

**ОТДЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ PLM-СИСТЕМ
ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ФАБРИК В ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ* ****

**SOME ASPECTS OF PLM-SYSTEMS
FOR CREATING DIGITAL FACTORIES IN THE GARMENT INDUSTRY**

*Н.Л. КОРНИЛОВА, С.В. САЛКУЦАН, М.В. БОЛСУНОВСКАЯ, А.Е. ГОРЕЛОВА, Д.А. ВАСИЛЬЕВ
N.L.KORNILOVA, S.V.SALKUTSAN, M.V. BOLSUNOVSKAYA, A.E.GORELOVA, D.A.VASILIEV*

**(Ивановский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
ООО "ИИТ Консалтинг")**

**(Ivanovo State Polytechnical University,
Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University,
ИТ Consulting Ltd)**

E-mail: nkorn@mail.ru, GorelovaAnn@mail.ru

В статье рассмотрены основные принципы формирования цифровых фабрик. Показаны специфические особенности перехода к цифровому проектированию в современном швейном производстве за счет применения PLM-систем. Представлены основные направления совершенствования САПР швейных изделий для повышения адекватности представления виртуальных двойников одежды.

The article considers the basic principles of the formation of Digital Factories. The specific features of the transition to digital design in modern garment production are shown. The main directions of improving CAD software for sewing products, to increase the adequacy of presentation of clothing virtual twins, are presented.

Ключевые слова: виртуальное проектирование, системы поддержки жизненного цикла изделия, цифровая фабрика.

Keywords: virtual design, PLM systems, digital Factory.

Существенным отличием легкой промышленности от других отраслей является доминирующее влияние моды, диктат потребительского спроса и постоянная смена модельного ряда и зачастую ассортимента. Одной из основных тенденций современного производства является необходимость сокращения времени выхода новых изделий на рынок при одновременном удовлетворении специфических потребностей заказчиков. "Самое главное в индустрии будущего – это скорость [1]". Кастомизация (персонализация) – нарастающий тренд, ко-

торый должен соединить преимущества механизированного и автоматизированного швейного производства с гибкостью и мобильностью ателье.

В этих условиях обеспечение интенсификации производства и снижения себестоимости кастомной продукции промышленного изготовления – актуальные задачи для всех предприятий швейной отрасли, которые могут быть решены при переходе к модели цифровой фабрики.

Цифровая фабрика, вне принадлежности к какой-либо отрасли, предполагает со-

* Работа выполнена по договору РФФИ № 18-47-370005\18 от 28.06.2018.

** По материалам пленарного доклада на XXI Международном научно-практическом форуме "SMARTEX-2018" (г. Иваново, ИВГПУ, 2018).

здание и отладку технологических и производственной цепочек, начиная от стадий исследования и планирования, когда закладываются базовые принципы конкурентоспособного продукта, и заканчивая созданием опытного прототипа изделия:

- "оцифровка" жизненного цикла продукта и приведение его в соответствии с матрицей целей (требования / ограничения: технологические, технические, экономические и т.д.) на его разработку;

- формирование базы поставщиков и требований к ним;

- проведение серии первичных расчетов с целью определения общих принципов проектирования и создания оптимальной конструкции на основе современной концепции (Simulation & Optimization)-Driven Design & Additive Manufacturing;

- конструкторские работы (CAD); компьютерный / суперкомпьютерный инжиниринг (CAE, HPC), все виды оптимизаций (CAO; многокритериальная, многопараметрическая, междисциплинарная, топологическая, топографическая, оптимизация размеров и формы, наконец, робастная оптимизация);

- выбор технологии производства и подготовка к изготовлению прототипа (Computer-Aided Manufacturing, CAM; Computer-Aided Additive Manufacturing, CAAM);

- изготовление прототипа [2].

Цифровизация всех бизнес-процессов компании осуществляется на базе PLM-системы, расширяющей возможности CAD/CAM и PDM-систем за счет автоматизации контроля над изделием и объединения всех участников жизненного цикла внутри предприятия-производителя, включая поставщиков, заказчиков и организаций, занятых послепродажным обслуживанием продукции.

Большинство отечественных швейных предприятий ограничены в средствах для приобретения единой PLM-системы. Широко применяемые в легкой промышленности IT-решения – это узкоспециализированные программные продукты для автоматизации одного или нескольких участков деятельности бизнеса. Внедряя отдельные решения, компании вынуждены самостоятельно интегрировать результаты деятельности в

единую информационную систему, в противном случае эффективность от "разрозненной" автоматизации отдельных участков ничтожно мала.

Первым шагом в цифровом преобразовании является замена физических образцов виртуальными предметами одежды или цифровыми двойниками – точной цифровой версией одежды, которой дизайнеры, конструкторы, технологи и покупатели могут манипулировать точно так же, как и физической версией. Так как их использование устраняет необходимость ждать, пока дизайнерское решение обретет физическое воплощение, время от разработки модели до старта продаж в интернет-магазине сокращается почти с года до нескольких дней [3]. Основная проблема перехода к цифровым двойникам в швейном производстве состоит в том, что практически ни одна из широко распространенных сегодня САПР одежды не гарантирует возможность получения изделия таким, каким его задумал дизайнер.

