

# Технология визуального проектирования параметрических 3D-моделей в AutoCAD 2008



**К**ommerческий успех изделия нередко определяется именно его дизайном. Для разработки концептуального дизайна используются такие известнейшие программы, как, например, Autodesk 3ds Max, Autodesk Maya, Autodesk Alias-Studio, позволяющие создавать реалистичные виртуальные 3D-модели. Тем не менее, существует огромный рынок изделий, изготавливаемых из нежестких материалов, где существующие программы 3D-моделирования неэффективны. Прежде всего это:

- мягкая мебель и предметы интерьера;
- надувные изделия: от спасательных трапов и жилетов до рекламных конструкций;
- аксессуары: сумки, рюкзаки и кейсы для сложной видеоаппаратуры;
- одежда, в том числе водолазное снаряжение и космические костюмы;
- медицинские корректирующие изделия для людей с ограниченными возможностями.

Причины, по которым применение упомянутых программ здесь экономически не оправдывается, можно сформулировать так:

1. **Дорого и долго.** Качественное компьютерное моделирование стоит недешево, высококвалифицированных специалистов не так уж много. Разработка виртуальной модели может занять значительно больше времени, чем ручное макетирование в материале.
2. **Недостаточные функциональные возможности.** Не автоматизируется необходимая и самая сложная часть процесса производства: получение плоских разверток — лекал, из которых затем будет собираться изделие.
3. **Отсутствует сквозная параметризация.** В процессе разработки или после изготовления образца 3D-модель может значительно корректироваться. Одежда изготавливается для людей различного телосложения и, помимо средств корректировки дизайна модели, необходима возможность "подогнать" ее под любую фигуру. Без параметриза-

ции каждое изменение 3D-модели — трудоемкий процесс, сопряженный с риском появления ошибок.

Тем не менее, потребность в удобных программах разработки параметрических 3D-моделей велика и в этих отраслях. Применение таких программ позволяет не только повысить качество изделий, но и на порядки сократить затраты средств и времени на их запуск в производство.

Нами была разработана и реализована технология визуального проектирования параметрических 3D-моделей в среде AutoCAD. Ее использование позволяет успешно решать задачи концептуального проектирования, автоматически записывая процесс построения изделия от 3D-модели до двумерных рабочих лекал, передаваемых в производство. Самое главное, что технология легко осваивается и ее несложно применять в практической работе.

Решение реализовано в виде программного комплекса из двух программ: AC-3D Parametric и AC-Showroom. Последняя представляет собой отдельную программу из линейки программных продуктов AC-Design для виртуального "переодевания". Она позволяет быстро визуализировать 3D-модель в материалах, коллекция которых постоянно пополняется российскими поставщиками и производителями ткани и обивки.

AC-3D Parametric реализует технологию визуального параметрического проектирования и разработана как приложение к AutoCAD.

## Команды визуального проектирования AC-3D Parametric

AC-3D Parametric предоставляет пользователю интерфейс визуального проектирования для автоматической записи в LISP-файл (сценарий построения) последовательности выполняемых команд.

Стандартные команды рисования и редактирования AutoCAD, такие как Линия, Сплайн, Дуга, команды копирования, переноса, зеркалирования, обрезания, растягивания и удаления, перенесения на заданный слой и другие, были

адаптированы для автоматической записи. Дополнительно разработанные нами команды можно разделить на несколько категорий:

