

FABRIC CAD система проектирования Тентовых Конструкций

Евгений Владимирович Попов
Нижегородский архитектурно-строительный университет
Нижний Новгород, Россия
Александр Иванович Тарасов
Научно-внедренческий центр “Геос”
Нижний Новгород, Россия

Аннотация

Статья посвящена описанию первой версии системы FABRIC CAD, предназначенной для проектирования тентовых конструкций разнообразного назначения. Система построена на использовании математического аппарата метода натянутых сеток (МНС), имеющего преимущества при решении задач геометрического моделирования в ряде практических инженерных приложений по сравнению с другими подходами. Описана технология проектирования формы тентовых конструкций и дальнейшее построение выкроек материала с использованием системы.

Ключевые слова: Тентовые конструкции, Метод натянутых сеток, CAD системы.

1. ВВЕДЕНИЕ

Тентовые конструкции, получившие за последние 20 лет широкое распространение, имеют неоспоримые преимущества при перекрытии больших открытых площадей, предназначенных для размещения торговых центров, выставочных площадей, а также являются идеальным решением для спортивных сооружений, например открытых теннисных кортов, плавательных бассейнов, стадионов. Для сооружения мелких городских, мобильных торговых точек, мини-кафе, мест проведения культурно-массовых мероприятий и пр., в силу их относительно низкой стоимости и высокой мобильности, тентовые конструкции являются незаменимыми при остром дефиците городских площадей и во многих случаях сезонном характере их заполнения. Подобные конструкции имеют формы, выглядящие весьма эстетично, так как состоят из комбинации разнообразных сложных поверхностей двойкой кривизны. Однако, именно поэтому проектирование тентовых конструкций представляет собой чрезвычайно сложную задачу. Сложность так же заключается в том, что форма тентовых конструкций при заданном каркасе не известна заранее, в силу специфики тканевых материалов, представляющих собой тонкие пространственные мембраны с нулевой изгибной жесткостью и работающие только на растяжение. Даже в том случае, когда форма конструкции уже определена, проблемой является определение формы плоских лоскутов ткани, составляющих поверхность, таким образом, чтобы после сборки этих лоскутов и монтаже их на жесткий каркас форма поверхности была адекватна проектируемой. В мировой практике проектирования тентовых тканевых конструкций в настоящее время сложилась следующая технологическая последовательность: *определение формы тканевой конструкции, анализ нагружения конструкции и построение карты раскроя конструкции* [1].

Каждый из этапов этой последовательности связан с решением самостоятельных проблем, требующих своих подходов. Подходы, существующие в мировой практике проектирования тентовых тканевых конструкций, подробно описаны и проанализированы в [1], [2]. В мировой практике проектирования тентовых конструкций существует ряд CAD систем, среди которых следует отметить, как наиболее известные и распространенные, систему SailMaker разработки фирмы SailScience Ltd (Новая Зеландия) и систему SailCUT (Голландия). Однако, для отечественного производителя использование этих систем носит весьма проблематичный характер по нескольким причинам. Во-первых, эти системы предназначены в основном для проектирования парусного оснащения судов, что значительно ограничивает их область применения. Во-вторых, математический базой для них является либо громоздкий аппарат метода конечных элементов (SailMaker), либо предельно упрощенный вариант геометрического моделирования (SailCUT), предназначенный для решения сугубо узких задач нахождения формы без всякого математического анализа. В-третьих, стоимость этих систем чрезвычайно высока для Российского рынка. Все это служит основанием для интенсивного поиска эффективных решений в области создания отечественных систем проектирования тентовых конструкций. В работах [3] – [6] предложено и обосновано использование аппарата метода натянутых сеток (МНС) на каждом из этих этапов как экономичное с точки зрения компьютерных ресурсов и достоверное решение.

В настоящей работе представлена первая версия системы FABRIC CAD, предназначенной для отыскания формы тентовых тканевых конструкций, близкой к поверхностям минимальной площади с последующим построением карт раскроя полотнища.

2. ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ FABRIC CAD

Система проектирования FABRIC CAD изначально задумывалась как система, предоставляющая проектировщику предельно наглядный и наиболее эффективный инструментальный для работы с поверхностями любой сложности. При этом, к ней предъявлялось повышенное требование по сокращению сроков освоения проектировщиком основных приемов работы. Это обусловило простоту, ясность и однозначность пользовательского интерфейса, не перегруженного излишними малозначительными деталями, что, несомненно, является достоинством системы. Общий вид пользовательского интерфейса системы представлен на рисунке 1. Другим главным достоинством является широкий спектр возможностей по созданию, редактированию и модификации поверхностей любой сложности.

