

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

2025, Том 10, № 1 / 2025, Vol. 10, Iss. 1 <https://kostumologiya.ru/issue-1-2025.html>

URL статьи: <https://kostumologiya.ru/PDF/03TLKL125.pdf>

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

Ссылка для цитирования этой статьи:

Никитина, Л. Л. Проблемы и перспективы в 3D-проектировании одежды с применением современных цифровых технологий / Л. Л. Никитина, О. Е. Гаврилова // Костюмология. — 2025. — Т. 10. — № 1. — URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/03TLKL125.pdf>

For citation:

Nikitina L.L., Gavrilova O.E. Problems and prospects in 3D clothing design using modern digital technologies. *Journal of Clothing Science*. 2025;10(1): 03TLKL125. Available at: <https://kostumologiya.ru/PDF/03TLKL125.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

Авторы статьи выражают благодарность разработчику САПР СТАПРИМ профессору, доктору технических наук Раздомахину Н.Н. и Раздомахиной Н.В. за содействие в практическом освоении возможностей трехмерного проектирования одежды

УДК 687.1

Никитина Людмила Леонидовна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия

Доцент

Кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: naik@bk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2687-2299>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=792899

Гаврилова Ольга Евгеньевна

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия

Доцент

Кандидат педагогических наук, доцент

E-mail: oegavrilova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3597-9143>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=792852

Проблемы и перспективы в 3D-проектировании одежды с применением современных цифровых технологий

Аннотация. Повсеместное использование компьютерных технологий не обошло и процесс разработки новых моделей одежды. Ускорение темпов развития сектора производства одежды обуславливает интенсификацию разработки программного обеспечения для проектировщиков. На ряду с системами автоматизированного проектирования (САПР) в процессе разработки широко применяются различные приложения для выполнения эскизов, программы 2D и 3D-проектирования. В индустрии моды уже зарекомендовали себя не только зарубежные, но и отечественные САПР. Наличие возможностей бесплатного использования программных продуктов для швейной отрасли стимулирует любителей и молодых специалистов использовать цифровые технологии в своей деятельности. Комплексное применение программ 2D- и 3D-проектирования позволяет повысить эффективность конструкторско-технологической подготовки производства, в том числе за счет 3D-визуализации. В статье рассмотрены некоторые проблемы и перспективы проектирования одежды, возникающие при использовании компьютерных технологий. Традиционное проектирование

одежды, реализуемое с применением 2D-САПР, широко используется в отечественной промышленности, но с каждым годом с развитием цифровых технологий, искусственного интеллекта постепенно начинают уступать место программам, позволяющим реализовывать элементы 3D-проектирования. Уже сейчас многими специалистами активно используются программные продукты 3D-визуализации для различных целей. Внедрение таких программ совершенствует организацию сквозного автоматизированного проектирования одежды в условиях разных типов производств, обеспечивает эффективную реализацию принципов кастомизации, индивидуализации и беспримечного изготовления изделий. В статье описаны перспективы совершенствования современных систем проектирования, применяемых в швейной отрасли.

Ключевые слова: 2D-проектирование; 3D-проектирование одежды; визуализация; конструирование; моделирование; автоматизация; цифровые технологии

Введение

Повсеместное распространение компьютерных технологий оказывает влияние на развитие процессов проектирования одежды. Традиционный процесс разработки новых моделей предусматривает определенную последовательность выполнения проектных работ. Одной из важнейших задач является получение графически заданной формы изделия посредством конструирования. В традиционной организации процесса первично плоскостное задание формы в виде чертежа конструкции. И только при апробации конструкции в макете или первичном образце возникает объемная форма, которая проходит визуальную оценку на соответствие исходному графическому изображению. Такой процесс даже при применении современных систем автоматизированного проектирования (САПР) требует либо наличия большой базы апробированных типовых конструкций, либо больших затрат времени.

Так разработка новых моделей одежды может включать эскизирование, конструирование и моделирование, оформление контуров лекал, осуществляемые вручную и/или в САПР, макетирование и изготовление опытных образцов из основной ткани, примерку-уточнение посадки, корректирование, изготовление изделия и согласование моделей с руководством предприятия, что достаточно длительно и трудозатратно. В настоящее время на крупных промышленных производствах процесс разработки конструкторской документации на новые модели одежды, включающей и образцы, осуществляется в САПР, что приводит к сокращению времени на разработку. Многие малые предприятия вынуждены либо разрабатывать новые модели вручную с использованием традиционных графических методов, либо закупать конструкторскую документацию у фрилансеров или проектных организаций и затем отрабатывать полученную документацию получением объемной формы в макетах или образцах. Даже если производители изделий добиваются ускорения процесса проектирования, работа с объемной формой начинается после появления «плоскостного» чертежа.

Сегодня процесс проектирования одежды может быть оптимизирован и относительно сжат во времени при помощи современного программного обеспечения проектирования и визуализации одежды. Применение графических редакторов позволяет сократить время разработки дизайн-проектов за счет возможности быстрого редактирования эскиза модели в случае необходимости, например, изменения размеров деталей модели, добавления дополнительной отделки, корректировки колористического решения модели и т. п., а так же вывода на печать изображения на листах различных форматов для различных целей, например, для представления модели на рассмотрение или для рекламного постера и т. п. Применение САПР позволяет значительно сократить время на подготовку конструкторской документации в условиях массового производства на этапах оформления, градации и выполнения раскладки лекал. Применение программ 3D-визуализации позволяет виртуально собирать лекала одежды,

одевать изделие на аватар¹ и проводить его виртуальную примерку, «оживлять» виртуальную модель на подиуме для демонстрации изделия в движении, что не только сокращает временные затраты, но и материальные за счет изготовления меньшего числа макетов и опытных образцов моделей. В принципе, все опытные образцы могут остаться в цифровом формате, а материальные затраты возникнут только на наиболее востребованную модель изделия.