- Дополнительные средства для работы с кривыми и поверхностями — в том числе команды создания и редактирования поверхностей, такие как натягивание поверхности на набор кривых, построение сечений, построение линии пересечения поверхностей, объединение поверхностей, разрезание и вырезание части поверхности по произвольному контуру, управляемое сглаживание по границе и т.д. Все эти команды также адаптированы для автоматической записи.
- Наиболее интересная, на наш взгляд, часть интерфейса — это набор специальных команд развертывания сложных поверхностей на плоскость 3D=>2D. Именно они позволяют реализовать сквозное проектирование от 3D-модели до плоских лекал, из которых собирается изделие. В командах используются разработанные нами алгоритмы развертывания на плоскость неразворачиваемых сложных поверхностей. Алгоритмы развертывания позволяют учитывать свойства материала и особенности изготовления изделий. Команды, реализующие алгоритмы развертывания, поддерживают средства визуального контроля напряжений, возникающих на поверхности при ее развертывании на плоскость. А эти средства, в свою очередь, позволяют быстро подобрать параметры алгоритма развертывания для конкретной поверхности — например, необходимое число и расположение разрезов. Следует отметить, что алгоритмы прошли проверку на практике. В интерфейс AC-3D Parametric входят как параметрические варианты команд развертывания, так и непараметрические, которые используются для предварительной настройки параметров алгоритма развертывания для каждой сложной поверхности. После этого

команда развертывания конкретной поверхности с подобранными параметрами записывается в сценарий построения.

- Набор команд для работы на плоскости обеспечивает быстрый перевод разверток поверхностей в лекала, а также достраивание производных лекал: подкладочных, проклеивающих и др. Таким образом, реализовано получение рабочего комплекта лекал изделия, причем этот комплект автоматически изменяется при внесении изменений в 3D-модель.
- И, наконец, набор команд, обеспечивающих собственно технологию параметрического визуального проектирования. Прежде всего это команды создания и редактирования опорных параметрических точек построения, а также команды задания и редактирования параметров. Следует подчеркнуть, что использование функций геометрического калькулятора AutoCAD при задании параметров значительно расширяет возможности параметризации сценария.

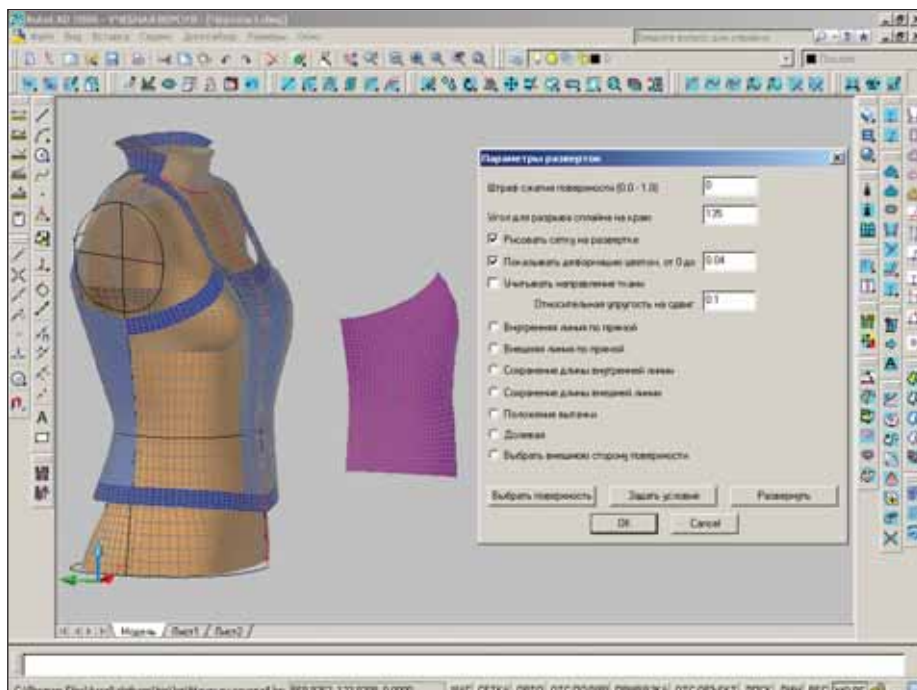
Основой технологии визуального проектирования является механизм опорных параметрических точек построения, которые служат и динамическими регуляторами построенной виртуальной модели. Сейчас поддерживается 22 типа таких точек. Точка поверхности, например, задается и редактируется указанием произвольной точки на поверхности, сохраняя в сценарии барицентрические координаты своего положения относительно заданной поверхности.