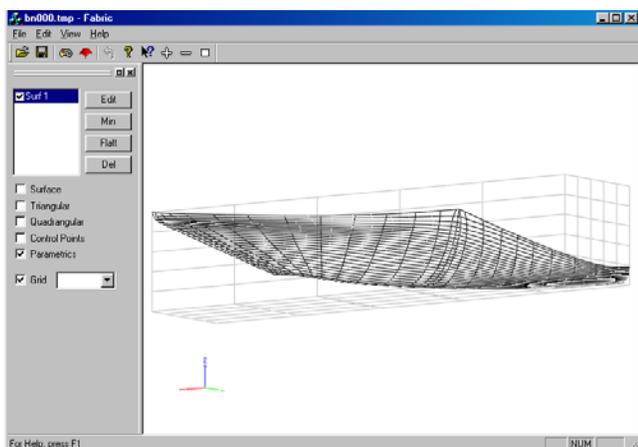


Рисунок 1: Пользовательский интерфейс системы FABRIC CAD.

В качестве базового математического аппарата работы с поверхностями выбрана NURBS аппроксимация, получившая в последние годы широкое распространение при создании современных систем геометрического моделирования и проектирования. Главным преимуществом математического аппарата NURBS является возможность построения эффективного инструментария интерактивного создания и редактирования поверхностей пользователем непосредственно на экране монитора.

В рамках системы удалось разумно сочетать преимущества NURBS аппроксимации с эффективностью метода натянутых сеток (МНС), что значительно расширило возможности системы по приближенному построению поверхностей минимальной площади с дальнейшим осуществлением их плоского отображения. Инструментарий, представляемый МНС, включен в состав системы наряду с инструментарием NURBS аппроксимации. Технология проектирования тентовых конструкций будет проиллюстрирована в следующем разделе.

В заключении следует отметить, что при создании первой версии системы FABRIC CAD для формирования пользовательского интерфейса использована среда MS Visual C++ v.6, инструментарий системы и математический аппарат реализован в среде Digital Fortran v.5 (базовый стандарт языка Fortran 90). При создании же средств отображения и визуализации использован графический интерфейс OpenGL, что позволило не только обеспечить высокое качество изображения, но также снабдить систему возможностью осуществления виртуальной прогулки вокруг конструкции.

3. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕНТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СРЕДЕ СИСТЕМЫ FABRIC CAD

В настоящем разделе процесс применения системы FABRIC CAD проиллюстрирован на примере проектирования тента выставочного мини-павильона.

Как уже отмечалось, технология проектирования тентовых конструкций состоит из нескольких этапов, первым из которых является нахождение формы тонкой оболочки, натянутой на жесткий пространственный контур. На этом этапе важнейшим моментом является построение поверхности, наиболее близкой к поверхности минимальной площади. В математике эта задача известна под названием

проблемы минимальных поверхностей. В рамках системы FABRIC CAD эта проблема решается с помощью МНС следующим образом:

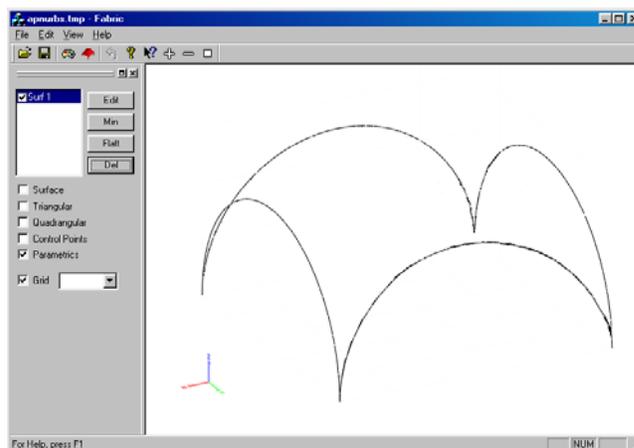


Рисунок 2: Моделирование каркаса мини-павильона.

Первоначально создается жесткий контур конструкции (см. рисунок 2), являющийся ее каркасом. Следует отметить, что на этом этапе реальное конструктивное оформление каркаса не является важным.