Обзор компьютерных технологий, используемых в проектировании одежды

Разработка эскизов моделей, коллекций одежды может осуществляться с использованием уже традиционных графических редакторов таких, как CorelDRAW, Adobe Photoshop, Xara Designer и т. п., и специализированных приложений — Pocketart Studio², Femuse Fashion Editor³, Edraw Soft Fashion Sketcher⁴, Fashion Design Flat Sketch⁵ и т. п.

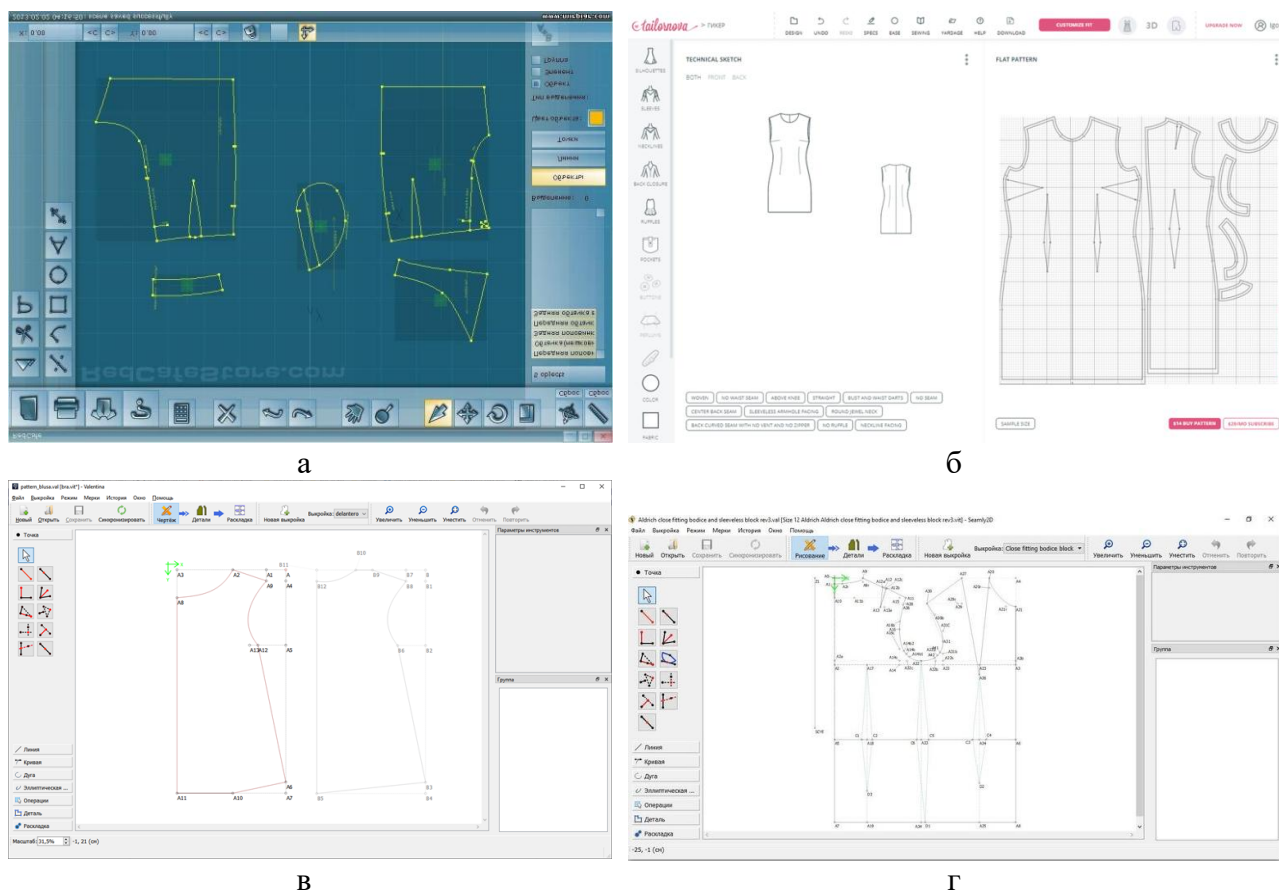


Рисунок 1. САПР: а — Redcafe; б — Tailornova; в — Valentina; г — Seamly2D (составлено авторами)

Многие приложения позволяют: загружать в приложение уже созданный пользователем эскиз и его редактировать, создавать эскиз непосредственно в приложении или использовать для создания эскизов имеющиеся в приложении шаблоны; готовые эскизы сохранять в виде изображений, распечатывать, экспортировать, отправлять или размещать в социальных сетях.

¹ Аватар — модель фигуры человека для работы в виртуальной среде.

² <https://apps.apple.com/ru/developer/pocket-art-studio/id1364418020>.

³ <https://femuse.info/>.

⁴ https://download.cnet.com/fashion-sketches/3000-18496_4-77367909.html.

⁵ <https://techpacker.com/blog/design/what-you-need-to-know-about-fashion-flat-sketches/>.

Например, приложение Edraw Soft Fashion Sketcher позволяет разрабатывать эскизы моделей одежды и аксессуаров для женщин, мужчин и детей, используя уже содержащиеся эскизы готовой одежды, примеры коллекций, шаблоны моделей, богатую цветовую палитру. Некоторые приложения для разработки эскизов одежды можно бесплатно загрузить как на смартфоны, так и другие мобильные устройства на базе Android и iOS, например, как Pocketart Studio и Fashion Design Flat Sketch.