Проведенный анализ систем трехмерного проектирования одежды показал, что большинство из них нацелено на обеспечение возможности увидеть будущую форму изделия при помощи процесса, называемого "виртуальной примеркой", то есть симуляции сшивки деталей и их "надевания" на виртуальный манекен. Такой подход наследует исторически сложившийся процесс достижения желаемой формы изделия путем последовательных итераций двумерных лекал, однако он проводится без участия заказчика, с виртуальным аналогом материала [4], путем автоматической сшивки полученных лекал и формообразования изделия под действием внешних и внутренних сил.

Другое направление предусматривает переход от трехмерной поверхности фигуры напрямую к трехмерной модели одежды и автоматизированное получение лекал. Данный подход реализован в отечественных системах СТАПРИМ, АССОЛЬ 3D-parametric, BustCAD [5]. Несмотря на высокую точность разверток, данные системы требуют дальнейшего совершенствования процессов в части учета свойств материалов.

Для устранения описанных выше недостатков представляется целесообразным реа-

лизовать автоматизированный итерационный процесс получения разверток (лекал) изделия с учетом физических свойств материалов, с возможностью коррекции как двумерных лекал, так и трехмерной формы.

Ниже представлены основные проблемы трехмерных САПР одежды, требующие решения для обеспечения возможности создания цифровых двойников одежды.

1) База типовых манекенов, имеющаяся в САПР, является недостаточной и несоответствующей стандартам, принятым на предприятии. Цифровые манекены зачастую несовершенны, не имеют пластики реальных фигур, трудны в подстройке под индивидуальные параметры. Значительное количество типовых фигур в размерных антропологических стандартах (мужских – 172, женских – 137) затрудняют качественное выполнение процессов создания объемной формы одежды и ее адаптации на другие размеры и роста [6]. Инженерное задание типовых фигур затруднено как недостаточным набором размерных признаков, указанных в стандартах, так и использованием преимущественно обхватных и дуговых параметров, не характеризующих форму отдельных участков тела. Разработка методов построения виртуального манекена, обеспечивающих сохранение естественной антропоморфности и учет антропометрической информации, содержащейся в нормативной документации или получаемой после оцифровывания индивидуальной фигуры, позволит повысить адекватность трехмерного проектирования одежды. Кроме того, для проектирования корсетных и утягивающих изделий необходимо моделирование поведения мягких тканей человека (их деформации при сжатии и сдвиге).

2) Прогнозирование формы одежды. При применении физического моделирования производители САПР, с одной стороны, – вынуждены искать компромисс между временем и ресурсоемкостью симуляции, с другой стороны – между точностью моделирования материала и близостью к посадке будущего изделия. Подвижность структуры, наличие сложного переплетения, анизотропность, драпируемость и отсутствие статиче-

ского положения делают моделирование текстильных материалов (особенно многослойных пакетов) во много раз более сложным, чем симуляция, традиционно применяемая в машиностроении, архитектуре и других областях [7]. Вследствие этого практически невозможно адаптировать традиционные САД/САЕ-системы для моделирования одежды. Более того, для обеспечения симуляции посадки плотно облегающих изделий (спортивные, корсетные, корригирующие и прочее) необходим учет двустороннего взаимодействия одежды и мягких тканей фигуры.

3) Учет свойств материалов. В настоящее время не существует практически применимой универсальной модели физико-механических свойств текстильных материалов, позволяющей получать цифровые двойники заданных материалов инженерными методами. Существующие методики сводятся к эмпирическому подбору параметров математической модели ткани. В случае появления универсального цифрового представления материала, а также инженерных методик получения его количественных характеристик возможно создание единой базы данных, которая может пополняться несколькими участниками, в том числе самими производителями материалов.

4) Дополнительной проблемой при виртуальном примеривании является исчезновение сенсорной составляющей, которая определяет ощущение комфорта или дискомфорта, и зависит не только от конструкции одежды, но и от индивидуальных особенностей потребителя. Разработка инновационных методов оценки комфортности одежды и их адаптация для виртуального моделирования, в том числе динамического, является задачей, которая позволяет максимально приблизить виртуальные процессы к реальным и видится необходимой для создания полноценных цифровых двойников [8]. Эта составляющая является специфической только для трехмерного проектирования одежды и не учитывается в других отраслях промышленности.

