

УДК 739.2

А.В. Вовк, В.С. Кузнецова, Н.Н. Некрасова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ

*Исследованы особенности процесса автоматизации в моделировании ювелирных изделий. Определена стратегия автоматизации, а также определены критерии создания плагинов для расстановки камней, что является одним из существенных этапов 3D моделирования. Определены необходимые функции плагина.*

**Ключевые слова:** плагин, grasshopper, процесс расстановки камней, моделирование ювелирных изделий.

### Введение

Одним из существенных этапов 3D моделирования является расстановка камней. Чем больше на украшении камней, тем больше времени занимает процесс расстановки вручную. На данном этапе целесообразной является максимальная автоматизация процесса, например, использование специальных плагинов, позволяющих создавать алгоритмы, проводить гибкую настройку процесса расстановки камней. Также удобно использовать стандартные готовые библиотеки камней, крапанов, кастов, выборок под камни, а не строить их каждый раз с нуля.

**Цель работы** – исследовать особенности процесса автоматизации при моделировании ювелирных изделий, определить критерии создания плагинов для расстановки камней и их функции.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- проанализировать достоинства и недостатки применения автоматизации в процессе 3D моделирования ювелирных изделий;

- определить стратегию автоматизации;

- разработать критерии для плагинов;

- определить необходимые функции создаваемого плагина: в том числе возможность расстановки камней по заданной кривой и по поверхности, с учётом технологических особенностей ювелирного производства;

- разработать алгоритм создания ювелирного изделия с учётом полученных результатов.

Преимущества автоматизации процесса 3D моделирования ювелирных изделий заключаются в следующем:

- повышенная производительность;

- улучшение качества модели, за счет повышения точности при моделировании;

- сокращение времени операций и времени обработки;

- снижение прямых затрат человеческого труда;

- стандартизация технологии расстановки камней, за счет выработки единого алгоритма работы.

Результат автоматизации – стандартизация технологии работы, уменьшение количества ошибок и увеличения точности при создании 3D модели ювелирного изделия, оптимизация временных затрат на определенные операции. Основным недостатком автоматизации является то, что автоматизированная система может иметь ограниченный уровень интеллекта, и, следовательно, более восприимчива к совершению ошибки за пределами своей непосредственной сферы знаний [1].

В создании ювелирных изделий плагины и скрипты служат для упрощения и автоматизации процесса моделирования. Они объединяют несколько простых операций в одну. Там, где требовалось использовать несколько команд и несколько сторонних программ, достаточно одного плагина. Дополняют функционал основной программы, например, содержат в себе библиотеки драгоценных камней, вырезок под них, кастов и крапанов.

### Анализ существующих плагинов

Существуют различные плагины и скрипты для программ 3D моделирования, используемых при создании ювелирных изделий, в частности Rhinoceros [2]. Их можно разделить на несколько групп по функциональности: программы для параметрического моделирования и автоматизации создания моделей; для непосредственного создания моделей и работы с камнями; подготовки модели к печати; представления модели заказчику.

T-Splines for Rhino – подключаемый модуль для системы трехмерного моделирования Rhino, позволяющий создавать и редактировать сложные органические поверхности на основе технологии T-сплайнов, которая является гибридом полигонального и NURBS-моделирования.

Он позволяет разработчикам создавать пластичные органические формы, быстро и легко их ре-

дактировать, экспортировать модели без дополнительного конвертирования.

Плагин добавляет несколько новых операций и инструментов, чтобы генерировать поверхности свободной формы как в полигональном моделировании. T-Splines можно использовать для создания всей модели, или только для того, чтобы добавить органичные компоненты к моделям Rhino. Его использование даёт пользователям возможность простым, интуитивно понятным способом изменять форму модели, и помогает дизайнерам сократить время между воображением и фактической 3D моделью.

Построение древовидных поддержек в Rhinoceros для установок быстрого прототипирования, таких как Digital Wax или некоторых моделей Envisiontec Perfactory – крайне трудоемкий процесс, если выполнять его вручную. Специальный плагин BelSupport позволяет практически полностью автоматизировать процесс создания древовидных поддержек.