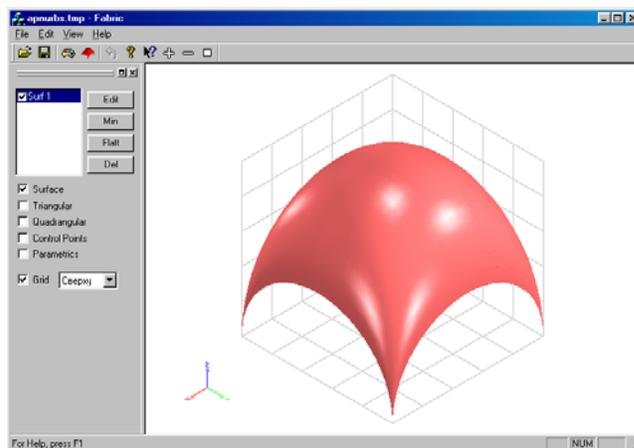


Рисунок 3: Предварительная поверхность, построенная на каркасе конструкции.

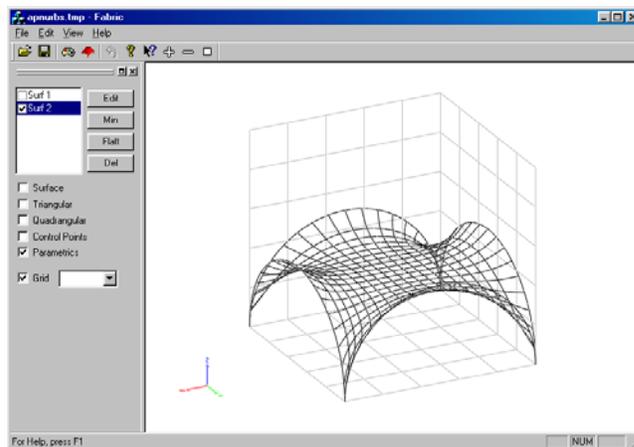


Рисунок 4: Форма поверхности тента выставочного мини-павильона.

Далее, с использованием инструментария системы создается произвольная поверхность, границей которой является созданный ранее каркас конструкции.

В данном случае, как представлено на рисунке 3, использована классическая поверхность Кунса.

На рисунке 4 изображена форма тента выставочного мини-павильона, найденная с использованием МНС (см. работы [3] - [6]) и приведенная в данном случае в виде сетки параметрических линий сформированной NURBS поверхности.

Следующим этапом проектирования является построение карты раскроя материала тентовой конструкции. Инструментарий системы позволяет производить разделение поверхности тентовой конструкции на подобласти (лоскуты) в соответствии с различными соображениями, среди которых, в частности, могут выступать размеры рулонов исходного материала. На рисунке 5 представлена схема разделения построенной поверхности тента мини-павильона на лоскуты. В данном случае линии раздела (швы) проведены по точкам уплощения поверхности, то есть точкам с нулевой гауссовой кривизной.

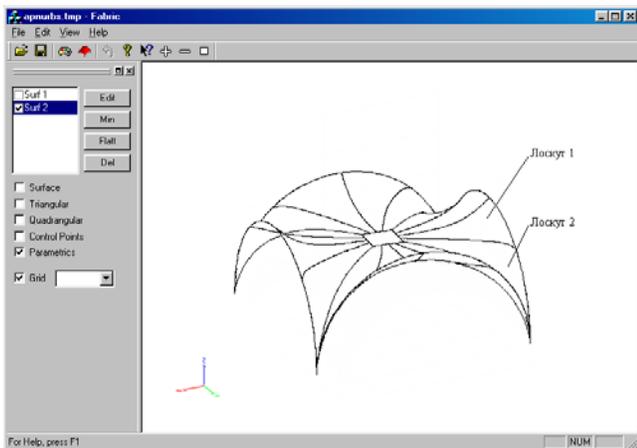


Рисунок 5: Поверхность тента, разделенная на отдельные лоскуты.

Как видно из рисунка 5 квадратный лоскут в центре поверхности не требует каких-либо трансформаций для адекватного формирования поверхности на данном участке.

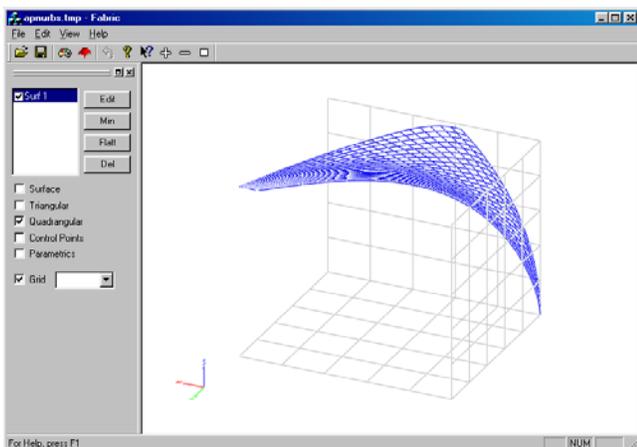


Рисунок 6: Поверхность лоскута №2 (см. рисунок 5).

