

**Разработка алгоритма и программного инструмента для
упрощенного задания геометрии дискретного сферического купольного
покрытия при его параметрической оптимизации с применением
программных комплексов «Лира» и SCAD.**

Асп. Широков В.С.

К.т.н., доц. Алпатов В.Ю.

Пространственные решетчатые конструкции в современном строительстве получили достаточно широкое распространение. Такие конструкции все чаще применяются в качестве несущих покрытий общественных и гражданских зданий (выставочных павильонов, спортивных сооружений, рынков и др.), промышленных зданий (залов электростанций, сборочных цехов, ремонтных мастерских, складов и др.), сельскохозяйственных построек (оранжерей, теплиц, крытых токов и др.) и зданий специального назначения (укрытия радарных установок, лабораторных залов и др.) [4]. Несмотря на появление новых альтернативных конструкций покрытий зданий и сооружений, область применения решетчатых конструкций расширяется [1].

Особенностью пространственные решетчатых конструкций является многосвязность системы и как следствие – повышенные весовые характеристики. Проблеме снижения веса структурных конструкций посвящено достаточно много научных работ. Авторы этих работ решают задачи снижения веса таких конструкций, предлагая, в основном, три пути:

1. Поиск оптимального распределения материала в структурной конструкции с заданной геометрической схемой (сюда же относится и оптимальная унификация элементов структуры и уменьшение количества, либо полное исключение «лишних» связей).
2. Поиск оптимальной геометрической формы конструкции.
3. Поиск оптимальной топологии (конфигурации) конструкции.

Однако большинство работ посвящено оптимизации конструкций при заданной геометрической форме. В работе [2] ее автором под руководством профессора Холопова И.С. были рассмотрены вопросы поиска оптимальных геометрических параметров структур. Задача решалась путем многоуровневой декомпозиции. Авторами работы [2] для решения задачи была составлена программа автоматизированного построения геометрии решетчатой конструкции для последующего итерационного поиска оптимальной формы. Авторами были получены положительные результаты по снижению весовых показателей оптимизируемых конструкций.

Однако, в указанной работе рассматривались только прямоугольные в плане пространственные решетчатые конструкции. Другой особенностью указанной работы является тот факт, что постановкой задачи допускался поиск форм покрытий с заведомо «неудобной геометрией» (например, вогнутые и чашеобразные покрытия). Обобщая полученный автором работы [2] результат можно заключить, что:

- 1) не затронутым остался вопрос о конструкциях, имеющих в плане форму отличную от прямоугольной, например круговое основание;
- 2) исходя из технологических соображений таких, как отвод воды, наличие свободного пространства под конструкцией покрытия и т. д., можно сузить задачу и рассматривать только выпуклые конструкции.

Таким образом, представляется актуальным рассмотреть вопрос об оптимизации геометрической формы выпуклых решетчатых конструкций с круглым планом.

Выпуклые пространственные решетчатые конструкции на круглом плане по своей сути приближаются к купольным конструкциям, следовательно, они обладают дополнительными свойствами, присущими куполам. Вот некоторые преимущественные качества таких конструкций по сравнению с плоскими структурными плитами:

1. хорошие технико-экономические показатели;
2. высокий коэффициент использования перекрываемой площади;

3. возможность легкого совмещения несущих и ограждающих функций.

4. большая архитектурная выразительность.

Различают три основных типа куполов: ребристые, ребристо-кольцевые, сетчатые. Сетчатые купола конструктивно наиболее близки к структурным конструкциям. Причем различают односетчатые и двухсетчатые купола. Наибольшее распространение получили односетчатые купола, в свою очередь двухсетчатые купола образуются из односетчатых путем использования вместо стержней сетки плоской фермы.