В настоящее время широко используются любителями и профессионалами в разработке конструкций одежды такие программы, как Redcafe⁶, Valentina и Seamly2D⁷, Tailornova⁸, Leko⁹ (рис. 1) и т. д., которые позволяют осуществлять построение конструкций и моделирование деталей одежды, оформлять лекала, которые можно распечатать или сохранить в формате PDF.

Многие из обозначенных программ бесплатны такие как, например, Valentina. Программа Tailornova позволяет с помощью алгоритма 3D Fit Model производить визуальную оценку разработанной модели одежды.

В профессиональной среде в настоящее время среди компьютерных технологий для проектирования одежды наиболее широкое распространение находят САПР-2D и программы 3D-визуализации. В таблице 1 приведены характеристики некоторых из САПР-2D, используемых на российских предприятиях.

Все САПР-2D одежды могут быть использованы как для индивидуального, так и серийного производства. САПР могут иметь разные версии (комплектации) в зависимости от типа производства. Они позволяют осуществлять построение конструкций, оформление, градацию и раскладку лекал, а также — дизайн, планирование и учет. Модули САПР взаимосвязаны друг с другом. Подсистема (модуль) конструирования во многих САПР одежды позволяет использовать различные методики конструирования. При этом некоторые из САПР предлагают готовые базы лекал, как САПР Grafis, содержащая базы юбок, брюк, мужских и женских плечевых изделий, белья, спецодежды и головных уборов. САПР отличаются графическим интерфейсом и возможностью получения виртуального образца изделия, например, как в САПР Assyst.

Существующие в настоящее время программы 3D-визуализации дополняют САПР, не имеющие функции создания виртуальной 3D-модели изделия из разработанных лекал. Применение программного обеспечения 3D-визуализации совместно с САПР требует от них совместимости. Совместимость обеспечивается использованием международных форматов данных (Autocad DXF, AAMA, ASTM, HP/GL, ISO, CUT и т. п.) в САПР или возможностью конвертации для обеспечения обмена данными с программами 3D-визуализации.

Наиболее известные в РФ программы для проектирования и визуализации одежды — CLO 3D, Marvelous designer, Browzwear.¹⁰ Разработанные детали (лекала) моделей переносятся из САПР в программы 3D-визуализации, где виртуально сшиваются, и оценивается внешний вид (посадка) виртуального готового изделия на аватаре (или без его изображения). 3D-модели в отличие от плоскостного изображения (которое хотя и относительно точно детализировано) передают фактуру материала, объем, выглядят более объемно, реалистично. При необходимости в 2D-окне можно изменять контуры деталей, которые отражаются в 3D-окне аватара.

⁶ [https://redcafestore.com/#:~:text=Программа%20Redcafe%20-%20это%20профессиональный,простотой%20и%20возможностями%20\(САПР%20одежды\).](https://redcafestore.com/#:~:text=Программа%20Redcafe%20-%20это%20профессиональный,простотой%20и%20возможностями%20(САПР%20одежды).)

⁷ [https://lumpics.ru/software-for-drawing-patterns/.](https://lumpics.ru/software-for-drawing-patterns/)

⁸ [https://tailornova.com/.](https://tailornova.com/)

⁹ [http://leko-cd.ru/.](http://leko-cd.ru/)

¹⁰ [https://browzwear.com/.](https://browzwear.com/)

Таблица 1

Характеристика САПР-2D одежды

САПР	Правообладатели	Версии	Структура (модули)
Comtense ¹¹	ООО «КОМТЕНС» (Россия)	Индив, Ателье, Предприятие, Раскладка+, Технология	Конструирование, моделирование, градация, дигитайзер, раскладка для плоттера, раскладка для раскроя, плоттер, работа в локальной сети, план раскроя, Autonester, экспорт DXF ААМА, экспорт ISO, технология
Грация ¹²	Научно-производственная фирма «Информационные компьютерные системы»	Для предприятий, для ателье, для фрилансеров, для любителей шитья, для студентов	Дизайн, конструирование и моделирование, индивидуальные и корпоративные заказы, технология изготовления, раскладка лекал, менеджер раскладок, планирование коллекций, планирование производства, учет материалов, учет готовой продукции, управление предприятием
Ассоль ¹³	ООО «Ассоль — Центр Прикладных Компьютерных технологий» (Россия)	—	Параметрическое конструирование, графическое конструирование, фотодигитайзер, градация, автораскладка, автораскладка для других САПР, конвертер, 3D развертки, цифровой модельер, обновления программ, готовые комплекты
Grafis ¹⁴	Компания Cadrus	—	Конструктор, оформление лекал, раскладка
Gerber ¹⁵	Gerber Technology GmbH (США)	—	АккуМарк Конструктор, АккуМарк 3D, АккуМарк Раскладка, Автораскладка АккуНест, АккуПлан, YuniquePLM, Yunique Менеджер Образцов
Gemini ¹⁶	Компания Gemini CAD Systems (Румыния)	—	PhotoDigitizer, GeminiPatternEditor — конструкторский блок, GeminiCutPlan — для раскладки по ткани с учётом ширины рулона, количества изделий, размерной сетки, GeminiNestExpert — автоматической оптимизации раскладки
Assyst ¹⁷	Assyst GmbH (Германия)	—	Конструирование, 3D-моделирование, раскладка, печать, конвертация, оптимизация раскроя, управление данными, производством и др.