Таким образом, для обеспечения перехода отечественных предприятий индустрии моды к использованию цифровых двойников одежды важными задачами являются:

- 1) создание базы трехмерных виртуальных манекенов типового телосложения;
 - 2) создание методик кастомизированного производства на индивидуальные манекены, в том числе удаленно;
 - 3) совершенствование методов учета свойств материалов при развертывании и симуляции посадки изделия;
 - 4) разработка методики создания базы материалов и алгоритмов учета их свойств;
 - 5) создание инструментов оценки взаимодействия в системе "поверхность фигуры – поверхность изделия" с целью прогнозирования статического и динамического соответствия (комфорта) одежды в процессе носки (виртуальные испытания изделий);
 - 6) создание библиотек предварительно отработанных конструкций с учетом группы и типа изделий, типового силуэта, ткани, полотна и элементов отделки/декора;
 - 7) разработка инструментов для управления коллекциями и работы с моделями "Fast Fashion", обеспечивающими укороченный график разработки и производства;
 - 8) применение алгоритмов машинного обучения (в том числе глубокого обучения) для предсказания уровня комфортности и эстетической привлекательности для заданной группы потребителей.
- Без реализации поставленных задач невозможно создание полнофункциональной PLM-системы для перехода от традиционных производств одежды к цифровым фабрикам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пиккель О. Ниша национальных возможностей – режим доступа: <http://profashion.ru/analytics/169137/>.
2. Боровков А.И., Клявин О.И., Марусева В.М. и др. Цифровая Фабрика (Digital Factory) Института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого – режим доступа <http://fea.ru/news/6387>.
3. <https://www.whichplm.com/3d-key-complete-digital-apparel-design-process/>
4. Корнилова Н.Л., Горелова А.Е., Смирницкий А.В. Трехмерное проектирование плотно облегающей одежды на индивидуального потребителя // Швейная промышленность. – 2013, №1. С.32...33.
5. Корнилова Н.Л., Баландина Г.В., Горелова А.Е. Автоматизированное проектирование корсетных изделий в трехмерной среде // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2008, № 1. С.40...44.

6. Кузьмичев В.Е., Жукова И.В., Гниденко А.В., Ли Ю. Методика обработки оцифрованных изображений фигур и одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2007, № 1. С. 90...93.
7. Volino P., Cordier F., Magnenat-Thalman N. // Computer-aided Design. – V. 37, №6. P. 593...608. DOI: 10.1016/j.cad.2004.09.003.
8. Кузьмичев В.Е., Го М. Виртуальное проектирование одежды с идентификацией уровня ее комфортности. – М., 2014. С. 196...205.
9. Корнилова Н.Л., Горелова А.Е. К вопросу учета формовочных свойств материалов при проектировании одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, №6. С. 85.
10. Васильев Д.А., Горелова А.Е., Давыдова Е.С., Корнилова Н.Л. Определение взаимосвязи характеристик деформации развертки 3D-изделия со свойствами материалов // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2012. Т. 16. № 2. С. 56...60.

REFERENCES

1. Pikkell O. Nisha natsionalnyh vozmozhnostey – rezhim dostupa: <http://profashion.ru/analytics/169137/>.
2. Borovkov A.I., Klyavin O.I., Maruseva V.M. i dr. Tsifrovaya Fabrika (Digital Factory) Instituta peredovyh proizvodstvennyh tekhnologiy Sankt-Peterburgskogo politekhnicheskogo universiteta Petra Velikogo – rezhim dostupa <http://fea.ru/news/6387>.
3. <https://www.whichplm.com/3d-key-complete-digital-apparel-design-process/>.
4. Kornilova N.L., Gorelova A.E., Smirnitkiy A.V. Trekhmernoe proektirovanie plotno oblegayushey odezhdy na individualnogo potrebitelya // Shveynaya promyshlennost. – 2013, №1. S.32...33.
5. Kornilova N.L., Balandina G.V., Gorelova A.E. Avtomatizirovannoe proektirovanie korsetnyh izdeliy v trekhmernoy srede // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2008, № 1. S. 40...44.
6. Kuzmichev V.E., Zhukova I.V., Gnidenko A.V., Li Yu. Metodika obrabotki otsifrovannyh izobrazheniy figur i odezhdy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. 2007, № 1. S. 90...93.
7. Volino P., Cordier F., Magnenat-Thalman N. // Computer-aided Design. – V. 37, №6. R. 593...608. DOI: 10.1016/j.cad.2004.09.003.
8. Kuzmichev V.E., Go M. Virtualnoe proektirovanie odezhdy s identifikatsiyey urovnya ee komfortnosti. – M., 2014. S. 196...205.
9. Kornilova N.L., Gorelova A.E. K voprosu ucheta formovochnyh svoystv materialov pri proektirovanii odezhdy // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2008, №6. S. 85.
10. Vasilev D.A., Gorelova A.E., Davydova E.S., Kornilova N.L. Opredelenie vzaimosvyazi harakteristik deformatsii razvertki 3D-izdeliya so svoystvami materialov // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 2012. T. 16. № 2. S. 56...60.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий ИВГПУ. Поступила 08.08.18.