

из них в нефтегазовой отрасли , 9 октября 2017 г., СПб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://umatex.com/news/kompozity-v-neftegazovoy-otrasli/> (дата обращения:25.05.2018 г.).

6. The global CFRP market 2016 Michael Kühnel, Thomas Kraus // International Composites Congress (ICC) Düsseldorf, November 28th 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.dlr.de/109625/1/CFRP%20market%20report%20ICC%202016%20K%C3%BChnel.pdf> (дата обращения:25.05.2018 г.).

7. Global and China carbon fiber and CFRP Industry Report, 2016-2020 Researchin China Jan. 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://studylib.net/doc/14535418/global-and-china-carbon-fiber-and-cfrp-industry-report--2...> (дата обращения:25.05.2018 г.).

УДК 687.02

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ ЦИФРОВЫХ ФАБРИК В ИНДУСТРИИ МОДЫ

MAIN APPROACHES TO THE CREATION OF DIGITAL FACTORIES IN THE FASHION INDUSTRY

Н.Л. Корнилова, С.В. Салкуцан, А.Е. Горелова, Д.А. Васильев
N.L.Kornilova, S.V.Salkutsan, A.E.Gorelova, D.A.Vasiliev

Ивановский государственный политехнический университет,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
ООО «ИИТ Консалтинг», (г. Иваново)

Ivanovo State Polytechnic University,
Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
ИТ Consalting Ltd, Russia, (Ivanovo)
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. Представлены основные направления совершенствования САПР швейных изделий для повышения адекватности представления виртуальных двойников одежды.

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

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.

Keywords: Digital Factory; Virtual Design, PLM systems.

Одной из основных тенденций современного производства является необходимость сокращения времени выхода новых изделий на рынок при одновременном удовлетворении специфических потребностей заказчиков (от модели массового производства компании переходят к разработке и сборке на заказ). При этом компании не могут позволить себе повышать стоимость процессов проектирования новых изделий. Одновременно с этим в процесс создания продукции вовлекаются сегодня многочисленные внешние участники – от поставщиков комплектующих, которые должны иметь возможность оперативно реагировать на изменения в требованиях к конечному продукту, до самих заказчиков, которые хотят получить доступ к процессам формирования этих требований. Многие крупные производители выносят за скобки собственного производственного процесса разработку и

выпуск комплектующих, а подчас и собственно сборку готового изделия, оставляя за собой базовые операции выработки концепции и проектирования продукции. Передача части своих функций на аутсорсинг не отменяет необходимости контролировать и интегрировать все процессы. Для того, чтобы виртуализация производства происходила не в ущерб конечному результату и с максимальной экономической отдачей, компаниям необходимы технологии, объединяющие и автоматизирующие все разрозненные этапы жизненного цикла изделия, создающие интегрированную среду коллективной работы, где каждый участник производственной цепочки имеет в реальном времени доступ к нужной ему информации по изделию.

- Цифровая фабрика предполагает создание 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 соответствие 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, многодисциплинарная, 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 (аддитивное производство, многофункциональные обрабатывающие центры на базе станков с ЧПУ и др.). [1]

Создание цифровых фабрик в индустрии моды направлено на достижение трех основных целей:

- 1) кардинальное изменение в производительности, качестве и эффективности производственного процесса одежды; радикальное сокращение времени и стоимости проектирования и разработки продукта путем прямого 3D проектирования и виртуального моделирования ткани и швейного изделия, оценки посадки и комфорта на динамических виртуальных манекенах, соответствующих реальным потребительским морфотипам, прогнозирования стоимости и технологичности;

- 2) радикальный реинжиниринг и автоматизация принятия решений для ключевых задач изготовления изделия: значительного сокращения затрат труда в швейном производстве при значительном увеличении качества;

- 3) интеграция всех отдельных процессов и технологий в высокоэффективные и гибкие производства, обеспечивающие радикальное движение в сторону быстрой реакции на запросы потребителей и развертывания географически распределенных производственных сетей.

Достижение указанных целей невозможно без обеспечения сквозного процесса производства с применением электронного документооборота с возможностью вносить изменения и дистанционно контролировать процессы производства. При этом заказчики смогут получать информацию о конечном виде будущего изделия и удаленно согласовывать его количественные и качественные характеристики.