Опорные точки создаются через задание параметров или указанием положения на экране монитора, которое трактуется в соответствии с выбранным типом точки. Графически опорная параметрическая точка представляет собой примитив "Точка" AutoCAD.

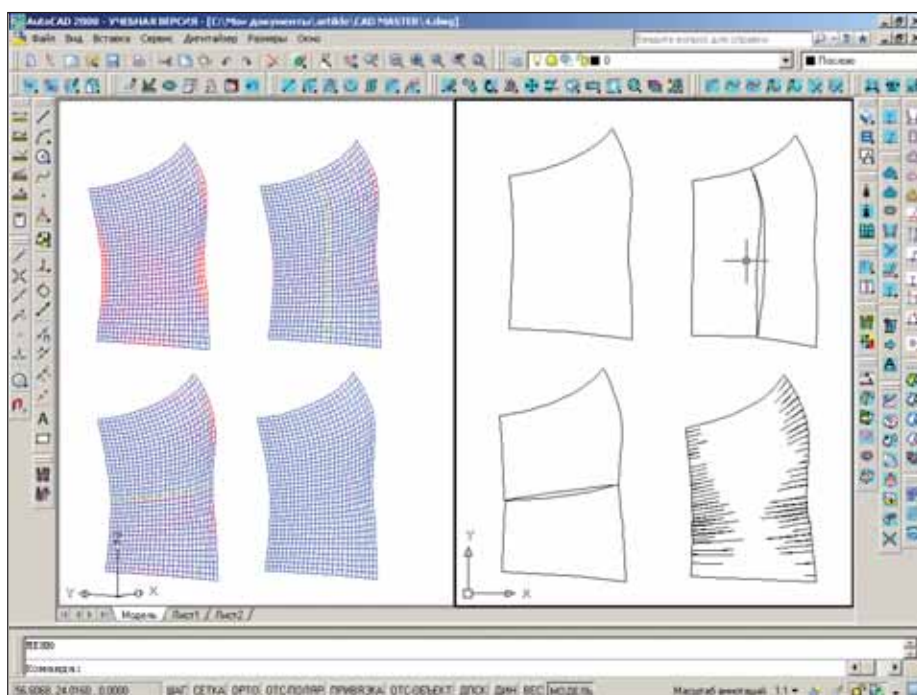
Примитивы — дуги, линии, сплайны, эллипсы и 3D-полилинии — задаются через параметры или строятся на опорных точках. Поверхности опираются на примитивы и соответствующие параметры построения. Опорные точки и параметры используются в большинстве команд AC-3D Parametric исходя из задач, решаемых при построении модели.

### Внесение изменений в 3D-модель с помощью параметров и опорных точек построения

Параметры и опорные точки предназначены для быстрого внесения изменений в модель. По существу, любое изменение модели за счет изменения параметров или координат точек — это изменение автоматически сгенерированного



Диалоговое окно настройки параметров алгоритма развертки для растяжимых материалов



