

ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ



УДК 72.01

DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.15

Н. А. ГОГОЛЕВА

ТЕКТНИКА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ КУПОЛОВ И ОБОЛОЧЕК И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИХ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННУЮ КОМПОЗИЦИЮ

TECTONICS OF CRYSTAL DOMES AND COVERS AND FACTORS DEFINING THEIR VOLUME
AND SPACE COMPOSITION

В статье приводится краткая история возникновения геодезических кристаллических купольных сооружений. Рассматривается комплекс факторов, которые являются определяющими условиями в формировании тектоники объемно-пространственной композиции купольных сооружений. Освещаются вопросы пластической обработки и пластической выразительности купольных сооружений с разной конструктивной схемой геометрической разбивки поверхности. Дается комплексная оценка исходных условий проектирования и учет формирующих факторов, позволяющих создавать выразительные объемно-пространственные композиции сооружений различного функционального назначения с использованием кристаллических купольных оболочек.

Ключевые слова: тектоника купольной конструкции, кристаллические купола и оболочки, геометрические параметры оболочек, геодезические купола, конструкции купола, купольные композиции, художественные принципы, сферические поверхности

Купол – одна из старейших конструктивных форм, применяемых в архитектуре с древнейших времен. Купол, как поверхность тела вращения с вертикальной осью, наиболее органично сочетается с центрической формой сооружения – квадратной, круглой или многогранной. Поэтому купол, рожденный в древние времена в качестве элементарной формы кирпичного перекрытия жилища, постепенно стал самым величественным покрытием монументальных зданий. Вплоть до XX в. купол чаще всего был средством обогащения объемно-пространственной структуры сооружения, являясь пластически выразительной и завершающей частью сложной объемно-пространственной композиции сооружений,

The article provides a brief history of the geodesic crystal dome structures. A set of factors that are determining conditions in the formation of the tectonics of the volume-spatial composition of dome structures is considered. The issues of plastic processing and plastic expressiveness of dome structures with different structural scheme of the geometric breakdown of the surface are considered. A comprehensive assessment of the initial design conditions and the consideration of formative factors allowing the creation of expressive volume-spatial compositions of structures of various functional purposes using crystal dome shells are given.

Keywords: dome tectonics, crystal domes and shells, geometric parameters of shells, geodesic domes, dome structures, dome compositions, artistic principles, spherical surfaces

придавая своеобразие силуэту городской застройки (собор св. Петра в Риме, Санта Мария дель Фьоре во Флоренции, св. Павла в Лондоне, Исаакиевский собор в Санкт-Петербурге). Своды и купола не только отражали технические достижения. Они несли в себе художественный строй мысли своего времени.

Купольные композиции в современной архитектуре, как и в зодчестве прошлых веков, занимают одно из центральных мест. В настоящее время купол переосмыслен как в композиционно-функциональном, так и в конструктивном аспекте. Современные архитектурные формы купольных покрытий отличаются эстетическими, функциональными, конструктивными и технологическими достоинствами.

В отличие от купольных конструкций прошлого современные купольные покрытия в большинстве случаев являются самостоятельной архитектурной формой и полностью организуют функциональный процесс, из соподчиненного композиционного элемента он превратился в основной элемент композиции. Современная практика конструирования купольных конструкций позволяет возводить их с различной геометрической поверхностью и конфигурацией опорного контура и, тем самым, перекрывать сооружения с различной объемно-планировочной организацией внутреннего пространства.

Особый интерес заслуживают купольные конструкции, построение которых основано на использовании геометрических параметров правильных многогранников и благодаря им получившие название геодезических или кристаллических оболочек. Первые купол с такой геометрией был создан в Германии в 1926 г. главным инженером оптической компании Carl Zeiss Вальтером Бауерсфельдом. Примерно через 20 лет Ричард Бакминстер Фуллер в США продолжил изучение геодезических куполов и в 1954 г. получает первый патент на строительную конструкцию геодезического купола. Его разработки внесли большой вклад в практику строительства и использования геодезических кристаллических куполов и оболочек.