Это позволяет сместить центр тяжести на этап проектирования, которое выполняется в цифровом виде на основе современных средств компьютерного моделирования, включая весь набор необходимых испытаний. Такое решение имеет ряд преимуществ, в том числе значительно ускоряет и удешевляет устранение ошибок, позволяет оперативно реагировать на изменения рынка, а также войти в окно возможностей раньше конкурентов. [2]

Одной из причин низкой мобильности производства, и в свою очередь, недостаточной конкурентоспособности отечественных производителей одежды является высокая

трудоемкость проектных работ. Традиционный подход к получению лекал с помощью 2d САПР не обеспечивает получения требуемого результата при первичных расчетах, что вызывает необходимость изготовления пробных образцов с последующей корректировкой лекал, выполняемой итерационно от 3 до 5 раз в зависимости от сложности модели.

Развитие автоматизации конструкторских работ направлено на применение трехмерных САПР, решающих задачи прогнозирования, создания и развертывания объемной формы одежды в виртуальном пространстве. Проведенный анализ систем трехмерного проектирования одежды показал, что большинство из них (Lectra, Франция; Optitex, Израиль; Assyst, Германия; Gerber, США; Marvelous Designer, Корея и т.д.) нацелено на обеспечение возможности увидеть будущую форму изделия при помощи процесса, называемого «виртуальной примеркой», то есть симуляции сшивки деталей и «надевания» их на виртуальный манекен. Такой подход имеет сходство с существующим процессом конструкторско-технологической подготовки производства: достижение желаемой формы изделия путем последовательных итераций двумерных лекал, разработанных графо-аналитическими способами. Однако процесс проводится без участия заказчика, с виртуальным аналогом материала, путем автоматической сшивки полученных лекал и формообразования изделия под действием внешних и внутренних сил [3]. В случае неудовлетворенности получившейся объемной формой изделия проектировщик выбирает необходимые действия по модификации лекал. Несмотря на то, что изменения можно вносить как в 2D, так и в 3D, количество итераций зависит от экспертных навыков пользователя и зачастую требует профессионального образования. С другой стороны, благодаря прямому физическому моделированию с учетом свойств материалов, применению текстур и анимации, конструктор и заказчик могут оценить внешний вид будущего изделия и его посадку, в том числе и в динамике. Данный подход во многом решает обозначенную выше задачу устранения ошибок непосредственно на этапе проектирования.

Другое направление предусматривает переход от трехмерной поверхности фигуры к трехмерной модели одежды и автоматизированное получение лекал инженерными методами построения разверток. Данный подход реализован в отечественных системах СТАПРИМ, АССОЛЬ 3D parametric, BustCad [4]. Достоинство такого подхода заключается в том, что проектирование базируется непосредственно на желаемом внешнем виде изделия, его объемной форме и посадке на фигуре заказчика. Это позволяет всем участникам производственного процесса сразу иметь единое представление о будущем изделии, тем самым избежать повторяющихся этапов двумерного и трехмерного проектирования, значительно снизить требования к профессиональным навыкам конструктора. Несмотря на высокую точность разверток, данные системы требуют дальнейшего совершенствования процессов в части учета свойств материалов.

Практически ни одна из существующих сегодня САПР одежды не гарантирует возможность получения задуманного изделия таким, каким его задумал дизайнер. Конечный результат во многом зависит от опыта и интуиции конструктора и технолога.

Для устранения описанных выше недостатков представляется целесообразным реализовать автоматизированный итерационный процесс получения разверток (лекал) изделия с учетом физических свойств материалов, с возможностью коррекции как двумерных лекал так и трехмерной формы. Стадиями этого процесса являются:

- создание виртуального манекена типовой или индивидуальной фигуры,
- создание трехмерной формы изделия непосредственно на манекене,
- автоматическая развертка деталей изделия и получение плоских лекал с учетом формовочных свойств материалов,
- прямая физическая симуляция посадки с полным учетом свойств материалов и воздействия на мягкие ткани манекена, отображение карт деформаций,
- выявление несоответствий с желаемой формой изделия и автоматическая коррекция лекал.

