

УДК624.074.2

## МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ КУПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ: ОСОБЕННОСТИ И МЕТОДЫ МОНТАЖА

**Молева Наталия Юрьевна**

студент, Самарский государственный технический университет

г. Самара

[moleva.nat@yandex.ru](mailto:moleva.nat@yandex.ru)

### Аннотация

В статье рассматриваются различные конструктивные варианты покрытий купольного типа, их особенности и преимущества, указаны основные методы монтажа. Приведена информация о наиболее распространенных вариантах сечений элементов, способах их соединения, то есть вариантов узловых соединений. Анализируются особенности практической реализации приведенных теоретических данных.

Ключевые слова: пролет, покрытие, купол, схема каркаса, поперечное сечение, металлические конструкции, монтаж покрытий, конструкция.

## METAL DOME COVERING: FEATURES AND INSTALLATION METHODS

**Nataliya Yu. Moleva**

student of Samara State Technical University, Samara

[moleva.nat@yandex.ru](mailto:moleva.nat@yandex.ru)

### ABSTRACT

The article discusses various constructive options for dome-type coatings, their features and advantages, the main installation methods are indicated. The information on the most common options for sections of elements, methods for their connection, that is, options for nodal connections.

Key words: building span, covering, dome, frame diagram, cross section, metal constructions, installation of coverings, construction.

*Введение.* Купольные покрытия – это распорные системы, обладающие всеми качествами эргономичности и экономичности: малый расход материала (по сравнению с другими вариантами покрытий), возможность использования подкупольного пространства в технологических целях – размещение коммуникаций и оборудования и т. д. Велики и композиционные возможности таких конструкций. Они позволяют перекрывать здания универсального назначения, создавать прекрасные образцы архитектурного творчества [1].

*Цель исследования.* Цель статьи - исследование и анализ различных вариантов купольных покрытий, изучение вопроса влияния выбранного типа конструктивной схемы

на особенности монтажа, а также подбора сечения составных элементов покрытия и их соединений.

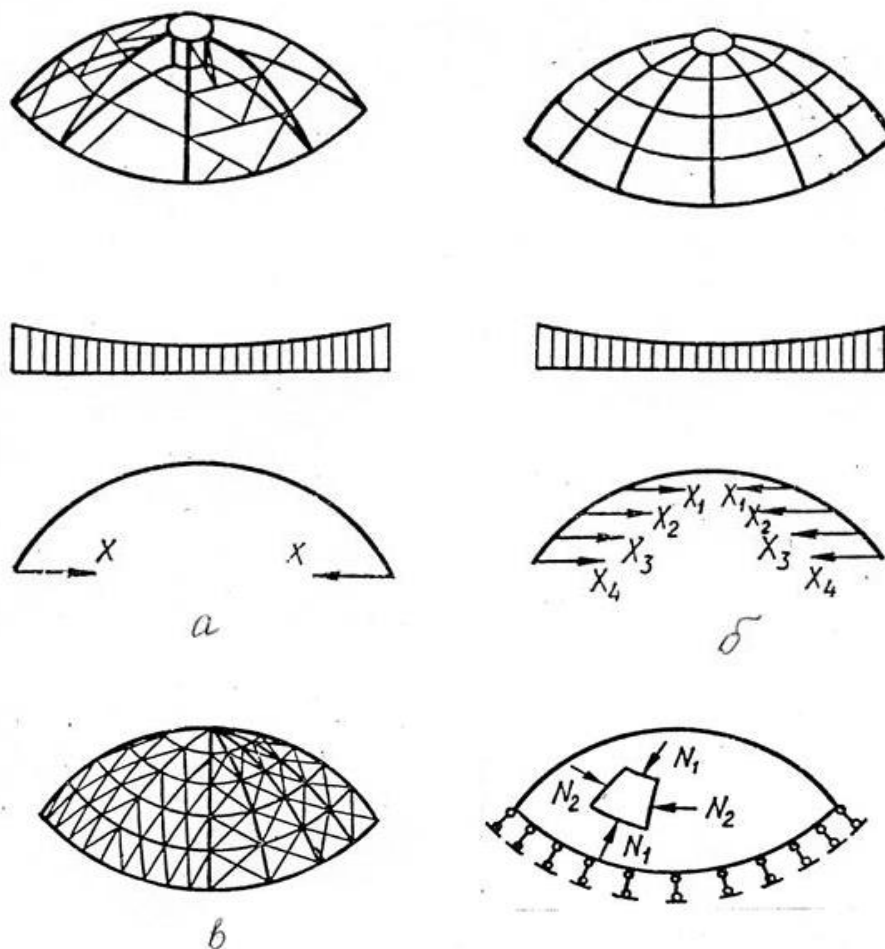
*Материалы и методы исследования.* Данное исследование было проведено с опорой на общенаучные методы (анализ, сравнение, конкретизация и обобщение). Материалом для работы послужили нормативные документы, справочные пособия по расчету купольных покрытий, тематические статьи, а также ресурсы сети Интернет.