Скрипт Find Clearance & Thickness – функциональный и удобный инструмент для быстрого изменения технологических толщин модели.

Плагин Iris WebGL Exporter для Rhino позволяет детально рассмотреть модель без возможности использования ее для изготовления прототипа, что актуально при демонстрации модели заказчику.

Плагин Edge Softening. Позволяет смягчить резкие края в моделях, подготавливая их к более реалистичному рендеру. Жесткие грани на моделях под производство не очень подходят для рендеринга. Существует специальный плагин, позволяющий задавать псевдоскругления для всех граней модели за пару простых операций.

При расстановке камней существуют два подхода.

1. Возможно совмещение стандартных команд приложения и простых скриптов, например, плагин, содержащий только библиотеку камней, или GGMoveAlongNormal – плагин для перемещения объектов вдоль нормали, проведенной от габаритного центра объекта до базовой поверхности, позволяющий точно позиционировать расстояния.

Достоинство – простота подхода.

Недостатки:

- возникновение ошибок при использовании нескольких дополнений из-за малой совместимости;
- недостаточная автоматизация процесса.

2. Использование сложного специализированного дополнения, например TechGems, Jewelerscad, JBD GemsTools, с помощью которого производится расстановка камней без дополнительных расширений.

Плагин TechGems позволяет создать сложные ювелирные изделия, где металлическая основа уни-

зана большим количеством камней, и быстро вычислить общий вес камней и точный вес металла.

Достоинства:

- при вставке камня можно выбрать его позицию, угол поворота, масштаб и определить с помощью клавиатуры размер в миллиметрах;

- позволяет менять конфигурацию, сделанную в Rhinoceros, чтобы улучшить визуализацию ювелирных изделий, применяя эффект отражения световых лучей от металлов и камней.

Недостаток – он предназначен для конфигурирования самих камней, а не для их расстановки.

На рис. 1 представлен пример настройки камней TechGems.

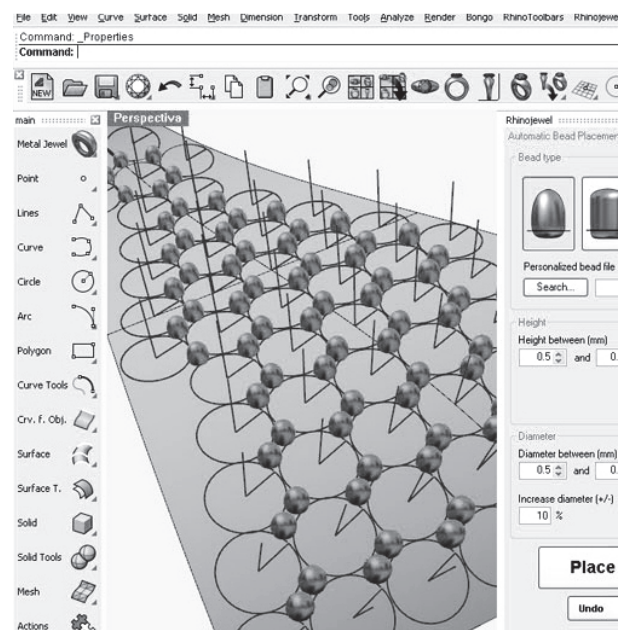


Рис. 1. Пример настройки камней TechGems

Jewelerscad – это плагин, позволяющий довольно просто производить расстановку камней и корнеров [3].

Достоинство – использование оригинального и удобного способа назначения систем локальных координат.

Недостатком является отсутствие библиотек камней и, соответственно, возможностей их конфигурации.

Плагин JBD GemsTools обладает довольно большой библиотекой качественных ювелирных вставок, позволяет выполнять расстановку камней по кривой, лежащей на поверхности.

Достоинством является наличие библиотеки качественных ювелирных вставок.

Недостатки:

- плагин не поддерживается на данный момент;
- недостаточная автоматизация расстановки камней.

Проведя анализ существующих дополнений для автоматизации проектирования ювелирных из-

делий можно сделать следующий вывод. Недостатками дополнений созданных для этой операции является недостаточная автоматизация процесса расстановки камней, отсутствие в некоторых из них библиотек камней или возможности их конфигурации.