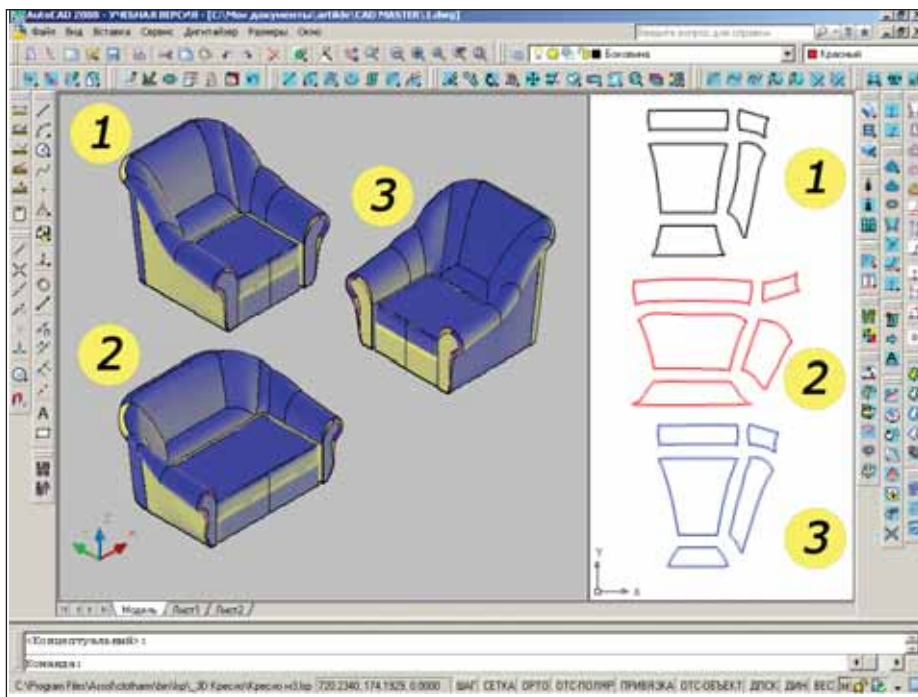
Варианты развертки боковой детали жакета с различными параметрами алгоритма (показана визуализация деформаций при различных положениях разрезов и вариант развертки при условии полной нерастяжимости материала)

в процессе первоначальной записи LISP-файла, реализующего построение модели. Впрочем, специалисту, работающему в AC-3D Parametric, помнить об этом не обязательно: в его распоряжении набор удобных команд визуального редактирования 3D-модели.

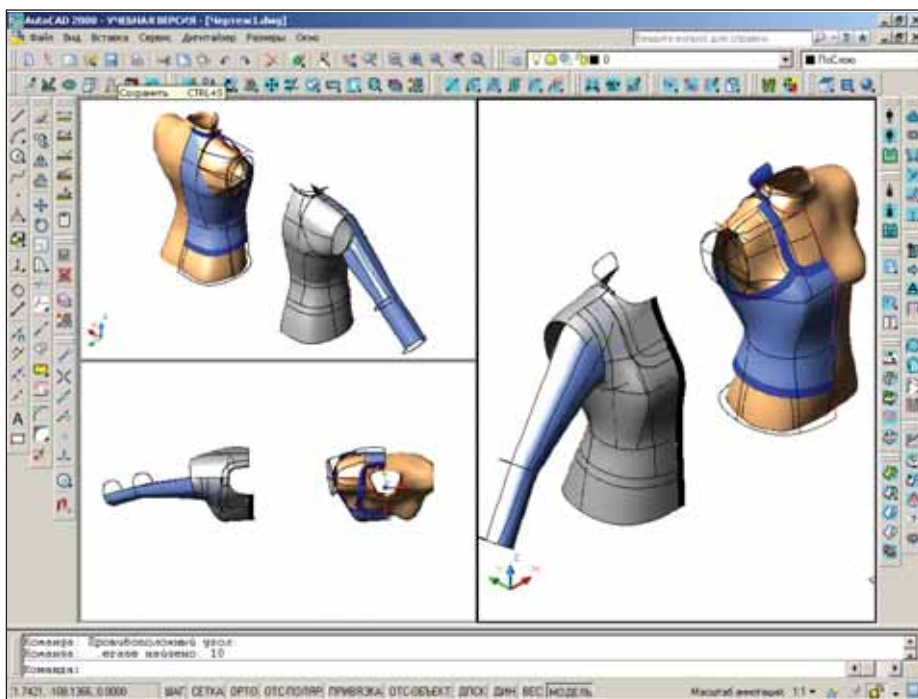
Параметры — числовые значения и формулы, введенные в процессе построения модели, — просматриваются, сортируются и изменяются в таблице параметров. Для управления положением опорных точек предусмотрен набор команд

просмотра и редактирования информации, связанной с каждой точкой в сценарии. Информацию можно получить непосредственно с графического примитива "Точка", указав его на экране. Формулы, задающие положение точки, доступны для редактирования. Когда пользователь перемещает точку на экране, формулы автоматически изменяются в соответствии с типом точки. Если же при этом включен соответствующий переключатель режима редактирования, автоматически перестраивается и 3D-модель.