*Результаты и их обсуждение.*

Купол воспринимает сжимающие нагрузки от внешних воздействий и распора и посредством опорного кольца предает их вертикальным несущим системам.

По конструктивной схеме купола разделяются на три основных вида: ребристые, ребристо-кольцевые и сетчатые (рис. 1) [2, 3].

Ребристые купола образованы ребрами, расположенными в меридиональном направлении, передающими нагрузку на нижнее опорное кольцо. Ребрами в случае двухпоясного покрытия являются металлические фермы, однопоясного – балки прокатного профиля, преимущественно двутаврового. Их монтаж производится в большинстве случаев с использованием метода введения временной центральной опоры или нескольких таких опор в центре или по периметру. В роли центральной опоры используют многоветвевые башни сквозного типа, удерживаемые вертикально оттяжками. Установка конструкции крупными блоками выполняется при помощи башенных подвижных кранов, необходимый вылет стрелы, минимальная грузоподъемность которых определяется по специальным таблицам, исходя из геометрических размеров покрытия.



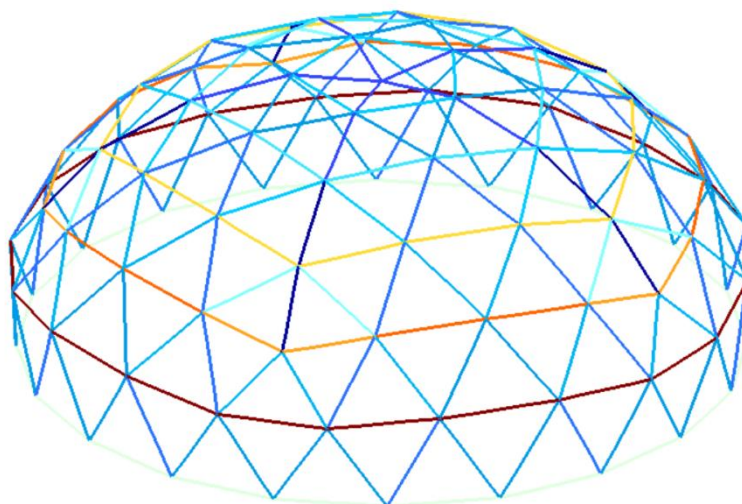
**Рисунок 1.** Конструктивные и расчетные схемы куполов: а – ребристый купол; б – ребристо-кольцевой купол; в – сетчатый купол

Ребристо-кольцевые купола – результат усиления связности системы ребристого купола путем введения кольцевых прогонов-затяжек, воспринимающих изгибную составляющую нагрузки. Их монтаж выполняется также, как и для ребристых с применением установки центральной опоры. Ребра и кольца изготавливаются из элементов двутаврового профиля, либо из металлических ферм в случае двухпоясного варианта покрытия.

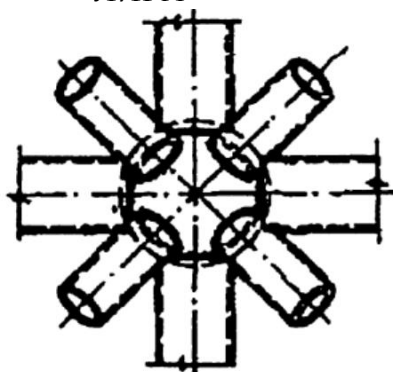
Сетчатые купола образовались благодаря введению в каждую ячейку ребристо-кольцевого купола крестовых связей. В дальнейшем были разработаны специальные методы разрезки сферической поверхности на отдельные ячейки, появились так называемые купола Фешля и Шведлера. Существует два основных вида сетчатых куполов: образованные благодаря меридиональной разрезке поверхности и геодезические. Их различие основано на способе нанесения разбивочной сетки на поверхность купола: нанесение сети геометрических элементов (треугольников, ромбов и т. д.), повторяющихся по секторам, либо на основании многогранника, вписанного в сферу. Варианты сечений сетчатых куполов весьма разнообразны – применяются элементы различного профиля. Однако предпочтение в целях металлоемкости следует отдавать трубе круглого сечения, такое сечение позволяет сэкономить до 15% металла по сравнению, к примеру, с элементом двутаврового профиля. Кроме того, для трубы круглого сечения существует множество вариантов узловых решений, позволяющих соединять стержни независимо от их пространственного положения, что значительно облегчает процесс монтажа, в отличие от классических сварочных соединений, требующих большой точности выполнения и значительных затрат трудовых ресурсов. Монтаж сетчатых куполов осуществляется методом с лесов или временных подмостей, также есть вариант сборки на земле, а затем подъема и установки в проектной положение конструкции целиком. В случае значительных размеров пролета и высоты купола возможен вариант поэлементной установки навесным способом.