Остальные 16 лоскутов представляют собой участки поверхности двоякой кривизны, причем, в силу наличия двух плоскостей симметрии, таких лоскутов всего четыре. Поскольку, третья плоскость симметрии вызывает попарную зеркальную симметрию лоскутов, то для нахождения выкроек необходимо построить плоское отображение только двух лоскутов. Это отображение осуществляется с помощью варианта МНС, сформулированного в [3] - [6] и предназначенного для развертки сложных поверхностей на плоскость. В качестве примера на рисунке 6 изображена исходная трехмерная поверхность лоскута 2

Результаты плоского отображения лоскута номер 2 по алгоритму, описанному в [4], разработанному на базе МНС, представлены на рисунке 7

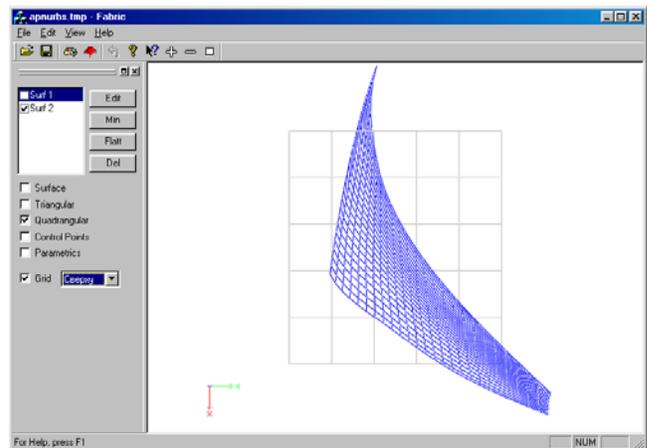


Рисунок 7: Плоская выкройка лоскута № 2.

Это плоское отображение и является выкройкой для изготовления лоскута 2. Аналогичным образом формируются выкройки всех остальных лоскутов.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пробная эксплуатация первой версии системы FABRIC CAD показала ее высокую эффективность. Относительно скромные требования к компьютерным ресурсам и времени вычислений, в сочетании с невысокой оценочной стоимостью позволяют прогнозировать возможность ее использования в рамках малых и средних по величине отечественных предприятий. Кроме того, возможности математического аппарата NURBS аппроксимации поверхностей в сочетании с возможностями МНС показали, что система FABRIC CAD содержит в себе высокие потенциальные возможности использования не только при проектировании тентовых тканевых конструкций, среди которых находится так же парусное оснащение судов, но и при проектировании поверхностей судового корпуса в судостроении, а так же в других отраслях промышленности, где предъявляются высокие требования к качеству сложных поверхностей.

5. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Tabarrok B., Qin Z..*Form Finding and Cutting Pattern Generation for Fabric Tension Structures, -Microcomputers inCivil Engineering J., N 8, 1993.*

[2] Tabarrok B., Xiong Y. *Some Variational Formulations for minimum surface*, *Acta Mechanica*, vol. 89/1-4, 1991

[3] Попов, Е.В. *On Some Variation Formulations for Minimum Surface. The Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, vol.20, N 4, 1996.

[4] Попов, Е.В. *Unfolding problem and cutting pattern generation for tent type structures. The Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, vol. 22, N 4, 1999.

[5] Попов Е.В. *Построение поверхностей минимальной площади с помощью метода натянутых сеток. // Международный межвузовский сб. трудов кафедр графических дисциплин, Вып. 5, Н.Новгород, 2000.*

[6] Попов Е.В. *Построение разверток поверхностей одинарной и двоякой кривизны. // Международный межвузовский сб. трудов кафедр графических дисциплин, Вып. 5, Н.Новгород, 2000.*

Об авторах

Попов Евгений Владимирович, к.т.н., доцент кафедры начертательной геометрии, машинной графики и САПР Нижегородского архитектурно-строительного университета

E-mail: popov@pop.sci-nnov.ru

Тарасов Александр Иванович, главный специалист Научно-внедренческого центра "Геос"

E-mail: K3@sandy.ru

Abstract

The paper is devoted to the description of the FABRIC CAD v.1 system, intended for various tent structures design. The system is based on mathematical tools of Stretched Grid method (SGM) that is advantageous at several engineering problems solution in comparison with other approaches. The tent structures design technology based on awning form finding with further fabric cutting pattern generation is described here.