Так, сооруженная по его проекту галерея изящных искусств Колорадского университета представляет собой геодезический купол диаметром 40 м. А купол в Батон-Руж построен по кристаллографической схеме разрезки по системе геодезических куполов инженера Б.Фуллера. Несущая сетчатая конструкция купола выполнена из стальных трубчатых шестиугольников, смонтированных на сферической поверхности, с разбивкой на основе икосаэдра.

Б.Фуллер и С.Садао запроектировали универсальный жилой дом в форме геодезического купола, вместо окон предусматриваются светопроницаемые панели. Купола по системе Б. Фуллера различных диаметров построены для зданий завода Форда в Дейтройте, для музея в Кейн-Деде (США), для помещений радарной станции в Арктике, для здания театра в Колумбии, для павильона американской выставки в Москве в парке Сокольники и т. д.

Большой вклад в изучение и строительство геодезических – кристаллических куполов и оболочек внесли российские ученые: М.С. Туполев, профессор МАРХИ, Г.Н.Павлов, Г.М. Голов, Н.А.Гоголева, а также другие преподаватели Нижегородского архитектурно-строительного университета [1,2]. Группа энтузиастов, возглавляемая Г.Н. Павловым, занималась не только теоретической разработкой, моделированием и автоматизацией расчетов геодезических куполов, за что получила несколько патентов на свои разработки, но и вместе со студентами участвовала в строительстве объектов по своим проектам с использованием разнообразной кристаллической струк-

туры покрытия [4,5]. Это кафе на Верхневолжской набережной, торговый павильон в центре Сормова, навес для настольных игр в спортивном лагере университета, теневой навес на танцплощадке в парке Кулибина, игровые конструкции и навесы на детских площадках города и др. По разработкам и проектам группы строились объекты с кристаллическим купольным покрытием в Кирове, Баку, Краснодаре и других городах страны.

Возведение сооружений с применением кристаллических куполов и оболочек ведется и в наши дни в разных странах мира.

Художественные принципы, заложенные в образование пластических решений поверхностей кристаллических оболочек посредством выявления формообразования структуры, имеют большое градостроительное значение. Пластическая поверхность наружного и внутреннего покрытия, состоящая из многочисленных шестигранных объемных элементов, орнаментальна по своей форме. Выразительность рельефа поверхности усиливается нюансами освещения.

Архитектурно-конструктивное моделирование кристаллических оболочек предопределяется особенностями геометрического построения поверхности оболочек, типом конструкции и объемно-пространственным формообразованием. Архитектурная форма становится тектоничной, когда ее элементы создают единую гармоничную систему, формирующую художественный образ на основе выявления структурных особенностей формы кристаллического купола. Тектоника является пластическим выражением физических свойств материала и, вместе с тем, раскрывает эстетические средства материально-технической структуры сооружения. При этом тектоничность выступает как качество, определяющее художественные свойства архитектурной формы. Таким образом, тектоника архитектуры купольной оболочки раскрывает единство конструкции и объемно-пространственной структуры.

В процессе формирования объемно-пространственной композиции объектов на основе кристаллических купольных оболочек существенное влияние оказывает ряд факторов, учет которых позволяет создавать выразительные архитектурные решения зданий различного функционального назначения. В силу того, что купольная структура в большинстве случаев полностью или частично определяет объемно-пространственную композицию сооружения, эти факторы, в первую очередь, влияют на нее, определяя архитектурно-строительные особенности применения. Среди факторов, определяющих архитектурно-планировочное, конструктивное и художественное решение купольного сооружения, наиболее важными являются функционально-технологические, архитектурно-композиционные, градостроительно-ландшафтные, природно-географические, технические и экономические [2, 5–7].

