

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ

УДК 624.081

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЕРХНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2023 А. П. Суворов, Д. Ю. Левин, С. Д. Кандыба

Воронежский государственный технический университет (Воронеж, Россия)

Аннотация: В статье приводится анализ методов реализации поверхностного моделирования на этапе разработки и проектирования изделия. В статье предложена классификация видов поверхностного моделирования в современных условиях производства. Приводится подробное описание особенностей NURBS моделирования на основе степени непрерывности соединения участков поверхностей (G0-G3). Даны рекомендации по использованию методов поверхностного моделирования для повышения эксплуатационных характеристик будущего изделия и снижения экономических затрат при производстве.

Ключевые слова: поверхностное моделирование, Кривые Безье, цифровое проектирование изделия, NURBS.

На сегодняшний день поверхностное моделирование широко применяется в разных видах цифрового моделирования, используемых в промышленном дизайне, архитектуре, киноиндустрии и т. д. Обладающие широким набором инструментов технологии моделирования позволяют получить сложные поверхности разной степени кривизны [1].

В связи с этим большинство производителей стремятся к использованию такого рода поверхностей так как они способствуют обеспечению максимальной надежности, функциональности, привлекательности, что повышает качество выпускаемой продукции и способствует повышению экономической эффективности производства при меньших трудовых, финансовых и временных затратах. Отсюда следует, что важно использовать соответствующие подходы и методы проектирования изделий с учетом развития техники и технологий.

До применения компьютерного проектирования для разработки предметов промышленного назначения осуществлялась

подготовка набора технической документации, разрабатываемого с помощью специальных чертежных средств – линеек, транспортиров, лекал, циркулей. В авиастроении инженерам была необходима образцовая модель в натуральную величину, по которой сверялись последующие проектируемые воздушные судна.

Внедрение более мощной вычислительной техники во второй половине прошлого столетия позволило лучше исследовать физические свойства кривых и воспроизводить их с математической точностью. Впервые научное исследование о сплайнах было заявлено Пьером Безье и Полем де Кастельжо, которые работали в автомобильных компаниях независимо друг от друга в одно и то же время. Ими была разработана процедура описания поверхностей, созданных из кривых, контролируемых в промежуточных точках (рис. 1) [2].

Суворов Александр Петрович – Воронежский государственный технический университет, канд. техн. наук, доцент., e-mail: alex_diz@inbox.ru.

Левин Дмитрий Юрьевич – Воронежский государственный технический университет, ст. преп.
Кандыба Софья Дмитриевна – Воронежский государственный технический университет, студент.

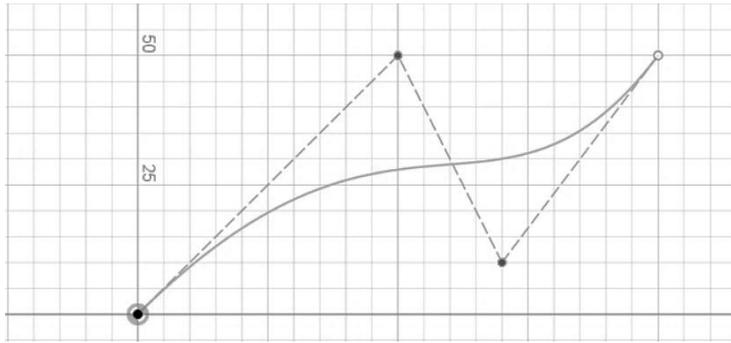


Рисунок 1. Пример реализация Кривой Безье

С развитием технологий кривые, получившие название кривые Безье, легли в основу создания NURBS кривых. Неоднородный рациональный B-сплайн (Non-Uniform Rational B-spline) представляет собой математическую форму, применяемую в компьютерной графике для генерации и представления кривых и поверхностей. Каждая NURBS представляет собой математическую функцию, которая определяет форму кривой. Она может быть использована для описания и отображения сложных объектов (рис. 2) [3].

