

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ КУПОЛОВ

◆◆◆◆

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONSTRUCTIVE DOME SCHEMES

Дворная Зинаида Львовна

магистрант,
Кубанский государственный технологический университет
orchid170919@yandex.ru

Леонова Анна Николаевна

доцент, кандидат технических наук,
Кубанский государственный технологический университет
lan.75@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена сравнительному анализу конструктивных схем куполов. Рассматривается назначение купольных конструкций, представлена их классификация. Приводятся основные положительные характеристики куполов и детальное описание конструктивных элементов и принципов работы.

Ключевые слова: купольная конструкция, конструктивная схема, ребристые купола, ребристо-кольцевые, сетчатые купола.

Dvornaya Zinaida Lvovna

Undergraduate,
Kuban State Technological University
orchid170919@yandex.ru

Leonova Anna Nikolaevna

Docent, Candidate of Technical Sciences,
Kuban State Technological University
lan.75@mail.ru

Annotation. The article is devoted to the comparative analysis of structural schemes of domes. The purpose of dome structures is considered, their classification is presented. The main positive characteristics of the domes and a detailed description of the structural elements and principles of operation are given.

Keywords: dome structure, structural scheme, ribbed domes, ribbed-ring, mesh do.

История использования куполов в строительстве насчитывает не одну тысячу лет. Следует обратить внимание на специфические особенности купольных конструкций: их отличает архитектурная выразительность и возможность перекрывать большие площади зданий.

Первоначально купола зданий и сооружений были массивными и не имели световых проемов. С развитием механики и технологий конструкции куполов модернизировались, а именно: уменьшалась толщина оболочки, увеличивался перекрываемый пролет, появлялись новые конструктивные схемы.

Как известно, конструкция купола – это распорная система с криволинейным или многоугольным планом, имеющая криволинейное очертание в вертикальной плоскости. По сравнению с пространственными покрытиями иной геометрической формы купола характеризуются большей пространственной жесткостью. Этому способствует, главным образом, положительная Гауссова кривизна.

Благодаря повышенной пространственной жесткости, связанной с замкнутым опорным контуром круглой формы в плане и большой высотой в сравнении с пролетом, купола занимают лидирующее положение среди других выпуклых покрытий двоякой кривизны.

По своим очертаниям купола могут быть: а) сферическими, б) параболическими и в) эллипсоидными. Все они относятся к оболочкам вращения. Ось вращения вертикальна и проходит через вершину такого купола. Следует подчеркнуть, что популярность их применения обусловлена такими факторами, как экономичность материала (толщина оболочки в 1/600 – 1/800 диаметра) и возможность перекрытия больших пролетов (до 150 метров).

Необходимо отметить, что конструкционные схемы куполов могут быть разнообразными. При этом, основная классификация купольных конструкций с точки зрения геометрической формы следующая:

- 1) купола-оболочки;
- 2) ребристые купола;
- 3) ребристо-кольцевые купола;
- 4) ребристо-кольцевые купола с решетчатыми связями;
- 5) сетчатые купола.

Рассмотрим подробнее перечисленные геометрические схемы купольных покрытий.

Так, ребристые купола состоят из отдельных меридиональных ребер, расположенных в радиальных направлениях (опирающихся на нижнее или иначе называемое опорное кольцо), соединенных в вершине верхним кольцом. Геометрическая схема ребристо-кольцевых куполов аналогична схеме ребристых.

Между тем, меридиональные ребра (за исключением нижнего и верхнего колец), опоясываются еще несколькими промежуточными кольцами. Это обеспечивает лучшую пространственную работу [1]. Помимо этого, с увеличением пролета ребристо-кольцевые купола становятся экономичнее ребристых. В ребристо-кольцевых куполах кольцевые прогоны соединяются между собой, образуя замкнутые кольца. В таком случае кольцевые прогоны не только работают на изгиб, но и воспринимают растягивающие или сжимающие усилия. Они работают в ребристо-кольцевом куполе таким же образом, как и опорное кольцо в ребристом куполе, и могут быть заменены при расчете ребра условными затяжками.

Если нагрузка симметричная, то расчет купола можно вести, разделяя его на плоские арки с затяжками на уровне кольцевых прогонов. В свою очередь, крепление прогонов должно быть шарнирное или жесткое по типу узлов балочных клеток, но рассчитанное на восприятие кольцевых усилий [2].

Конструкция сетчатого купола состоит из радиальных ребер, кольцевых прогонов и диагональных связей, которые ставятся в каждом четырехугольнике, ограниченном двумя ребрами и двумя прогонами. Таким образом, образуется многогранник, сформированный из ребер и кольцевых прогонов.

Сетчатые купола – это многогранники, вписанные, главным образом, в сферическую поверхность вращения. Многогранные сетчатые купола довольно разнообразны. Это, например, звездчатые купола, состоящие из треугольных граней, или геодезические системы куполов, несущие элементы которых являются ребрами многоугольника, вписанного в сферу.

Следует заметить, что в геодезических куполах достигается наибольшая однотипность стержней и узлов, а это признается специалистами в качестве производственного преимущества. Стержни сетчатых куполов изготавливают преимущественно из труб. В несущую систему куполов иногда включается ограждающая конструкция из штампованных алюминиевых или стальных листов.

Пространственная жесткость каркаса в ребристо-кольцевых и ребристых куполах обеспечивается следующим образом: между меридиональными ребрами в четырех равноудаленных друг от друга секторах в плоскостях четырехугольных ячеек, ограниченных, соответственно, промежуточными кольцами или прогонами, устанавливаются связи крестового вида.

В сетчатых куполах пространственная жесткость достигается расположением между ребрами и кольцами раскосов, благодаря которым усилия распределяются по поверхности купола. Стержни, соответственно, работают только на осевые силы, что уменьшает вес ребер и колец [3]. Именно поэтому сетчатые купола рассчитывают по безмоментной теории, иными словами, как сплошную осесимметричную оболочку.

Сравнительный анализ конструктивных схем купольных конструкций с точки зрения их прочности показывает, что в ребристо-кольцевых куполах за счет кольцевых прогонов увеличивается сопротивление изгибу и растягивающим или сжимающим усилиям.

В заключение следует обратить внимание на следующие факторы:

- 1) преимущество в экономии материалов имеют сетчатые купола, так как между ребрами и кольцами располагаются раскосы;
- 2) растягивающие и сжимающие усилия при этом распределяются по поверхности купола, стержни работают только на осевые силы, что уменьшает вес ребер и колец;
- 3) выбор конструктивной схемы купола зависит от проектных данных сооружения, а именно, от пролета и типа сечения стержней, составляющих пространственную систему купола.

Литература

1. Себелева А.А., Каранова В.В. Усиление конструкций после последствий пожара // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 110–113.
2. Дворная З.Л., Леонова А.Н. Достоинства и недостатки различных методов усиления железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2019. – № 2. – С. 287–289.
3. Чагина А.С. Усиление железобетонных колонн // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2021. – № 2. – С. 118–121.

References

1. Sebeleva A.A., Karanova V.V. Strengthening structures after the consequences of a fire // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 2. – P. 110–113.
2. Dvornaya Z.L., Leonova A.N. Advantages and disadvantages of various methods of strengthening reinforced concrete columns // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2019. – № 2. – P. 287–289.
3. Chagina A.S. Strengthening reinforced concrete columns // Nauka. Technics. Technologies (polytechnic bulletin). – 2021. – № 2. – P. 118–121.