doi.org/10.36627/2619-1407-2023-1-1-2-9>

14. Dey U., Cheruvu S. A web-based integrated GUI for 3D modeling, kinematic study, and control of robotic manipulators // Comput Appl Eng Educ. 2020. No. 28. P. 1028–1040. <https://doi.org/10.1002/cae.22282>

15. Сахарова Н.А. Цифровые технологии в дизайне и конструировании одежды // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022). Материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, Республика Беларусь, 23–24 ноября 2022 года. Витебский государственный технологический университет: 2022. С. 75–79.

URL: https://www.researchgate.net/publication/376596872_Cifrovye_tehnologii_v_dizajne_i_konstruirovaniyu_odezdy (дата обращения 29.10.2025).

16. Сурай Н.М., Теплая Н.А., Баскаков В.А., Бурланков П.С., Пислегина Н.В. Маркетплейсы как драйвер развития электронной коммерции // Инновации и инвестиции. 2023. № 5. С. 154–157.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/marketpleysy-kak-drayver-razvitiya-elektronnoy-kommertsii/viewer> (дата обращения 31.10.2025).

17. Программа «Студенческий стартап»: официальный сайт Фонда содействия инновациям.

URL: <https://www.fasie.ru/programs/programma-studstartup/> (дата обращения 15.10.2025).

18. . Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025685040 Российская Федерация. Программа – "3D конфигуратор для кастомизации одежды": заявл. 15.08.2025: опубл. 19.09.2025 / Е. В. Евдущенко, В. В. Козлов; заявитель Общество с ограниченной ответственностью "3Д МОДА". URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82913375>

19. Ларин С.Н., Нуждин М.Г., Даниелян А.С., Хунузиди Е.И., Нуждин Г.А. Структурирование функции качества и модель Кано // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 1. С. 263-271.

<https://doi.org/10.24412/2071-6168-2025-1-263-264>.

URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/strukturirovaniye-funktsii-kachestva-i-model-kano> (дата обращения: 15.10.2025)

DEVELOPMENT OF A DIGITAL PLATFORM WITH AN INTEGRATED 3D CONFIGURATOR FOR CLOTHING CUSTOMIZATION

E. V. Evdushenko¹ [0000-0003-3692-2587], M. V. Shmatko² [0000-0002-7255-8885]

¹*Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy, Saint Petersburg, Russia*

²*Omsk State Technical University, Omsk, Russia*

¹elena.online_ktilp@mail.ru, ²marin298@gmail.com

Abstract

Amidst the rapid growth of e-commerce and increasing demand for personalization, the Russian market for customized clothing faces a shortage of technological and widely accessible solutions. This paper presents the results of a research and implementation project focused on developing a multi-brand digital platform with an integrated 3D configurator, aimed at transforming the pre-order cycle. The solution enables customers to interactively create garment designs in a web environment, while allowing designers to optimize logistics and minimize overproduction.

The primary scientific and technical contribution of this work lies in its detailed description of the platform's target architecture and a scalable 3D model processing pipeline that ensures model optimization and correct browser-based rendering. An additional contribution is the developed methodology for preparing and optimizing 3D garment models for web visualization. Formalized as a set of technical requirements, this methodology achieves a balance between visual quality and performance.

As a result of this research, the authors have addressed the challenge of unifying 3D model formats from different designers within a multi-brand digital platform—a key distinction from existing single-brand solutions. Furthermore, the

implemented technology enables the customization of 3D clothing models with interactive real-time visualization of all design modifications on a single screen.

The technological feasibility and effectiveness of the solution are substantiated by a comparative analysis of existing alternatives, a market analysis using the PAM-TAM-SAM-SOM model, and an assessment of functional requirements.

The article also outlines a practical strategy for implementing the digital platform, making it a valuable resource for researchers and practitioners working at the intersection of e-commerce, computer graphics, and the digital transformation of business processes.

Keywords: *digital transformation, web application, digital platform, 3D configurator, 3D model, clothing customization, virtual try-on, AR fitting, technology stack, architecture, scalability, performance.*

REFERENCES

1. The Opportunity in Digital Fashion and Avatars Report // BoF Insights. November 2021.
URL: <https://www.businessoffashion.com/reports/technology/the-opportunity-in-digital-fashion-and-avatars-report-bof-insights/>
 2. Barata J., Cardoso J., Cunha P. Mass customization and mass personalization meet at the crossroads of Industry 4.0: A case of augmented digital engineering // Systems Engineering. 2023. No. 26. P. 715–727. <https://doi.org/10.1002/sys.21682>
 3. Hou S., Gao J., Wang C. Design for mass customisation, design for manufacturing, and design for supply chain: a review of the literature // IET Collab. Intell. Manuf. 2022. No. 4(1). P. 1–16. <https://doi.org/10.1049/cim2.12041>
 4. Park H., Armstrong C. Collaborative apparel consumption in the digital sharing economy: An agenda for academic inquiry // Int J Consum Stud. 2017. No. 41. P. 465–474. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12354>
 5. Longo F., Padovano A., Cimmino B., Pinto P. Towards a mass customization in the fashion industry: An evolutionary decision aid model for apparel product platform design and optimization // Computers & Industrial Engineering. 2021. Vol. 162, 107742. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107742>
-

6. . *Evdushchenko E.V., Kovaleva Yu.V.* Kontseptsiya proektirovaniya zhenskikh plat'ev na figury smezhnykh razmerov dlya uvelicheniya onlain-prodazh // Kostiumologija. 2020. Vol. 5, No. 2.

URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/12TLKL220.pdf>

7. *Qiu Y., Duan H., Xie H., Ding X., Jiao Y.* Design and development of a web-based interactive twin platform for watershed management // Transactions in GIS. 2022. No. 26. P. 1299–1317. <https://doi.org/10.1111/tgis.12904>

8. *Pudovkina O.E.* Formirovanie tsifrovoi ekosistemy promyshlennoi kooperatsii na baze peredovykh tsifrovых platform v usloviakh reindustrializatsii // Vestnik GUU. 2020. No. 9.

<https://doi.org/10.26425/1816-4277-2020-9-41-48>

9. Sam sebe dizainer: kustomizatsiia krossovok Louis Vuitton. Tendentsii. AR World Luxury Guide // Annarusska.

URL: <https://www.annarusska.ru/fashion/trends/sam-sebe-dizayner-kustomizaciya-krossovok-louis-vuitton/>

10. *Hwang C., Feng J.* Using 3D virtual fitting room stimuli to enhance older adults' spatial visualization skills // Family and Consumer Sciences Research Journal. 2023. No. 52. P. 5–18. <https://doi.org/10.1111/fcsr.12486>

11. *Lee H., Xu Y., Porterfield A.* Virtual Fitting Rooms for Online Apparel Shopping: An Exploration of Consumer Perceptions // Family and Consumer Sciences Research Journal. 2022. No. 50. P. 189–204.

<https://doi.org/10.1111/fcsr.12428>

12. *Galizia F., Bortolini M., Calabrese F.* A cross-sectorial review of industrial best practices and case histories on Industry 4.0 technologies // Systems Engineering. 2023. Vol. 2, No. 6. P. 908–924. <https://doi.org/10.1002/sys.21697>

13. *Davydenko E.A., Grigorian A.V.* Osobennosti vystraivaniia kommunikatsii rossiiskimi brendami odezhdy v kontekste importozameshcheniia // Marketingovye kommunikatsii. 2023. №1. S. 2–9.

<https://doi.org/10.36627/2619-1407-2023-1-1-2-9>

14. *Dey U., Cheruvu S.* A web-based integrated GUI for 3D modeling, kinematic study, and control of robotic manipulators // Comput Appl Eng Educ. 2020. No. 28. P. 1028–1040. <https://doi.org/10.1002/cae.22282>

15. *Sakharova N.A. Tsifrovye tekhnologii v dizaine i konstruirovaniyu odezhdy* // Innovatsii v tekstile, odezhde, obuvi (ICTAI-2022). Materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoy konferencii, Vitebsk, Respublika Belarus', 23–24 noyabrya 2022 goda. Vitebskij gosudarstvennyj texnologicheskij universitet: 2022. S. 75–79.

URL:

https://www.researchgate.net/publication/376596872_Cifrovye_tehnologii_v_dizajne_i_konstruirovaniyu_odezdy
(дата обращения 29.10.2025)

16. *Surai N.M., Teplyaya N.A., Baskakov V.A., Burlakov P.S., Pislegina N.V. Marketpleisy kak drayver razvitiia elektronnoi kommersii* // Innovatsii i investitsii. 2023. No. 5. S. 154–157. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/marketpleisy-kak-drayver-razvitiya-elektronnoy-kommertsii/viewer> (дата обращения 31.10.2025).

17. Programma «Studencheskii startap»: ofitsial'nyi sait Fonda sodeistviia innovatsiiam. URL: <https://www.fasie.ru/programs/programma-studstartup/>

18. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registraci programmy dlya E'VM № 2025685040 Rossijskaya Federaciya. 3D-konfigurator: № 2025683832: zayavl. 15.08.2025: opubl. 19.09.2025 / E.V. Evdushhenko, V.V. Kozlov; zayavitel' Obshhestvo s ogranicennoj otvetstvennostyu «3D MODA».

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=82913375>

19. *Larin S.N., Nuzhdin M.G., Danielyan A.S., Xunuzidi E.I., Nuzhdin G.A. Strukturirovaniye funktsii kachestva i model' Kano* // Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Texnicheskie nauki. 2025. No. 1. S. 263–271.
<https://doi.org/10.24412/2071-6168-2025-1-263-264>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



ЕВДУЩЕНКО Елена Владимировна – к. техн. н., доцент кафедры «Военная архитектура, автоматизированные системы проектирования, естественнонаучные дисциплины» ВИ (ИТ) ВА МТО, г. Санкт-Петербург. Сфера научных интересов – 3D-моделирование одежды, развитие ИТ-продуктов.

Elena Vladimirovna EVDUSHCHENKO – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Military Architecture, Automated Design Systems and Natural Sciences of Military Engineering Institute, Military Logistics Academy, St. Petersburg. Research interests include 3D modeling of clothing and the development of IT products.

email: elena.online_kilp@mail.ru

ORCID: 0000-0003-3692-2587



ШМАТКО Марианна Владимировна – к. филос.н., доцент кафедры «Математические методы и информационные технологии в экономике» ОмГТУ. Сфера научных интересов – разработка новых цифровых продуктов, UX-аналитика и юзабилити информационных систем, гейм-дизайн. Сфера практической деятельности – цифровой маркетинг.

Marianna Vladimirovna SHMATKO – Candidate of Philosophical Sciences, Associate Professor at the Department of Mathematical Methods and Information Technologies in Economics, Omsk State Technical University. Research interests: digital product development, UX analytics, information systems usability, and game design. Practical activities: digital marketing, development of technology startup projects.

email: marin298@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7255-8885

Материал поступил в редакцию 17 декабря 2025 года