Составлено авторами

Так, программа CLO 3D позволяет осуществлять виртуальную настройку аватара под размерные признаки типовой или нетиповой фигуры. Для индивидуального производства аватар копирует форму тела реального человека, для массового — типовую фигуру. Воссоздание фигуры позволяет примерить «цифровую одежду» и увидеть объемную форму изделия, дать оценку композиционного решения и антропометрического соответствия модели. Визуализация изделия в CLO 3D в некоторых случаях наглядно демонстрирует ошибки

¹¹ <https://www.comtense.ru/>.

¹² <https://saprgrazia.tb.ru/>.

¹³ <https://assol.org/>.

¹⁴ https://www.cadrus.ru/cad/advantages/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.be-in.ru%2F.

¹⁵ <https://www.gerbertechnology.ru/resheniya/konstruirovaniye/>.

¹⁶ <https://geminiCAD.ru/>.

¹⁷ <https://www.assyst.de/en/products/cad/index.html>.

конструкции, например, в виде некорректно расположенных элементов конструкции и др. В программе можно виртуально сшивать разные куски ткани, получая неожиданные модели, экспериментируя как именитые кутюрье, но в виртуальной среде. Программа позволяет видеть изделие в динамике, смонтировать показ или ролик. Также применение программного обеспечения 3D-визуализации позволяет интенсифицировать использование приемов конструктивного моделирования в практической деятельности при условии высокого уровня владения данным программным продуктом. Так же преимуществом является сокращение затрат на расходные материалы.

Наглядной иллюстрацией сокращения временных затрат может служить сравнение этапов разработки конструкторской документации на плечевое изделие с использованием и без использования программ 3D-визуализации (табл. 2). В публикациях [1–13] авторами статей представлены результаты работы в программах 3D-визуализации (CLO 3D и Marvelous designer), направленные как на работу с художественным образом будущего изделия, так и оценку его посадки на фигуру или манекен, отмечены положительные стороны и перспективы развития их использования как в создании конструкторской документации в условиях массового производства одежды, так и индивидуального пошива.

Таблица 2

Этапы разработки конструкторской документации на плечевое изделие с использованием и без использования программ 3D-визуализации

Без использования программы 3D-визуализации	С использованием программы 3D-визуализации
1. Построение базовой основы или корректировка имеющихся базовых основ изделий. 2. Конструктивное моделирование. 3. Получение первичных деталей конструкции и раскрой. 4. Изготовление макета или подготовка изделия к первой примерке из основной ткани. 5. При необходимости корректировка конструкции, получение окончательных контуров деталей или осноровливание деталей кроя после первой примерки. 6. Изготовление опытного образца или готового изделия.	1. Построение базовой основы или корректировка имеющихся базовых основ изделий. 2. Конструктивное моделирование в окне лекала. 3. Виртуальное сшивание деталей и оценка модели. 4. В случае необходимости внесение изменение в окне лекала с параллельным изменением на аватаре. 5. Изготовление опытного образца.

Составлено авторами на основе данных статей [1–13]

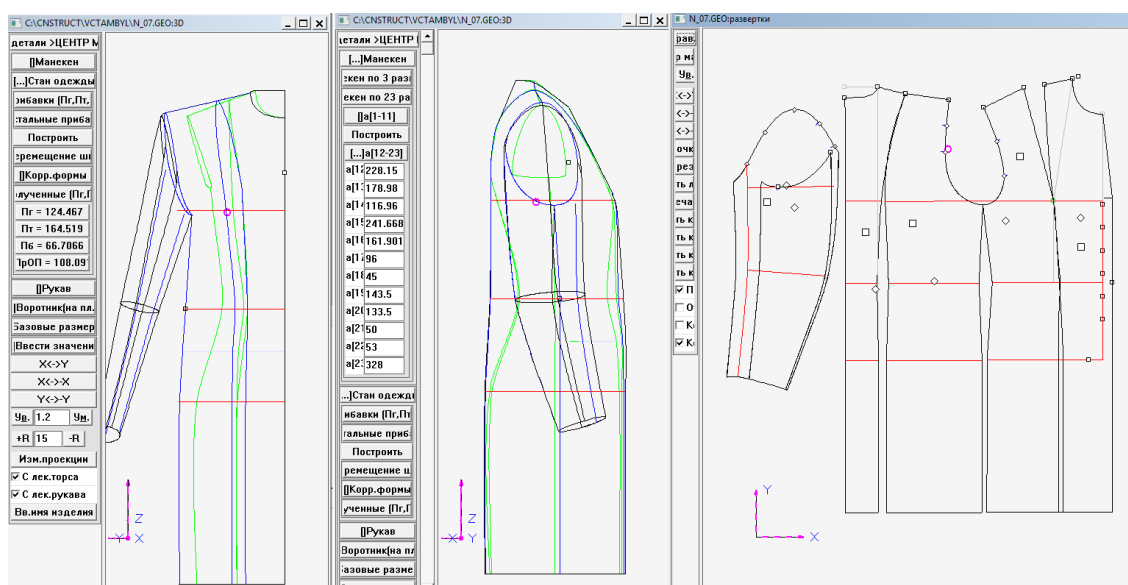
В целом САПР и программы 3D-визуализации исключают необходимость коммуницировать с группой других специалистов, например, разработка деталей и сборка изделия доступны на одном рабочем месте. Также они позволяют исключить ряд примерок, проводимых при традиционной организации процесса разработки новых моделей. Так опытный образец из основного материала практически не требует подгонки, условно виртуальное сшивание деталей можно считать первой примеркой. При использовании САПР сокращается количество ошибок при разработке лекал, связанных с неточностью копирования деталей с чертежа конструкции. Визуализация будущей реальной модели создает условия для лучшей проработки объекта проектирования (таких элементов как карманы, швы и др.), быстрого добавления или удаления в случае необходимости деталей.