Варианты 3D-модели кресла и лекала спинки: 1) исходный вариант, записанный конструктором; 2) изменены параметры построения: ширина и высота сиденья, высота спинки, сзади увеличено скругление нижней части кресла, изменена форма боковины; 3) результат изменения формы спинки кресла с помощью регуляторов. Изменены выпуклости и формы линии соединения спинки с боковой частью



Этап записи построения модельного жакета на манекене женщины 44-го размера, стандартного телосложения

## Редактирование последовательности построения 3D-модели

Нередко случается, что полностью или частично разработанная модель требует значительной корректировки на одном из этапов построения или после изготовления образца — причем эту корректировку невозможно выполнить с помощью редактирования параметров и опорных точек. Например, необходимо изменить кривизну поверхности в задан-

ной области и для этого требуется ввести дополнительную сплайновую кривую с определенными параметрами. AC-3D Parametric предоставляет средства удаления или вставки необходимого количества команд в любом месте сценария. Тем самым обеспечивается удобный механизм автоматического внесения серьезных изменений в сценарий построения, позволяющий сохранить основные результаты разработки изделия 3D => 2D.

## Комбинаторное проектирование в AC-3D Parametric

Очень часто, работая в определенном ассортименте изделий, конструктор проектирует примерно похожие узлы виртуальных 3D-моделей. Возникает естественное желание использовать единожды построенные и отработанные узлы в новых моделях, соответствующим образом настраивая параметры построения.

В AC-3D Parametric разработан механизм проектирования специальных сценариев — параметрических блоков построения или макросов, которые можно использовать в различных моделях. Например, при проектировании кожаных изделий, рюкзаков или сумок очень часто используются карманы. Карман имеет определенный набор параметров: ширину, высоту, глубину, размер клапана, кнопки и т.д. Он должен располагаться на поверхности и быть определенным образом ориентирован относительно этой поверхности. AC-3D Parametric предлагает специальную команду автоматической записи запроса на указание. Если в нашем конкретном случае записать запрос на указание поверхности расположения кармана и запрос на указание линии его ориентации, которая должна располагаться на этой поверхности, то, записав далее само построение кармана, мы получим параметрический блок или макрос, написанный на AutoLISP.

Параметрические блоки предоставляют возможность создать собственную базу параметрических блоков или макросов и производить комбинаторное проектирование на уровне сценариев. Специальная команда сборки обеспечивает связывание макросов с текущим сценарием и позволяет значительно ускорить разработку 3D-моделей.

## Технология быстрой визуализации 3D-модели в материалах

Для изделий, изготавливаемых из ткани, а также из натуральной и искусственной кожи различной фактуры, исключительно важна визуализация и оценка 3D-модели в материалах. На производстве наиболее актуальной является визуализация модели в модных и доступных для приобретения коллекциях материалов.

Благодаря популярности программы "Ассоль-Дизайн" (виртуальное "переодевание" модели по фотографии) поставщики и производители постоянно обновляют электронные коллекции тканей и обивочных материалов. В новой версии AC-Showroom эти коллекции доступны для "переодевания" 3D-моделей.

Программа AC-Showroom обеспечивает наглядные средства для быстрого подбора колористического решения 3D-

моделей, изменения направления рисунка и просмотра результата в динамике.

Подбор цветового решения 3D-моделей представлен в сети Internet ([www.s-room.ru](http://www.s-room.ru)).