## **Разработка функций**

Автоматизация процессов представляет собой сложную и трудоемкую задачу. Для успешного решения этой задачи необходимо придерживаться определенной стратегии автоматизации. Она позволяет улучшить процессы и получить от автоматизации ряд существенных преимуществ.

Определим стратегию автоматизации:

- понимание процесса: понять и проанализировать процесс расстановки камней, определить последовательность событий, взаимосвязь с другими процессами;

- упрощение процесса: разбить процесс расстановки камней на простые этапы, сократить не предоставляющие ценность операции;

- автоматизация процесса: выполнять только после того, как процесс максимально упростился.

Одним из важных аспектов автоматизации является использование параметрического подхода к созданию модели, который делает возможным один из плагинов – Grasshopper, представляющий собой графический редактор алгоритмов, тесно интегрированный с инструментами программы Rhinoceros [4].

Grasshopper позволяет создавать: сложнейшие формы, алгоритмы для построения ювелирных изделий различной формы, сложности, размерные и модельные ряды, также он предоставляет возможность применения различных дополнений, позволяющих расширить функционал Rhinoceros путем добавления новых команд, функций или возможностей с одновременным использованием преимуществ параметрического подхода в моделировании.

Оптимальным является создание дополнения к Grasshopper, содержащего библиотеку камней с широкими возможностями их модификации, позволяющего создавать алгоритмы с возможностью гибкой настройки процесса расстановки. Что позволит усовершенствовать и стандартизировать технологию расстановки камней, создавать более точно и качественно модели, уменьшение количества ошибок и увеличения точности при создании 3D модели ювелирного изделия, уменьшить временные затраты при выполнении операции расстановки камней. При создании плагина необходимо придерживаться наличия таких критериев, как наличие библиотек камней, кастов, крапанов, выборки под камни, присутствие гибкого алгоритма расстановки камней по кривой и по поверхности, возможность динамиче-

ской модификации количества и расположения элементов.

Одним из важных аспектов является учет технологических особенностей ювелирного производства, например строгое соблюдение минимальных толщин металла. Для более выверенного создания плагина необходимо использовать стратегию автоматизации, включающую в себя несколько этапов, учитывая при этом особенность сферы применения, критерии и необходимые функции.

Плагины для Rhinoceros имеют расширение .ghp, их оптимально писать на языке программирования C / C ++ с помощью Visual Studio. Плагин Rhinoceros – это динамическая библиотека ссылок или DLL.

Rhinoceros поддерживает пять различных типов плагинов:

- базовый плагин: общая утилита, которая содержит одну или несколько команд;

- импорт файлов: импортирует данные из других форматов в Rhinoceros, может поддерживать несколько форматов;

- экспорт файлов: экспорт данных из Rhinoceros в другие форматы файлов, может поддерживать несколько форматов;

- пользовательский рендеринг: применяет материалы, текстуры и источники света к сцене для создания визуализированных изображений;

- 3D оцифровка: интерфейсы с 3D устройствами оцифровки, такими как MicroScribe, Faro и Romer [5].

Можно сделать вывод, что импорт файлов, экспорт файлов, пользовательский рендеринг и 3D-оцифровка плагинов – все это специализированные расширения плагина общей утилиты. Таким образом, все типы плагинов могут содержать одну или несколько команд. Для плагина расстановки камней целесообразно использовать первый тип.

Проанализировав особенности существующих подходов к процессу расстановки камней, а также функции, достоинства и недостатки существующих плагинов, определим критерии, которым должны удовлетворять плагины, необходимые для автоматизации процесса создания ювелирных изделий.

Необходимые критерии:

- наличие встроенной библиотеки камней [6], присутствие возможности их широкой модификации: масштабирования, изменения формы;

- база крапанов и кастов для крепления камней, присутствие возможности их широкой модификации;

- база выборок под камни, присутствие возможности их широкой модификации;

- возможность дополнять существующие библиотеки под свои нужды.