В контексте конструирования рассмотренный процесс разработки конструкторской документации реализует так называемую технологию примерок¹⁸, когда осуществляется построение конструкции в 2D режиме, а в 3D — оценка внешнего вида и посадка изделия на виртуальном манекене или виртуальной фигуре (аватаре). Он характерен для большинства отечественных швейных предприятий.

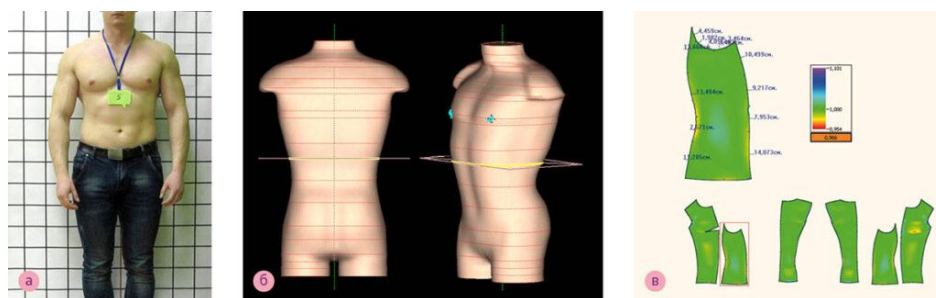
¹⁸ <https://legprom.review/tryohmernoe-proektirovanie-odezhdy-novye-vozmozhnosti-dlya-industrii-mody/>.

Другой технологией разработки конструкторской документации является так называемая технология разверток — трехмерное или 3D проектирование, когда на виртуальном манекене осуществляется конструирование одежды и последующее развертывание деталей в 2D плоскости (САПР СТАПРИМ, BustCAD и др.). Например, САПР СТАПРИМ¹⁹ позволяет проектировать верхнюю одежду, задавая «прибавки» на зазоры между поверхностью манекена и одеждой на различных участках, BustCAD²⁰ — изделия плотного прилегания (белье, корсеты, спортивные топы, компрессионное белье и т. п.). На рисунке 2 представлены развертки деталей в САПР СТАПРИМ и BustCAD.

Развитие компьютерных технологий в области проектирования одежды требует развития методологической базы для рациональной организации процессов с использованием нового инструментария — компьютерных технологий. Так Усачевой О.В., Бастовым Г.А., Петушковой Г.И. [14] исследуются научно-методические основы художественного проектирования костюма с использованием цифровых ресурсов. Гусевой М.А., Гетманцевой В.В., Андреевой Е.Г., Петросовой И.А. [15] рассматривается значимость точности параметризации поверхности 3D манекена для 3D-проектирования одежды.



а



б

Рисунок 2. Процесс получения развёртки в САПР: а — СТАПРИМ²¹; б — BustCAD²²

¹⁹ <http://www.staprim.com/>.

²⁰ <https://www.graphicc.ru/2018/04/bustcad.html>.

²¹ <https://atlasdress.ru/46090-sapr-odezdy>.

²² <https://legprom.review/tryohmernoe-proektirovanie-odezhdy-novye-vozmozhnosti-dlya-industrii-mody/>.

Проблемы проектирования одежды, возникающие при использовании компьютерных технологий и решаемые с помощью компьютерных технологий

Безусловно, применение компьютерных технологий на современном этапе их развития в процессе проектирования одежды дает ряд преимуществ, что отмечается во всех рассмотренных нами публикациях [1–22]. Они позволяют решать целый ряд проблем, возникающих на различных этапах проектирования одежды, в контексте данной статьи наибольший интерес представляют возможности компьютерных технологий на этапе разработки конструкции и оформления конструкторской документации на вновь проектируемую модель одежды. Рассмотрим некоторые из них.

Учеными Н.Н. Раздомахиным, А.Г. Басуевым, Е.Я. Сурженко уделено внимание решению проблемы относительной «неточности» традиционных подходов к градации лекал одежды, когда для обеспечения качества изделий сегмента люкс долгое время разрабатывали увеличенное число конструкций базовых размеров и ограничивали градацию каждой двумя-тремя размерами. В современных САПР можно строить новые размеры по прописанному алгоритму традиционного 2D-конструирования, задавая размерно-ростовочный ряд. Современные системы просто перестраивают детали заново на каждый размер, и выдают готовые контуры. Проблема заключается в том, что, прописывая алгоритм моделирования, бывает достаточно сложно найти адекватную запись перемещения линий или точек в соответствии с моделью в привязке к изменениям размеров отдельных участков деталей. Приходится многократно проверять смоделированные детали в новых размерах, чтобы убедиться в корректности записи моделирования деталей.

В отличие от 2D-систем САПР СТАПРИМ позволяет задавать объемную форму, членения на основные детали, особенности рукава и воротника и др., обеспечивая соответствие объекта проектирования замыслу в любом размере. Развертки базового и одного из крайних размеров 3D-конструкций могут экспортироваться в САПР Comtense, где для модели определяются приращения в конструктивных точках от одного размера к другому. САПР Comtense содержит процедуры автоматического пересчета приращений, что позволяет заново не градировать детали в случае внесения изменений в лекала. Комплекс СТАПРИМ — Comtense давно апробирован на ряде предприятий при разработке деталей сложных моделей.

Необходимо отметить, что в САПР СТАПРИМ объем конструктивного моделирования (плоскостной модификации) максимально сокращен благодаря ее осуществлению в 3D-проектировании. Чем короче путь до модельной конструкции, тем меньше ошибок при градации. Такая технология проектирования позволяет проанализировать детали каждого размерно-роста виртуальной модели без изготовления макетов.