Функционально-технологические факторы относятся к виду формообразующих факторов, определяющих особенности планировочно-пространственного построения кристаллических купольных оболочек. Это отражается на проектировании структуры оболочек по заданным геометрическим параметрам с определенными очертаниями плана и разреза, типом конструкции.

На основе анализа функционально-технологических факторов определяется целесообразность использования оболочки по перекрытию определенного типа пространства. При этом объемно-пространственные кристаллические оболочки полностью пластически определяют объемную композицию сооружения с организацией функционально-технологического процесса в подкупольном пространстве. Среди всего многообразия внутренних пространств, формирующихся на основе кристаллических купольных оболочек, можно выделить моноцентрические статические пространства и полицентрические динамические пространства, организуемые из блоктированных купольных покрытий.

Архитектурно-композиционные факторы определяют формирование объемно-пространственного решения купольных оболочек на основе архитектурно-композиционных средств и приемов построения формы (масштаб, нюанс, контраст, пропорциональность, модульность, симметрия, асимметрия, закономерности ритма, пластическое и цветовое единство и т. д.). Влияние архитектурно-композиционных средств и приемов построения формы выражается как при создании объемно-пространственной композиции в целом, так и при построении интерьеров купольных сооружений с декоративной обработкой.

Правильное восприятие архитектурно-пространственной формы оболочки зависит от умелого композиционного подразделения целого на отдельные части, основанного на активном проявлении структурности покрытия. При этом могут использоваться все виды контраста: масса и пространство, крупное и мелкое, вертикальное и горизонтальное, легкое и тяжелое, прозрачное и непрозрачное, гладкое и фактурное, темное и светлое, поли- и монохромное и т. д. Можно выделить следующие варианты структур кристаллических купольных оболочек: полностью открытый каркас, частично закрытая конструктивная структура, включающая сочетание ячеек каркаса с элементами покрытия, полузакрытая конструктивная система, характерная для панельно-каркасных и стержневых двухконтурных купольных оболочек, полностью закрытая конструктивная система, характерная для сплошных, панельно-каркасных и стержневых двухконтурных купольных оболочек.

Все варианты структур кристаллических купольных оболочек имеют право на существование в архитектурно-строительной практике. Их использование в практике проектирования определяется

с учетом функционально-эксплуатационных и эстетических соображений. Так, например, полностью открытая конструкция чаще всего применима в символических декоративных композициях. Структурность композиции полностью закрытых конструктивных систем основана и определяется рисунком на элементах ограждения или рисунком в открытых и полукрытых конструкциях кристаллических куполов и оболочек может быть значительно ослаблено окраской их элементов в один цвет с фоновым заполнением ячеек каркаса, а также созданием рассеянного освещения в помещении.

Различная окраска панелей и стержневых элементов покрытия позволяет более активно подчеркнуть конструктивную особенность кристаллических купольных оболочек, и наоборот, окраска стержней элементов и каркаса в один цвет с элементами заполнения приводит к «нечитаемости» отдельных элементов.

Наложение пространственно-пластических, светотеневых, цветовых ритмов, образуемых путем последовательной иерархической группировки отдельных мелких конструктивных форм в более крупные конструктивные элементы (стержни каркаса, элементы заполнения или укрупненные элементы покрытия, крупные конструктивные формы, световые проемы, входные узлы и т. п.), позволяет создавать выразительные архитектурные решения кристаллических купольных декоративных оболочек.

Таким образом, приемы компоновки формы декоративных купольных оболочек состоят в активном, отчетливом членении поверхности оболочки на отдельные взаимосвязанные формообразующие части, в ясной композиционной взаимосвязи элементов конструкции, в организации архитектурных ритмов (пространственных, пластических, световых, цветовых).