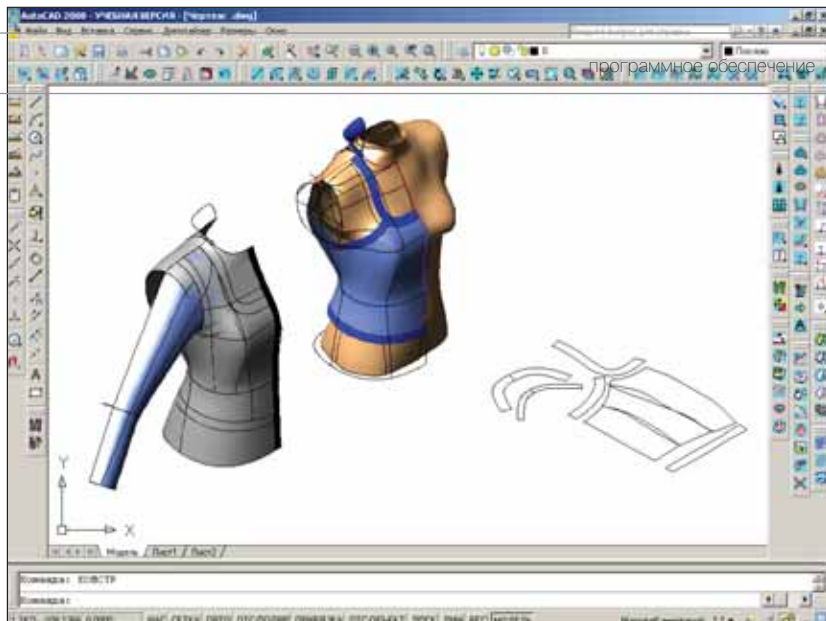
### Заключение

Отдельные элементы представленной технологии визуального проектирования успешно используются в производстве, а ее полная версия проходит апробацию в нашем Центре и в ряде заинтересованных организаций. По нашим оценкам и результатам апробации, использование технологии визуального проектирования может принести большую пользу конструкторам, работающим в области проектирования нежестких конструкций, многократно повысив производительность их труда. Кроме того, она позволит реализовать новые оригинальные решения в области дизайна и технологии производства изделий, медицине и пр.

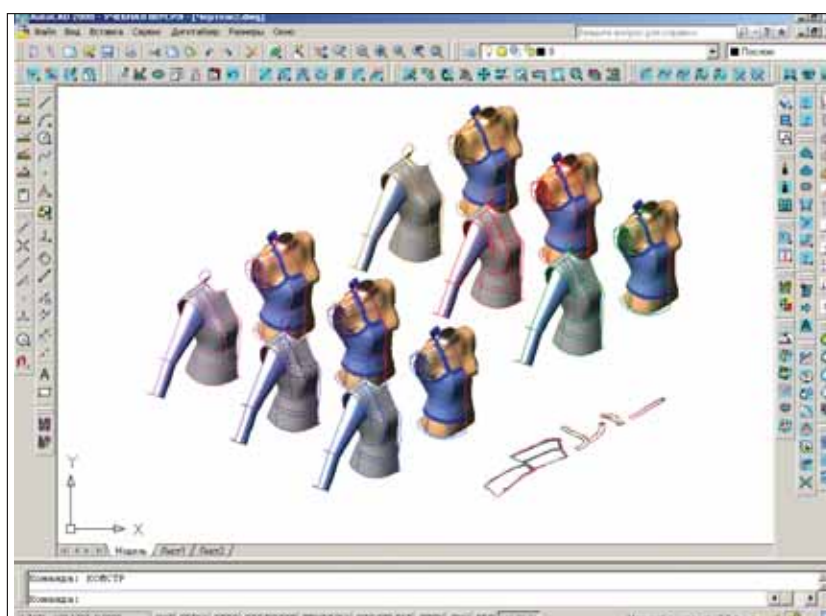
Мы считаем предложенный нами подход к проектированию 3D-моделей в AutoCAD новым и перспективным для упомянутых областей применения и планируем его дальнейшее развитие.