Основное отличие в формообразовании выпуклых структурных конструкций на круглом плане от прямоугольных конструкций заключается в том, что при вариации кривизной поясных сеток искривление плоскостей происходит не по ортогональным направлениям плана конструкции, а в радиальном и кольцевом направлениях. Данная особенность накладывает конструктивное ограничение на возможную кривизну оптимальной конструкции, ставя в зависимость топологию конструкции от ее геометрической формы и наоборот. Пояснить сказанное можно следующим примером – не всякая топология решетки купольной конструкции может быть без потерь вписана в поверхность, образуемую шаровым сегментом.

В общем случае построение описывающей поверхности в сферических координатах не представляет большой трудности, необходимо определить всего три параметра. Однако, как было отмечено, трудности возникают при аппроксимации криволинейной поверхности дискретной сетчатой конструкцией с заданными топологическими свойствами. Для решения этой задачи требуется разработка алгоритмов и программ автоматизированного определения координат узлов сетчатой конструкции с учетом множества ограничений, в том числе и по топологии.

Для купольных конструкций имеется множество систем автоматизированной дискретизации поверхности, эти системы можно использовать, как основу при построении топологии выпуклых двухпоясных решетчатых конструкций. Все необходимые геометрические параметры поясных сеток при этом могут быть представлены как функция от параметров конструкции - диаметра, стрелы подъема конструкции, количества меридиональных секторов и длины стержней. В такой постановке

геометрия поясных сеток конструкции может быть записана известными формулами [1].

Построение геометрии подобной конструкции в расчетном программном комплексе (Лира, Scad Office) связано с рядом затруднений, основными из которых являются большое количество построений и неудобство построения геометрии в расчетном комплексе. Первое затруднение заключается в большом количестве узлов и элементов конструкции. Так, например, конструкция диаметром 60 м, со стрелой подъема 17 м, числом сторон горизонтального многоугольника 38 и длиной стержней верхнего пояса 3 м имеет 1102 узлов и 4280 стержневых элементов. Вторая сложность состоит в несовершенстве аппарата геометрических построений и визуализации вычислительного комплекса, так как он предназначен для проведения расчетов. Вместе эти две причины делают практически невозможным построение геометрии конструкции столь сложной формы и разрезки, и тем более проведения итерационного поиска, который требует обработки значительного количества вариантов. Эти причины создают предпосылки к поиску более эффективного способа построения геометрии конструкции.

Авторами настоящей статьи разработана автоматизированная программа-препроцессор построения геометрии конструкции. Основными требованиями, предъявляемыми к данной программе, были:

1. Возможность построения геометрии конструкции по заданным параметрам, а именно диаметр, стрела подъема, число сторон горизонтального многоугольника, толщина конструкции, длина стержней верхней поясной сетки;

2. Наличие связи с расчетно-вычислительным комплексом типа «Лира», «Scad Office», т.е. программа должна являться препроцессором к этим комплексам.

Данная программа была осуществлена в виде консольного приложения на языке C# в среде Microsoft Visual C# 2010.

Для осуществления связи с вычислительным комплексом результатом работы автоматизированной программы является txt-файл, имеющий структуру текстового файла Scad Office. Данный файл включает в себя несколько документов, которые формируются в процессе работы программы-препроцессора, в том числе и документы, описывающие геометрию и топологию конструкции. Этот файл программные комплексы «Лира» и SCAD могут принимать в качестве исходной информации для последующего статического расчета конструкции. Тем самым достигается значительное снижение трудоемкости решаемой задачи, и создаются предпосылки к созданию метода и автоматизированной среды оптимального проектирования купольных решетчатых конструкций.

Литература

1. Молев И.В. Стержневые звездчатые купола. Техно-экономический анализ: учебное пособие. Горький: ГИСИ им. В.П. Чкалова, 1990, 76 с.
2. Алпатов В.Ю. Оптимальное проектирование металлических структур. Диссертация на соискание степени кандидата технических наук. Самара, 2002.
3. Рекомендации по проектированию структурных конструкций. М., 1984.
4. Клячин А.З. Металлические решетчатые пространственные конструкции регулярной структуры (разработка, исследование, опыт применения). Екатеринбург: Диамант, 1994.–276 с.