Любое купольное покрытие необходимо рассчитывать на расчетное сочетание усилий от действия собственного веса, снеговой, ветровой, сейсмической нагрузок и т. д. Выбор конструктивного решения купольного покрытия определяется его геометрическими размерами – пролетом, высотой, оптимальностью с точки зрения металлоемкости и затрат на возведение. Узловые решения определяются конструктивом выбранного купола – болтовые, на сварке или комбинированные для ребристого и ребристо-кольцевого варианта; для сетчатых используется целый ряд соединений, разработанных для плоских перекрестно-стержневых конструкций. В связи с тем, что стержневые элементы, составляющие сетчатый купол, имеют различную пространственную ориентацию, ранее были разработаны специальные узловые соединения, например, "MERO", "Октаплант", "SDC", "ИФИ" и многие другие. Этот список непрерывно пополняется за счет новых разработок и патентов на изобретения по конструированию новых узловых соединений.

Для проектируемого общественного здания планетария в рамках дипломного проектирования рассматривался сетчатый купол геодезического типа, выбранным типом сечения принята труба круглого сечения. Работа купола рассматривалась в ПК "Лира" (рис. 2). Проанализировав значения усилий в стержнях купола, можно прийти к выводу о том, что они имеют небольшие значения, поэтому имеет смысл унифицировать элементы – взять стержни одинаковой длины. Если конструкцию узловых соединений для труб сделать на основании системы "Октаплант", то стержни будут соединяться посредством полого шара, к которому приваривают концы труб (рис. 3). Недостатком такого варианта соединения является большая точность и объем сварочных работ, а также сложность монтажа на строительных лесах. Требуется разработка соединения элементов круглого сечения без применения сварки на основании к примеру соединения "ИФИ".



*Рисунок 2. Деформации купола под действием равномерной снеговой нагрузки в ПК "ЛИРА"*



*Рисунок 3. Узловое соединение типа "Октапланит"*

*Заключение.* В связи с растущей популярностью в современном мире покрытий купольной формы возрастает необходимость в анализе их конструктивных схем, особенностей работы, расчете оптимального варианта и его составных элементов-блоков. В зависимости от планируемого перекрываемого пролета, а также высоты покрытия выполняется расчет на нагрузки, исходя из которого можно определить оптимальный вариант поперечного сечения элементов, а также вид их узловых соединений. Выбор метода монтажа купола определяется его конструктивной схемой и геометрическими характеристиками.

#### **Список литературы**

1. В. В. Горев, Б. Ю. Уваров, В. В. Филиппов, Г. И. Белый, В. Н. Валь, Л. В. Енджиевский, И. И. Крылов, Я. И. Ольков, В. Ф. Сабуров *Металлические конструкции. Том 2. Конструкции зданий*// Издательство "Высшая школа", 2002.
2. Тур В. И. *Купольные конструкции: формообразование, расчет, конструирование, повышение эффективности*// М.: Издательство АСВ, 2004. 96 с.
3. *Металлические конструкции: справочник проектировщика: в 3-х т. / под общ. ред. В.В. Кузнецова. Т. 2. Стальные конструкции зданий и сооружений.* М.: Изд-во АСВ, 1998. 512 с.
4. Торкатюк В.И. *Монтаж конструкций большепролетных зданий.* М.: Стройиздат, 1985. 170 с.
5. Гофштейн Г.Е., Ким В.Г., Нищев В.Н., Соколова А.Д. *Монтаж металлических и железобетонных конструкций.* М.: Стройиздат, 2004. 528 с.

6. Лебедь Е.В., Алукаев А.Ю. Большепролетные металлические купольные покрытия и их возведение // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. 2018. Т. 14. № 1. С. 4–16.

#### References

1. V. V. Gorev, B. Yu. Uvarov, V. V. Filippov, G. I. Belii, V. N. Val', L. V. Endjievskii, I. I. Krilov, Ya. I. Olkov, V. F. Saburov// Metal constructions. Book 2. Publishing house ASV, 2004, 96 pp. [in Russian].
2. Tur V. I. Dome's construction: structural morphology, calculation, improvement of the effectiveness//Publishing house ASV, 2004. – 96 pp. [in Russian].
3. Steel designer manual: v 3-h t. pod obshch. red. V.V. Kuznecova. T. 2. [in Russian].
4. Torkatyuk V. I. Installation of structures of large-span buildings// Publishing houseStroiizdat, 1985. 170pp. [in Russian].
5. Gofshtein G.E., Kim V.G., Nischev V.N., Sokolova A.D.Installation of metal and reinforced concrete structures. Publishing houseStroiizdat, 2004, 528pp. [in Russian].
6. Lebed, E.V., Alukaev, A.U. (2018). Large-span metal dome roofs and their construction. Structural Mechanics of Engineering Constructions and Buildings, 14(1), 4–16. [in Russian].