Проблема традиционного конструирования с опорой на обхватные измерения и прибавки по конструктивным поясам заключается в том, что зачастую фигуры с одинаковыми значениями обхватов груди и бедер имеют существенные различия в значениях передне-задних и поперечных диаметров на уровне тех же обхватов, что обуславливает определенные различия в посадке изделий на реальной фигуре.

Такая проблема может быть решена в условиях индивидуального производства с применением САПР СТАПРИМ или посредством проведения примерок. Описанная САПР позволяет задавать основные диаметры и положения конструктивных точек посредством использования фотообмера [16]. С одной стороны, фотография всегда считалась источником недостаточной информации и форме и размерах тела, однако, фотообмер позволяет более точно определить диаметры, которые позволяют программе «самостоятельно» вычислить соответствующие обхватные измерения с минимальной погрешностью.

Еще в 2005 г. разработчики САПР СТАПРИМ в статье [16] указали на возможность при использовании программ 3D-проектирования одежды в условиях индивидуального пошива на малых предприятиях перейти к беспримечному ее изготовлению, приводя примеры использования программы в модных домах. Такой переход безусловно невозможен без определенного опыта работы в программе, конструктору необходимо абстрагироваться от традиционного 2D-конструирования с опорой на обхватные измерения и прибавки по конструктивным поясам, сконцентрироваться на 3D-конструировании с опорой на измерения передне-задних и поперечных диаметров, высот, глубин и выступов. Применение технологии 3D-проектирования одежды позволяет говорить о качественном изменении процесса конструирования.

Несмотря на то, что компьютерные технологии позволяют более эффективно организовать процесс проектирования одежды: благодаря виртуальной примерке цифровой одежды в модуле визуализации, например, имеющиеся в Assyst, Marvelous Designer, CLO 3D и т. п., производить оценку ее соответствия ожидаемому результату, в некоторых случаях полностью исключить этап макетирования с многочисленными корректировками конструкции, благодаря синхронизации в данных программах эффективно решить задачи корректировки конструкции, проверки посадки изделия, устранения дефектов и др., все же пока имеются проблемы, связанные с обеспечением высокого сходства виртуального двойника при использовании программ 3D-визуализации с материальным воплощением модели изделия.

Необходимо отметить, что в настоящее время непрерывно ведутся исследования для дальнейшего совершенствования возможностей компьютерных технологий в проектировании одежды. 3D-формы одежды, получаемые в программах визуализации в настоящее время, пока не достигли 100-процентной реалистичности изображения, что связано с особенностями физических характеристик различных материалов, систем материалов, применяемых для одежды.

Практика показывает, что сложная структура текстильных материалов обуславливает ряд трудностей в их 3D-визуализации, связанных с проблемами переноса формообразующих свойств текстильных материалов в виртуальную среду. Рассмотрению данной проблемы посвящены работы [17–22], в которых:

- приводятся результаты сравнительного анализа реальной и виртуальной поясной одежды конической формы в различных программах 3D-визуализации [17; 18], реальной и виртуальной драпировки [19; 20], показывающие соответственно в первом случае сходство силуэтной формы при несоответствии геометрических характеристик фалд, во втором — различия в характере образования драпировки;
- в качестве параметра соответствия внешнего вида предлагается использовать угол наклона абриса конической юбки от условной вертикали во фронтальной проекции [17], сопоставление конфигураций линий низа вида спереди, сзади и сбоку [18], сопоставление по силуэту, линиям внутреннего членения, состоянию поверхности, фактуре и цвету текстильных материалов [19], значения расстояния между двумя образцами при их наложении друг на друга в программе MeshLab, т. е. близость рельефа поверхности виртуального к рельефу поверхности реального образца [20];
- осуществляется компьютерное моделирование поведения тканей методом измерения и анализа коэффициентов дифференциальных уравнений [21; 22].

Коническая форма, образованная сетчатой структурой текстильного материала, все еще сложно поддается адекватной визуализации в соответствующих программах, что отмечено в работах [17–20]. Авторами данных статей предлагаются разные методики оценки соответствия конической формы поясного изделия и для исследования были выбраны разные проекции

изделия. При создании компьютерной модели поверхности материала тканая структура материала принимается за сеть, нити которой удерживаются вместе под действием силы трения, расположение нитей остается неизменным, при деформации под действием гравитации и взаимодействия (изгиб, растяжение, сжатие) между соседними участками сетки изменяются форма ячейки. Для конкретной ткани возможна только одна реализация модели [21].

Отмеченная исследователями проблема обеспечения адекватности формы виртуального изделия материальному, имеющему подвижную структуру текстильного материала, пока находится на стадии ее решения из-за неопределённости образования рельефа поверхности в пределах допустимых интервалов при постоянстве конструкторско-технологических условий формообразования (форма детали, опорная поверхность, геометрические параметры, методы обработки). В связи с этим и с возможностью программ визуализации «расправлять» мелкие дефекты за счет функции сглаживания поверхности, что в реальной модели будет проявляться в виде конструктивного дефекта, необходимо после применения визуализации объекта в любом случае изготавливать реальный макет. Необходимо отметить, для адекватной визуализации необходимы знания и навыки в конструировании одежды, одного представления о том, как выглядит изделие, недостаточно.

Современное программное обеспечение непрерывно развиваются, ведутся исследования по обеспечению адекватности виртуальной 3D-формы реально заданному объекту, внедряются обновления версий, возможно в ближайшем будущем данные проблемы будут успешно решены.