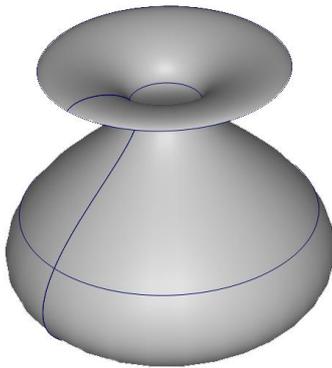


Рисунок 2. NURBS моделирование

Для создания 3D объектов применимо также и полигональное моделирование. В основе метода лежит принцип соединения граней (полигонов) тела, образующих его форму и многоугольную сетку. Полигональное моделирование, как наиболее гибкая технология редактирования объектов, позволяет создавать любую форму примитива, не привлекая объемные математические вычисления, и зачастую применяется для конечной визуализации изделия (рис. 4) [5].

Существует несколько типов сплайнов. Если NURBS поверхность определяется набором контрольных точек, лежащих топологически в прямоугольной сетке, то, например, T-сплайновые кривые не привязываются к четырехугольным граням, а могут образовывать соединение в разных частях сетки, что расширяет возможности изменения формы изделия (рис. 3) [4].



Рисунок 3. Моделирование на основе T-сплайнов

Можно заключить, что поверхностное моделирование делится на следующие группы, представленные на рисунке 5.

Несколько кривых, входящих в составную NURBS без изменения кривизны, задаются контрольными точками со свойствами, позволяющими сохранить непрерывность соединения кривых. Для соединения составной NURBS кривой без изгибов необходимо задать контрольную точку (Knot), сохраняющую кривизну промежуточных кривых.

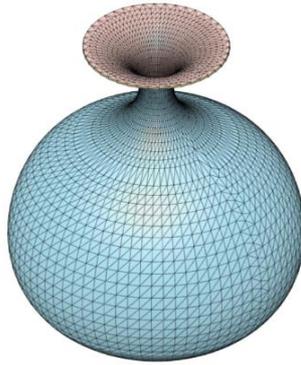


Рисунок 4. Полигональное моделирование

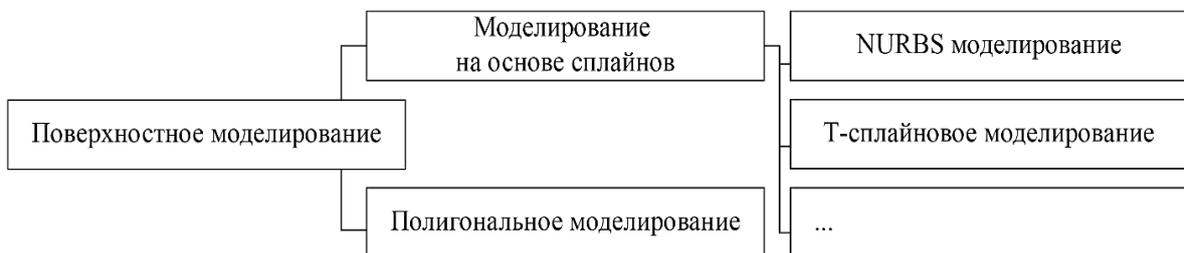


Рисунок 5. Виды поверхностного моделирования

Не менее важно сохранять непрерывность соединения кривых. Большинство САПР позволяет соединять кривые и поверхности с непрерывностью по расположению

(G0) (рис. 6-7), касательной (G1) (рис. 8) и кривизне (G2) (рис. 9) [6].