Преимуществами подобного подхода являются:

- возможность быстро проектировать изделие сразу в «конечном виде», обойтись без этапа построения базовой и модельной конструкции по одной из принятых методик,
- высокая степень автоматизации процесса получения лекал, не требующая высокой квалификации конструктора,
- более точная визуализация посадки изделия на конечного пользователя с учетом свойств конкретных материалов,
- отсутствие погрешностей, связанных с особенностями учета свойств материалов при развертывании,
- возможность автоматического перестроения лекал при изменении материалов изделия,
- автоматическая градация изделия и лекал на любые фигуры (как типовые, так и индивидуальные).

Таким образом появляется возможность получения изделий более сложной формы, улучшения качества изделий, повышения уровня индивидуализации изделий, реализации творческих идей без необходимости подстраивать уже существующие методики получения того или иного типа изделия.

Получаемые трехмерные модели одежды с адекватным отображением их визуальных и физико-механических свойств могут применяться в «виртуальных примерочных». Интеграция с Web-сервисами интернет-магазинов одежды, виртуальных ателье позволит предприятиям перейти на дистанционный прием заказов и концепцию self-design (потребитель сам проектирует модель на интернет-портале производителя с помощью размещенных на нем Web-сервисов) с последующей передачей их в наиболее выгодный участок распределенного производства.

Рассмотрим основные проблемы, сдерживающие повсеместное внедрение трехмерных САПР одежды и требующие решения для обеспечения возможности создания цифровых фабрик в индустрии моды.

1) Информация о поверхности фигуры. Все трехмерные САПР одежды имеют возможность выбора или трансформации цифровых манекенов любого размера и роста, допускают возможность интеграции с высокоскоростными оцифровывающими устройствами человеческих фигур (бодисканерами), однако база типовых манекенов, имеющаяся в перечисленных САПР, является недостаточной и несоответствующей российским стандартам. Цифровые манекены, используемые в вышеперечисленных системах, 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 (трехмерной градации) при использовании имеющихся в современных САПР математических моделей [5]. 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, и их применение в отечественных САПР позволит повысить адекватность трехмерного проектирования одежды и конкурентоспособность программных продуктов. Кроме того, для проектирования корсетных и утягивающих изделий необходимо моделирование поведения мягких тканей человека (их деформации при сжатии и сдвиге). Конечной целью данного процесса является получение цифровых двойников фигур, позволяющих полностью исключить необходимость традиционной примерки.

2) Прогнозирование формы одежды. Качество прогнозирования формы определяется, прежде всего, наличием и способом привязки поверхности одежды и конструктивных линий,

расположенных на ней, к ключевым точкам манекена. Однако само понятие «форма» применительно к одежде, расположенной на человеческой фигуре и опирающейся на нее, не может быть полностью формализовано. Возможности современных САПР одежды таковы, что оператор может задать практически любую форму одежды, в том числе нереальную и несоответствующую свойствам текстильных материалов (например, выпуклые направляющие на отвесных складках юбки и т.д.). При применении физического моделирования производители САПР вынуждены искать компромисс между временем и ресурсоемкостью симуляции, а с другой стороны точностью моделирования материала и близостью к посадке будущего изделия. Подвижность структуры, наличие сложного переплетения, анизотропность, драпируемость и отсутствие статического положения делает моделирование текстильных материалов во много раз более сложным чем симуляция, традиционно применяемая в машиностроении, архитектуре и других областях.

Отдельную проблему представляет учет свойств дублированных участков деталей, упруго-деформационные свойства которых могут отличаться от соседних (недублированных участков) в десятки раз [6]. При этом форма одежды на жестких (дублированных) участках может значительно отличаться от формы поверхности фигуры, и определяться в первую очередь конструктивными особенностями изделия, в то время как на мягких – в большей степени пластичностью (формовочной способностью и драпируемостью) материала. Для обеспечения симуляции посадки плотно облегающих изделий (спортивные, корсетные, корректирующие и проч.) необходим учет растяжимости материалов, а также изменения формы фигуры (перераспределения мягких тканей тела) под действием одежды [7]. Вследствие этого практически невозможно адаптировать традиционные CAD/CAE системы для моделирования одежды.