Выводы

Ориентация на быструю смену моделей большинства компаний, производящих одежду, процесс проектирования новых моделей одежды, предполагающий комплексное решение большого числа разноплановых задач: художественных, эргономических, технологических, экономических и других, возникающих при разработке эскизов, макетов, чертежей, технологии изготовления и т. п. — все это обуславливает необходимость использования автоматизации процесса проектирования, как на крупных, так и малых на предприятиях.

На сегодняшний день известно и применяется большое число разнообразных программных продуктов, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки в реализации сквозного автоматизированного проектирования. Однако, в целом сочетание разных программ позволяет автоматизировать большинство проектировочных процессов с обеспечением той или иной степени точности. Современные среднесерийные предприятия зачастую останавливаются на одной плоскостной методике конструирования и одной конкретной САПР, ранее закупленной, апробированной, совместимой с автоматизированным раскройно-настилочным комплексом и пр. В связи с чем конструктор при приеме на работу на предприятие вынужден ориентироваться на данные методику и САПР, в то время как применение специализированных приложений для разработки эскизов, 3D-проектирования, САПР и программ 3D-визуализации позволило бы больше времени уделить инженерному творчеству, избавиться от рутинной работы, ускорить процесс разработки новых моделей.

Решение такой задачи применительно к организации наиболее эффективного процесса проектирования одежды как с позиций сокращения временных затрат, так и обеспечения высоких эстетических свойств и качественной посадки изделия на типовую или индивидуальную фигуру при совместном использовании программ 3D-конструирования, 3D-визуализации предлагается проведение комплекса следующих видов работ: проведение ряда экспериментов по оценке процесса формообразования, разработка новых версий программных продуктов, разработка разнообразных 3D-шаблонов поверхностей, повышение

реалистичности визуализации результатов, сравнение экспериментальных результатов по различным критериям. В этом случае при использовании 3D компьютерных технологий в проектировании одежды основной задачей проектировщика при создании сложной формы станет задача не переступить границу возможности формообразования. В реальности эта задача решается на этапе выполнения опытного образца, являющегося необходимым звеном между задумкой и готовым изделием.

Таким образом, уже имеющиеся на данный момент времени компьютерные технологии 3D-проектирования и 3D-визуализации одежды, разработки в области методологии 3D-проектирования одежды с учетом их непрерывного развития, исследование возможностей нейросетей открывают новую страницу в проектировании одежды и задают вектор дальнейших исследований как в области совершенствования самих компьютерных технологий, так и исследований в области формообразования одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдель Вахед, А.Э. Перспектива 3D моделирования в конструировании швейных изделий / А.Э. Абдель Вахед // Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Омск, 22–23 ноября 2023 года. — Омск: Омский государственный технический университет, 2023. — С. 16–23. — EDN GCAVPQ.
2. Алибекова, М.И. Инновационные технологии в эскизном и художественном проектировании объемных форм костюма / М.И. Алибекова, В.С. Белгородский, Е.Г. Андреева // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2021. — № 3(393). — С. 102–106. — DOI 10.47367/0021-3497_2021_3_102. — EDN GQRXAJ.
3. Калинина, Л.Н. 3D технологии в проектировании одежды / Л.Н. Калинина // Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности: Материалы I Всероссийской научной конференции с международным участием, Казань, 25–28 апреля 2023 года. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2023. — С. 96–100. — EDN IPPTCJ.
4. Каплунова, М.С. Роль визуализации в современном конструировании и моделировании одежды / М.С. Каплунова, Л.Л. Никитина, О.Е. Гаврилова // Новации в процессах проектирования и производства изделий легкой промышленности: Материалы I Всероссийской научной конференции с международным участием, Казань, 25–28 апреля 2023 года. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2023. — С. 101–104. — EDN ZLABOA.
5. Пугачева, И.Б. Цифровое проектирование одежды в системе CLO 3D / И.Б. Пугачева // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х частях, Кострома, 24–25 марта 2022 года. Том Часть 1. — Кострома: Костромской государственный университет, 2022. — С. 47–49. — EDN JBCYBV.
6. Саиди, Д.Р. Моделирование конструкции одежды по технологии 3D / Д.Р. Саиди, Н.А. Домулджонова // Universum: технические науки. — 2019. — № 1(58). — С. 30–34. — EDN PNFSAX.