Соразмерность архитектурной композиции декоративной купольной оболочки предполагает согласование элементов формы, архитектурных пространств, свето-цветовых построений объемно-пространственной композиции декоративных купольных сооружений. Это может проявляться геометрически (пропорциональность, сомасштабность отдельных элементов к целому), пластически (свето-цветовая согласованность элементов и целого), пространственно (гармоническое единство купольной оболочки с окружающей застройкой или ландшафтом). Приемы решения проблемы соразмерности, имеющие важное значение в процессе психофизиологического восприятия формы, основаны на сопоставлении масштабов в композиции архитектурной формы оболочки и ее частей с учетом особенностей восприятия формы, а также на сопоставлении масштабов в композиции архитектурной формы оболочки и ее частей с учетом особенностей восприятия с различного расстояния. Для декора-

тивных купольных покрытий правомерно включение в структуру купольного сооружения элементов с определенным масштабным рядом, учитывающим размерность элементов, привычных человеку, а также постепенность перехода от крупных форм к малым и т. д. [8].

Гибкость архитектурной композиции кристаллической купольной оболочки проявляется в универсальности пространства. Этот принцип позволяет проводить пространственную трансформацию помещений на основе свободной изменяемой планировки. Характерным проявлением гибкости является организация нейтрального пространства, не имеющего определенного функционального назначения – оболочек «контейнеров». Гибкость купольной оболочки обеспечивается простотой формообразующих элементов, удовлетворяющих условиям оптимальности их сочетаний в пространственных композиционных моноцентрических декоративных купольных сооружениях, композиционной незавершенности элементов, участвующих в создании полицентрических купольных сооружений, масштабной инвариантностью сооружений, позволяющих сохранять свое значение в изменяющихся градостроительных ситуациях.

Единство архитектурной композиции купольного сооружения является основным принципом, определяющим художественный строй архитектурного сооружения. Формирование композиционного единства объемно-пространственной композиции купольных сооружений наиболее полно отражается в их форме, определяемой четко выраженной структурностью и непрерывностью перетекания архитектурных пространств многоячеековых объектов. Приемы создания целостной формы декоративного купольного сооружения заключаются в выявлении главных и второстепенных элементов формы, в их взаимосвязи и соподчиненности. Сохранению единства композиции способствует также контрастное сопоставление ее частей, построенное на ритмических, масштабных, цветовых и пластических переходах от одной части композиции купольного здания к другой.

Градостроительно-ландшафтные факторы существенным образом оказывают влияние на пространственное решение сооружения и определяют условия взаимосвязи декоративных купольных сооружений с окружающей средой. Эти факторы включают условия общей композиции градостроительного ансамбля, условий рельефа и ландшафта, масштаба окружающей застройки и ее планировочной структуры, условия зрительного восприятия объемной формы купольного здания.

Малопроектные купольные декоративные сооружения своей пластической формой, сомасштабной человеку, позволяют удачно вписать их в композицию окружающей застройки и природного окружения.

Купольные сооружения больших пролетов могут взять на себя роль архитектурных и градостроительных доминант, организуя центральное композиционное ядро групп зданий и сооружений. При выборе места для их строительства необходимо учитывать возможность организации вокруг них свободных пространств для обеспечения условий правильного зрительного восприятия. Немаловажное значение имеет грамотное использование рельефа местности, позволяющее разместить купольное здание в пониженной его части и обеспечить тем самым восприятие пространственной декоративной формы купола с возвышающихся точек во взаимосвязи с благоустройством окружающей среды. Эта композиция в современной теории получила название «пятой» фасад архитектуры.

Конструктивные факторы являются средством материализации композиционного замысла объемно-пространственной композиции декоративного купольного сооружения. Они определяются поиском художественной выразительности архитектурных форм купольных сооружений через освоение новой техники, современных конструкций и материалов. Тектонизация архитектурных форм кристаллических купольных оболочек объективно проявляется в таких эстетических свойствах покрытия, как легкость, прозрачность, большепролетность, динамичность, строгая геометричность и пластичность. Это находит конкретное отражение в прозрачности решетчатой структуры, в однотипности конструктивных формообразующих элементов и их геометрическом «рисунке», в пластическом построении опор оболочки, решаемых контрастно или в подобии с ее конструктивной структурой, в отсутствии опор во внутреннем решении пространства, в выразительности внешнего силуэта.