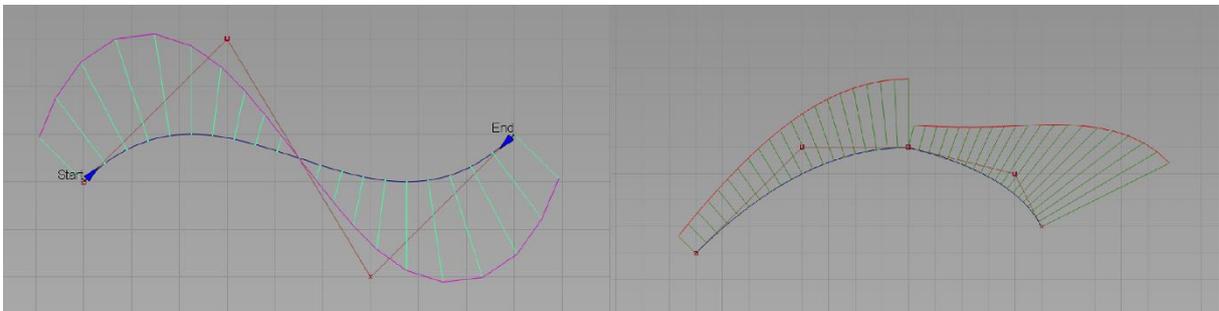


Рисунок 6. Построение сплайна с нормальями

Рисунок 7. Непрерывность G0 по расположению

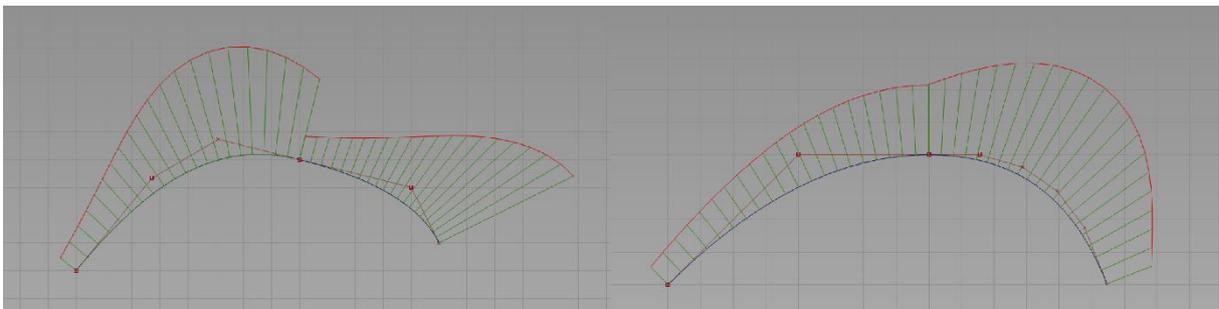


Рисунок 8. Непрерывность G1 по касательной

Рисунок 9. Непрерывность G2 по кривизне

Технология NURBS обеспечивает реализацию ряда функциональных возможностей, неосуществимых при полигональном моделировании, что включает в себя вычисление радиуса кривизны, гладкое сопряжение поверхностей. Создаваемые объекты обладают высокими эстетическими свойствами за счет сохранения правильности построения бликов и отражений на поверхности.

Поверхности, соединенные по непрерывности G2, имеют высокий коэффициент запаса прочности, распределяя нагрузку равномерно, что, в свою очередь, позволяет увеличить срок службы изделия и сэкономить на используемых материалах [7].

Таким образом, современным производителям изделий необходимо применять соответствующую технологию поверхностного моделирования для эффективного и качественного производства изделий. В свою очередь стоит отметить, что технологии NURBS моделирования повышают свою актуальность в промышленном производстве и их следует продвигать в других отраслях производства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Короткий В. А. Конструктивные алгоритмы формирования составных кубиче-

ских кривых Безье в пространстве и на плоскости [Текст] / В. А. Короткий // Омский научный вестник. – 2022. – № 2 (182). – С. 10-16. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-182-10-16.

2. Kamermans M. A Primer on Bezier Curves. Учебник по кривым Безье [Текст] / М. Камерманс. – М., 2011-2020.

3. NURBS и САПР. Доступно по: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=14924 (дата обращения: 12.04.2023 г.).

4. Васько А. И. Поверхности класса «А» в условиях мелкосерийного производства / А. И. Васько, Н. И. Гилев. Доступно по: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29959944> (дата обращения: 12.04.2023 г.).

5. Поверхностное моделирование. Доступно по: https://studref.com/605452/tehnika/poverhnostnoe_modelirovanie (дата обращения: 12.04.2023 г.).

6. Autodesk Alias: с чего начать? Доступно по: https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm66_09.html (дата обращения: 12.04.2023 г.).

7. Дизайн – движущая сила успеха. Доступно по: https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm38_aliasstudio.html (дата обращения: 12.04.2023 г.).

USING SURFACE MODELING METHODS IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL PRODUCTION

© 2023 A. P. Suvorov, D. Yu. Levin, S. D. Kandyba

Voronezh State Technical University (Voronezh, Russia)

Abstract: The article provides an analysis of the methods for implementing surface modeling at the stage of product development and design. The article proposes a classification of types of surface modeling in modern production conditions. A detailed description of the features of NURBS modeling based on the degree of continuity of the connection of surface sections (G0-G3) is given. Recommendations are given on the use of surface modeling methods to improve the performance of a future product and reduce economic costs in production.

Keywords: surface modeling, Bezier curves, digital product design, NURBS.