С учётом данных критериев, создаваемые нами плагины должны выполнять следующие функции:

а) учет технологических особенностей ювелирных изделий для корректного поведения модели при производстве:

1) оптимального расстояния между камнями и их заглубливание в металл;

2) размер выборки;

3) толщина стенок кастов и размер крапанов;

б) расстановка камней по заданным кривым, поверхностям;

в) создание алгоритмов с возможностью гибкой настройки процесса расстановки;

г) возможность перемещения объектов вдоль нормали, проведенной от габаритного центра объекта до базовой поверхности. Применяется, когда нужно приподнять крапана или камни относительно поверхности, по которой они были расставлены;

д) возможность задания и динамического изменения количества элементов, с регулировкой расстояния между ними при помощи ключевых точек.

Для расстановки камней с использованием плагина нужно осуществить выбор поверхности, по которой проводится расстановка и кривой на ней, а потом задать количество камней и начальную и конечную точки. Выборки под камни и нужный тип крепления, например, каст, выбираем из библиотеки.

## Алгоритм создания 3D модели

При создании 3D модели ювелирного изделия рекомендуется использовать оптимальный алгоритм, предложенный в [7]. С учётом расстановки камней (например, ювелирное изделие на рис. 2), этот алгоритм примет следующий вид.



Рис. 2. Кольцо с расстановкой камней

1. Создать «основу» для кольца – окружность, изменить ее месторасположение так, чтобы радиус окружности был параллелен оси Z.

2. Задать радиус окружности.

3. Добавить «слайдер» размеров диаметра, от 15 до 25 мм, добавить деление на два, для задания диаметра, а не радиуса.

4. Добавить заранее нарисованный в Rhinoceros 3D профиль в коллекции Grasshopper.

5. Переместить профиль из нулевой точки вниз, задав отрицательный вектор перемещения на расстояние, равное диаметру.

6. Окружность, задающую диаметр, теперь необходимо удалить, т.к. она уже выполнила свою функцию – задание траектории вращения профиля кольца.

7. Профиль – переместить вниз, добавив отрицательное направление вектору, т.к. по умолчанию направление перемещения положительное.

8. Вращение профиля вдоль оси X задается линией.

9. Операция вращения создает основу кольца.

10. Генерация камня – выбирать его тип и задать размеры камня – длину, ширину либо радиус (в зависимости от типа камня) и его глубину, использование дополнения TechGems.

11. Расстановка камней с помощью скипта GGMoveAlongNormal, а так же стандартных команд приложения либо с помощью плагина Jewelerscad.

12. Создание выборки под камни с помощью стандартных команд приложения. Повторяются пункты 1–9.

13. Создание и установка нужного типа крепления камней (каст, корнера, крапаны) с помощью стандартных средств приложения. Повторяются пункты 1–9.

14. Дополнительные операции, например масштабирование камней, вычисление веса металла, каратности камня, при необходимости (TechGems).

15. Для возможности экспорта модели из Grasshopper в Rhino для последующей работы с ним выбрать пункт Bake для того участка алгоритма, который задает данный объект и выбираем его слой.

Такой алгоритм в среде Grasshopper будет иметь вид, как представлено на рис. 3.

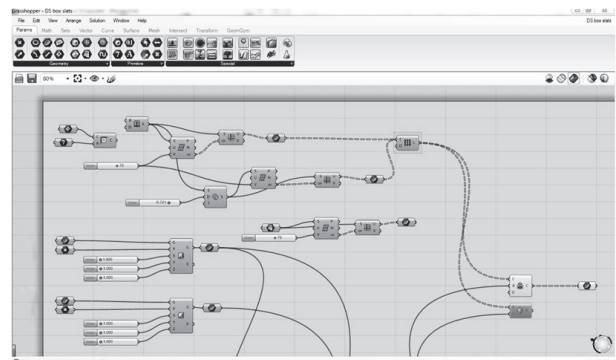


Рис. 3. Алгоритм создания 3D модели стандартными средствами

Плагин, удовлетворяющий разработанным критериям и выполняющий необходимые функции, выполнит следующие шаги: 11 – расстановка камней, 12 – создания выборки под камни, 13 – закрепки