3) Учет свойств материалов. Свойства материалов при построении развертки в существующих САПР учитываются недостаточно. Традиционный процесс учета поведения текстильных материалов в одежде в процессе построения развертки опирается на большой эмпирический опыт и экспертные знания, которые плохо формализуются, что затрудняет их применение в трехмерных САПР. Примерами могут служить соблюдение направления нити основы при разворачивании, выпрямление среза детали до прямой линии (край борта), задание максимально-возможной величины посадки или сохранение длин двух срезов и т.п., что обеспечивает возможность изготовления изделия, воспроизведения и сохранения его формы при эксплуатации. На данный момент требования к физико-механическим свойствам текстильного материала, обеспечивающим изготовление изделия заданного внешнего вида, отображаются в виде карт деформаций, возникающих при трансформации детали одежды из трехмерной в двумерную.

Существующие САПР для «виртуальной примерки» для учета свойств материалов предлагают инструменты для эмпирического подбора параметров математической модели ткани, что существенно снижает адекватность симуляции посадки изделия. Повышение адекватности моделей одежды, задаваемых в трехмерных САПР, возможно применением в математических моделях данных о способности текстильных материалов к образованию объемной формы.

Таким образом, настоящее время не существует практически применимой универсальной модели физико-механических свойств текстильных материалов, позволяющей получать цифровые двойники заданных материалов, используемые как на этапе построения развертки, так и на этапе симуляции посадки изделия. Необходимо создание универсального цифрового представления материала, а также инженерных методик получения его количественных характеристик. Это даст возможность формирования базы данных свойств материалов, которая может пополняться несколькими участниками, в том числе самими производителями материалов.

4) Сенсорная составляющая в трехмерном проектировании. Дополнительной проблемой при виртуальной примерке одежды является исчезновение сенсорной составляющей, которая определяет ощущение комфорта или дискомфорта, и зависит не

только от конструкции одежды, но и от индивидуальных особенностей потребителя. Степень удовлетворенности потребителей одеждой зависит от множества хорошо известных факторов, обусловленных взаимодействием фигуры и одежды, часть из которых не может быть воспроизведена в условиях виртуального проектирования (например, давление одежды в зонах максимального контакта). В ряде зарубежных САПР, в частности Assyst, существует возможность прогнозирования давления одежды на поверхность тела, для чего разработаны цветовые шкалы, градуированные по зонам значений. Однако эти шкалы являются грубым приближением, основанным на единичных показателях и не согласованы с сенсорными ощущениями. Экспериментальная проверка показала условность такой информации, которую нельзя считать достоверной в большинстве случаев [8]. 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. 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 трехмерному проектированию одежды важными задачами являются:

- 1) создание базы трехмерных виртуальных манекенов типового телосложения;
- 2) создание методик кастомизированного производства на индивидуальные фигуры при дистанционном приеме заказа;
- 3) совершенствование методов учета свойств материалов при разворачивании и симуляции посадки изделия;
- 4) разработка методики создания базы материалов и алгоритмов их учета 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).

ЛИТЕРАТУРА

1. А.И. Боровков, О.И. Клявин, В.М. Марусева и др. Цифровая Фабрика (Digital Factory) Института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого – режим доступа <http://fea.ru/news/6387>.
2. Эксперт: "фабрики будущего" смогут работать в 10 раз лучше и быстрее обычных – режим доступа <http://tass.ru/nauka/4032401>
3. Н.Л. Корнилова, А.Е. Горелова, А.В. Смирницкий Трехмерное проектирование плотнооблегающей одежды на индивидуального потребителя // Швейная промышленность. – 2013. -№1 – С.32-33.
4. Корнилова Н.Л., Баландина Г.В., Горелова А.Е. Автоматизированное проектирование корсетных изделий в трехмерной среде //Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2008. № 1. С. 40-44
5. Yan J.Q., Zhang S.C., Kuzmichev V.E., Adolphe D.C. New database for improving virtual system "body-dress" В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 17, Shaping the Future of Textiles. Сер. "17th World Textile Conference, AUTEX 2017: Shaping the Future of Textiles - Fashion, Design and Garment Industry" 2017. С. 172029.
6. С.А. Кокшаров, Н.Л. Корнилова, О.В. Радченко и др. Влияние структурных характеристик термоклеевых материалов на жесткость дублированного пакета // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.- 2016.- №4. – С.96-101
7. Сеницкий, И.А. Моделирование мягких тканей виртуального манекена для проектирования корсетных изделий и белья [Текст] / И.А. Сеницкий, Н.Л. Корнилова, Д.А. Васильев, А.Е. Горелова // Программные продукты и системы. – 2015. - №1. – С.167 – 172
8. Кузьмичев В.Е. Виртуальная реальность как основа новой коммуникативной среды и взаимосвязи производителя и потребителя одежды // Физика волокнистых материалов:

УДК 557.114

ЗЕЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ЗЕЛЕНАЯ ХИМИЯ, ЗЕЛЕННЫЕ НАНОТЕХНОЛОГИИ, ЗЕЛЕНЬ ТЕКСТИЛЬ – ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

GREEN TECHNOLOGY, GREEN CHEMISTRY, GREEN NANOTECHNOLOGY, GREEN TEXTILE – BASE OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Г.Е. Кричевский
G.E. Krichevskii

ООО «Текстильпрогресс», (Москва)
LLC «Textileprogress», (Moscow)
E-mail: gek20003@gmail.com

Рассмотрены определения и принципы «зеленых» технологий, «зеленой» химии, «зеленой» нанотехнологии, «зеленого» текстиля. Все эти технологии ставят перед собой задачу минимально нагружать природу за счет снижения отходов, использования токсичного сырья и полупродуктов, исключения токсичных конечных продуктов; «зеленые» технологии должны быть сырьевыми, энергосберегающими, водосберегающими. Все эти цели достигаются с использованием конвергентных нано-, био-, инфо-, когнитивных технологий. Конечная цель всех «зеленых» технологий обеспечение устойчивого развития цивилизации в 21-ом веке на благо настоящего и будущего поколений. Современная химическая технология текстиля очень далека от требований и принципов «зеленых» технологий. Рассмотрены основные проблемы производства текстиля с точки зрения возможности приближения к «зеленой» технологии.

Ключевые слова: «зеленые» технологии, химия, нанотехнология, текстиль, конвергентные технологии.

The definitions and principles of "green" technologies, "green" chemistry, "green" nanotechnology and "green" textile have been considered in this work. All these technologies aim to minimize the impact on the environment by reducing waste: eliminating toxic end-products while using toxic raw materials and intermediates; "green" technologies should be energy-, water- material- saving. All these goals are achieved by using convergent nano-, bio-, info-, cognitive technologies. The ultimate goal of all "green" technologies is to ensure the sustainable development of civilization in the 21st century for the benefit of the present and future generations. The modern chemical textiles technology is a way far from the requirements and principles of "green" technology. In this article are considered the main problems of textile production from the point of view of the possibility of approaching the "green" technology.

Key words: "green" technologies, chemistry, nanotechnology, textile, convergent technologies.

Рассмотрены принципы и определения «зеленых» технологий (ЗТ), «зеленой» химии (ЗХ), «зеленых» нанотехнологий (ЗНТ), «зеленого» текстиля (ЗТк).

Все они связаны одной общей целью, свести к минимуму негативное воздействие на природу и человека и обеспечить тем самым устойчивое развитие цивилизации в 21-ом веке. Это достигается за счет использования во всех «зеленых» технологиях, в том числе и в перечисленных последних достижениях конвергентных (взаимосвязях) наук и технологий: нано-, био-, инфо-, когнитивных технологий (НБИК) [1], а также научно-практического направления «Бионика».

Целью всех этих «зеленых» технологий обеспечить устойчивое развитие, снижение рисков и угроз от происходящей 4-ой Научно-технологической революции (НТР), направить НТР на благо настоящего и будущего поколений. Основные проблемы производства ЗТк:

- высокое потребление энергии, воды, химикатов и красителей;