Будем благодарны за ваши комментарии, которые можно присылать по адресу [sapr@assol.mipt.ru](mailto:sapr@assol.mipt.ru) или [assolino@mail.ru](mailto:assolino@mail.ru).

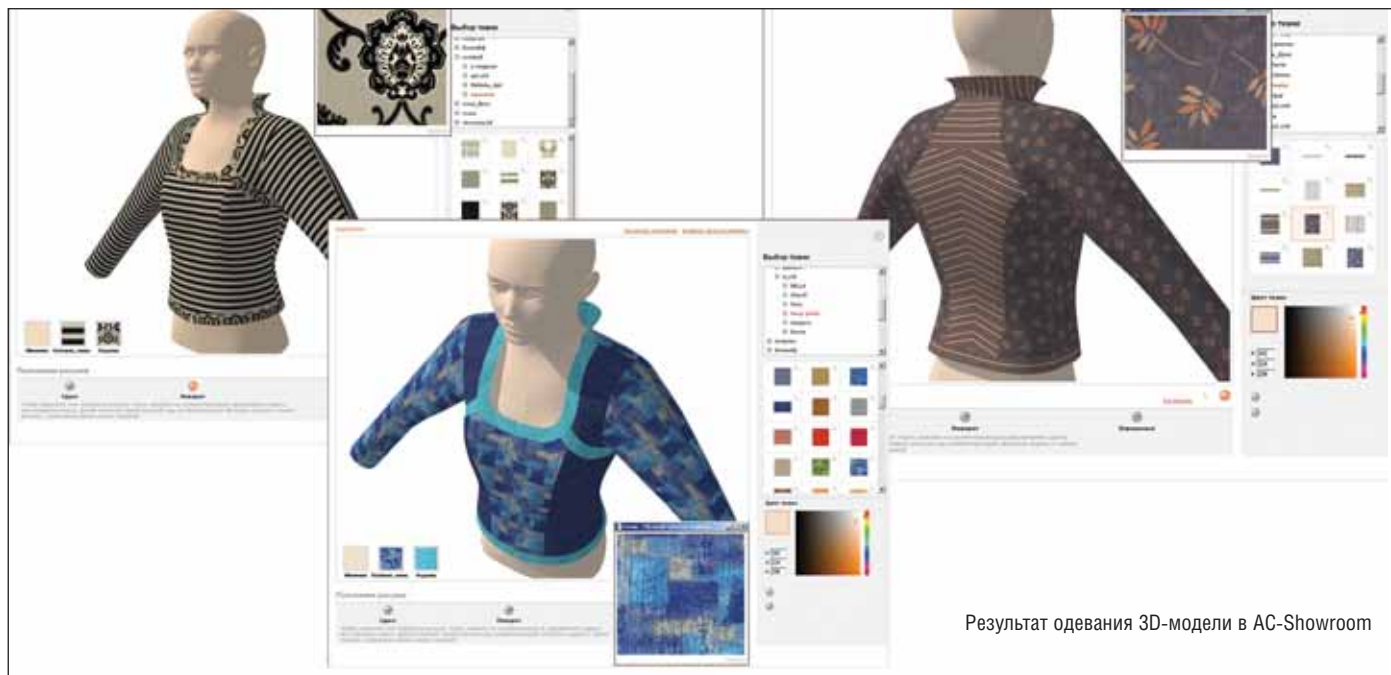
*Марина Андреева,  
ООО "Центр-Ассоль"  
к.т.н., руководитель  
разработок САПР АССОЛЬ  
Тел.: (495) 408-8877, 409-9352  
E-mail: [sapr@assol.mipt.ru](mailto:sapr@assol.mipt.ru)*



Этап записи построения модельного жакета с развертками лекал



Результат автоматического выполнения записанного сценария построения для фигур стандартного телосложения размеров 44, 46, 48 и ростов 164 и 170



Результат одевания 3D-модели в AC-Showroom