

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ СЛОЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕОСЦИЛЛИРУЮЩИХ ОБВОДОВ ВЫСОКИХ СТЕПЕНЕЙ

Зинченко Ю.В.

Омский государственный технический университет, Омск

Ключевые слова: поверхности изделий, геометрическое моделирование, неосциллирующие обводы, квадратичные формы, теория инвариантов, компьютерное моделирование.

Аннотация. При автоматизированном конструировании поверхностей технических изделий важен процесс создания их математической модели, позволяющий управлять формой неосциллирующих кривых-обводов высокого порядка гладкости по заранее заданным геометрическим и дифференциальным условиям на отдельном участке поверхности. Решение задач интерполирования выпуклой кривой позволяет решать многовариантные оптимизационные задачи по выбору наилучших технических решений.

GEOMETRIC MODELING OF SURFACES OF COMPLEX PRODUCTS USING NON-OSCILLATING CONTOURS OF HIGH DEGREES

Zinchenko Yu.V.

Omsk State Technical University, Omsk

Keywords: product SURFACES, geometric modeling, non-oscillating contours, quadratic shapes, invariant theory, computer modeling.

Abstract. In the automated design of surfaces of technical products, the process of creating their mathematical model is important, which allows controlling the shape of non-oscillating curves-contours of a high order of smoothness according to predefined geometric and differential conditions on a separate surface area. Solving convex curve interpolation problems allows solving multivariate optimization problems in choosing the best technical solutions.

В современном автоматизированном конструировании поверхностей сложных изделий, например, аэродинамические поверхности летательных аппаратов или поверхности лопаток газодинамических турбин, важную роль играет процесс создания их математической модели. Применение сплайнов и полиномов ограничено наличием у получаемых кривых нежелательных осцилляций, устранение которых является важной задачей теории интерполяции. Другим требованием, предъявляемым к сложной динамической поверхности изделия, является её гладкость. Здесь важна не только непрерывность вторых производных кривых линий, но и ограниченность их изменения на малом отрезке, т.е. плавность изменения графика кривизны. Известно, что отсутствие плавного изменения радиуса кривизны на поверхности подобно шероховатости. Поэтому необходимо обеспечить максимальный порядок гладкости технических обводов.

Геометрические свойства сложных поверхностей изделия зависят от свойств составных плоских кривых-обводов. В зависимости от требований, предъявляемых к кривым и поверхностям, конструируют обводы различного порядка гладкости. Поэтому конструирование неосциллирующих обводов

высокого порядка гладкости с заданными свойствами является важной научно-технической задачей. Актуальной задачей является создание современного геометрического метода для получения многовариантных, аналитически описанных неосциллирующих обводов по заранее заданным геометрическим и дифференциальным условиям [1].

В процессе геометрического моделирования сложных технических поверхностей и конструирования линий каркаса этих поверхностей, важно учитывать предварительно заданные условия, а именно, дифференциально-геометрического, технологического, функционального и эстетического характера. Необходимо совмещать широко распространенные инженерные способы и возможности исследования свойств кривых-обводов, присущие классическим математическим методам теории поверхностей. Для улучшения качественных характеристик сложных динамических поверхностей неизбежно требуется повышение порядка гладкости кривых и учёт дифференциальных требований к стыковке в узлах обводов. Выполнение этих требований связано с решением дифференциальных уравнений.

Выделен класс интерполяционных функций для аналитического описания неосциллирующих обводов, параметроносителей каркаса кинематической поверхности, который основан на полиномиально-степенных уравнениях кривых высоких степеней. Для учёта инерционных, динамических и технологических требований, предъявляемых к поверхности изделия, обоснован выбор оптимального интерполяционного уравнения, который накладывает ограничения на непрерывность вторых, третьих и четвертых производных.

Разработан способ нахождения области существования действительных неосциллирующих кривых, на основе теории квадратичных форм и метрических инвариантов. Получена математическая модель сопрягающей кинематической поверхности с уравнением в векторно-параметрическом виде с образующими, заданными неосциллирующими полиномами высоких степеней.

На основе использования выпуклых функций, решения систем квадратичных форм и их исследования были получены аналитические выражения для интерполирующей функции, учитывающей возможность управления формой неосциллирующих кривых-обводов на заданном участке поверхности.

Для выделения области существования действительных решений квадратичные формы классифицировались с помощью теории инвариантов, как поверхности квадрик. Для порядка $n=3$ данные квадрики будут пятимерные. С геометрической точки зрения, система уравнений разрешима, если все квадрики имеют общие точки пересечения. В случае $n=2$ задача становится трехмерной [2]. При переходе к многомерным пространствам наглядность частично теряется, но теория этих пространств сохраняет геометрический характер, т.к. её основные понятия строятся на основе трехмерного случая и надлежащего обобщения на многомерный.

Из условий существования действительных квадрик определялись зависимости, дающие возможность проектировщику определять корректность заданных исходных данных. Использование этих зависимостей в практике

проектирования технических обводов позволяет на предварительных этапах выявлять ошибки в исходных дифференциально-геометрических данных.

Проведенные исследования позволили создать алгоритмы определения неизвестных коэффициентов интерполирующей функции. На его базе был разработан пакет прикладных программ, обеспечивающий решение задач интерполирования выпуклой кривой и позволяющий решать многовариантные оптимизационные задачи выбора наилучших технических решений.

Разработанный метод, алгоритмы и прикладные программы могут быть использованы в качестве специального математического обеспечения в системах автоматизированного проектирования изделия, как контур геометрических подсистем САПР. А также, могут применяться в процессе проектно-конструкторских и технологических работ, связанных с геометрическим моделированием сложных динамических поверхностей сопряжения, заданных каркасом неосциллирующих кривых.

Разработанный метод дает возможность производить компьютерное моделирование технических поверхностей на экране дисплея и решать задачи оптимизации по критерию наиболее плавного изменения графика вторых производных интерполирующей функции. Из нескольких аналитически описанных кривых, с одинаковыми дифференциально-геометрическими ограничениями в узлах заданного обвода, проектировщик в интерактивном режиме выбирает ту, которая имеет наиболее монотонное изменение графика вторых производных и в наибольшей степени удовлетворяет условиям функционального и эстетического характера [3].

Список литературы

1. Зинченко Ю.В. Компьютерное геометрическое моделирование неосциллирующих обводов технических поверхностей // Высокие технологии, фундаментальные исследования, финансы: сборник статей Шестнадцатой международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике». – СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2013. – 284 с.
2. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 720 с.
3. Зинченко Ю.В. Моделирование аэродинамических поверхностей сопряжения с учетом наперед заданных граничных дифференциально-геометрических условий // Омский научный вестник. – 1999. – № 9. – С. 74-75.

Сведения об авторе:

Зинченко Юрий Валентинович – к.т.н., доцент, доцент кафедры «Инженерная геометрия и САПР».