7. Фадеева, Е.Ю. Разработка цифровой одежды в программе «CLO 3D» / Е.Ю. Фадеева // *Технология. Дизайн. Образование: Сборник материалов всероссийской (очно-заочной) научно-практической конференции с международным участием, Магнитогорск, 28–29 апреля 2022 года.* — Магнитогорск: Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова, 2022. — С. 457–461. — EDN MZFOFK.
8. Shen, J. Development of Variable Fashion Design through 3D Modeling Program CLO / J. Shen, Ju. Park // *Korean Society of Fashion Design.* — 2024. — Vol. 24, No. 2. — P. 19–36. — DOI 10.18652/2024.24.2.2. — EDN HVPUIY.
9. Zagloul, T.M. Would CLO 3D Program be a revolution in Virtual Reality Design and Production of Garments Prototype? (An Expository Study) / T.M. Zagloul, A.A. Al-Nousani // *International Design Journal.* — 2024. — Vol. 14, No. 5. — P. 195–202. — DOI 10.21608/idj.2024.372800. — EDN FFKHNV.
10. Шарипова, Р.Г. 3D-технологии и визуализации в индустрии моды / Р.Г. Шарипова // *Традиции и инновационные процессы в индустрии моды: Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции, Уфа, 30 ноября 2019 года.* — Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет, 2019. — С. 122–125. — EDN SMNNFQ.
11. Создание и анализ визуализации цифровой формы 3d модели плечевого изделия разных объемов на примере силуэта «трапеция» / Е.А. Сулейманова, Н.В. Тихонова, Ю.А. Коваленко, Т.В. Жуковская // *ИТ. Наука. Креатив. Материалы I Международного форума: в 5-ти томах. Т. 4. Молодёжь. Наука. Творчество, Омск, 14–16 мая 2024 года.* — Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-книготорговый центр "Колос-с", 2024. — С. 257–264. — EDN NVZURW.
12. Марьина, А.Н. Преимущества проектирования изделий в трёхмерной среде / А.Н. Марьина, Н.В. Тихонова // *Молодёжь и наука: шаг к успеху: сборник научных статей 3-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых: в 5 т., Курск, 21–22 марта 2019 года. Том 5.* — Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2019. — С. 270–273. — EDN EBTFSА.
13. Мусаева, Л.С. Проектирование эргономичной одежды на основе инновационных направлений автоматизированной системы САПР / Л.С. Мусаева // *Вестник науки.* — 2022. — Т. 2, № 3(48). — С. 92–98. — EDN KMOSNJ.
14. Усачева, О.В. Исследование факторов, определяющих научно-методическую концепцию проектирования современного костюма на основе цифровых технологий / О.В. Усачева, Г.А. Бастов, Г.И. Петушкова // *Костюмология.* — 2022. — Т. 7, № 1. — EDN UEWBIK.
15. Параметризация цифровой антропометрической информации для 3D-проектирования швейных изделий / М.А. Гусева, В.В. Гетманцева, Е.Г. Андреева, И.А. Петросова // *Территория новых возможностей. Вестник Владивостокского государственного университета экономики и сервиса.* — 2019. — Т. 11, № 2-11. — С. 130–138. — DOI 10.24866/VVSU/2073-3984/2019-2/130-138. — EDN GWCUFX.
16. Раздомахин, Н.Н. Трёхмерное автоматизированное проектирование в индивидуальном производстве одежды / Н.Н. Раздомахин, Е.Я. Сурженко, С.В. Наумович // *Швейная промышленность.* — 2005. — № 4. — С. 45–46. — EDN KVANKF.

17. Евдущенко, Е.В. Апробация методики оценки визуализации свойств текстильных материалов в САПР Assyst / Е.В. Евдущенко, Ж.А. Фот // Костюмология. — 2022. — Т. 7, № 3. — EDN MJTRNE.
18. Максач, В.В. Исследование возможностей воспроизведения одежды сложных конструктивных форм в САПР «Assyst» / В.В. Максач, М.А. Чижик // Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции, Омск, 29–30 ноября 2022 года. — Омск: Омский государственный технический университет, 2022. — С. 138–142. — EDN JUTCJD.
19. Суrowова, М.А. Разработка методики оценки подоби я виртуальных двойников историческим костюмным комплексам / М.А. Суrowова, В.Е. Кузьмичев // Молодые ученые — развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). — 2021. — № 1. — С. 577–579. — EDN AEKKDO.
20. Zhicai Yu, YueqiZhong, R. Hugh Gong, Haoyang Xie & Azmat Hussain (2022) Generating three-dimensional drape model based on projection and mesh deformation, The Journal of The Textile Institute, 113:8, 1739–1749, DOI: 10.1080/00405000.2021.1947637.
21. Ландовская, И.Е. Соединение деталей при компьютерном моделировании сборки изделий из тканых материалов с учетом их деформационных свойств / И.Е. Ландовская, В.Д. Фроловский, В.В. Ландовский // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. — 2015. — № 3(28). — С. 61–74. — DOI 10.17212/1727-2769-2015-3-61-74. — EDN UMDOJV.
22. Фроловский В.Д. Компьютерное моделирование тканых материалов на основе метода частиц / В.Д. Фроловский, В.В. Ландовский, И.Е. Ландовская, Т.О. Бунькова // Инновации и современные технологии в индустрии моды: материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Новосибирск, 21 ноября 2018 года / Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), Новосибирский технологический институт (филиал). — Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью «Амирит», 2018. — С. 124–128. — EDN VUMXSN.

Nikitina Ludmila Leonidovna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

E-mail: naik@bk.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2687-2299>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=792899

Gavrilova Olga Evgenievna

Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia

E-mail: oegavrilova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3597-9143>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=792852

Problems and prospects in 3D clothing design using modern digital technologies

Abstract. The widespread use of computer technology has not bypassed the process of developing new clothing models. The acceleration of the development of the clothing manufacturing sector leads to the intensification of software development for designers. Along with computer-aided design (CAD) systems, various sketching applications, 2D and 3D design programs are widely used in the creating process. Not only foreign, but also domestic CAD systems have already proven themselves in the fashion industry. The availability of free use of software products for the garment industry encourages amateurs and young professionals to use digital technologies in their activities. The integrated application of 2D and 3D design programs makes it possible to increase the efficiency of design and technological preparation of production, including through 3D visualization. The article discusses some of the problems and prospects of designing clothes that arise when using computer technology. Traditional clothing design, implemented using 2D CAD, is widely used in the domestic industry, but every year with the development of digital technology, artificial intelligence gradually begin to give way to programs that allow you to implement elements of 3D design. Already, many specialists are actively using 3D visualization software products for various purposes. The introduction of such programs improves the organization of end-to-end computer-aided design of clothing in conditions of different types of production, ensures the effective implementation of the principles of customization, individualization and manufacture without fitting products. The article describes the prospects for improving modern design systems used in the garment industry.

Keywords: 2D design; 3D clothing design; visualization; design; modeling; automation; digital technologies