Технические факторы определяют условия формирования эргономики внутреннего пространства кристаллических купольных оболочек, т. е. условия создания архитектурного «микроклимата» (требования к теплотехнике, вентиляции, освещению, акустике). Теплотехнические требования предъявляются к структуре покрытия и проявляются в выборе системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. Важна компактность объема и его внутреннего пространства, при минимуме площади ограждения в зданиях в суровых климатических условиях. В условиях жаркого климата с повышенной солнечной радиацией желательна большая кубатура сооружения, так как большой объем дольше прогревается и более длительно сохраняет комфортные условия. В этих условиях целесообразно использовать подъемистые купольные оболочки.

Освещение внутреннего пространства оболочки осуществляется за счет остекления проемов под опорными арками или путем введения различных светопрозрачных элементов в поверхности покрытия.

Вопросы акустики тесно связаны с формой покрытия и поэтому должны решаться на стадии выбора конструктивной системы. Акустические требования могут удовлетворяться путем введения звукопоглощающих материалов или подвесных звукоотражающих экранов.

Природно-географические факторы существенным образом влияют на выбор оптимальной формы кристаллического купола. Снег и ветер учитываются при выборе конструктивных систем и вида пластической обработки, определении расчетных усилий, что существенным образом сказывается на форме кристаллической купольной оболочки.

Широта места влияет на цветовое решение купольной оболочки. В районах с высокой сейсмичностью к конструкции купольных оболочек предъявляются специфические требования, находящие выражение в большей прочности устройства специального опорного контура, что сказывается на объемно-пространственной композиции купольного сооружения.

Экономические факторы выступают в качестве критерия целесообразности конструктивного решения. Экономичность объемно-пространственного решения определяется сокращением общей строительной кубатуры здания, что ведет к снижению отапливаемого объема ограждающей конструкции, рациональной организации функционально-технического процесса. Экономичность конструктивного решения купольного здания определяется, в первую очередь, рациональностью геометрической схемы, несущей конструкции с минимальным количеством типов размеров элементов и простотой монтажа, минимальным расходом материалов, технологичностью изготовления конструктивных элементов покрытия, экономичностью объемно-пространственной структуры купольной оболочки.

Об авторе:

ГОГОЛЕВА Наталья Аркадьевна

кандидат архитектуры, доцент, профессор кафедры дизайн-проектирования и изобразительных искусств Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет
603950, Россия, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, 65
E-mail: entazis@me.com

Вывод. Учет всего комплекса рассмотренных факторов является необходимым условием формирования объемно-пространственной композиции кристаллических купольных сооружений. Комплексная оценка исходных условий проектирования и учет основных формообразующих факторов позволяют создавать выразительные объемно-пространственные композиции сооружений различного назначения с использованием кристаллических купольных оболочек. Определяющее влияние на формирование объемно-пространственной структуры кристаллического купольного сооружения оказывают особенности геометрического формирования поверхности, объемно-пространственного и конструктивного формообразования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павлов Г.Н., Голов Г.М., Гоголева Г.Н. Декоративные кристаллические структуры как объект малых архитектурных форм // Известия вузов. Сер. «Строительство и архитектура». 1980. № 4. С. 62–64.
2. Павлов Г.Н. Композиционное формообразование куполов и оболочек // АН СССР. 1977. № 2. С. 30–41.
3. Ляхов А.Я. Система проектирования и расчета геодезических куполов с открытой архитектурой: монография. Воронеж: Научная книга, 2015. 160 с.
4. Павлов Г.Н., Супрун А.Н. Автоматизация архитектурного проектирования геодезических куполов и оболочек: монография. Н.Новгород: ННГАСУ, 2006. 162 с.
5. Михайленко В.С. и др. Формообразование оболочек в архитектуре. Киев: Будівельник, 1972. 89 с.
6. Арнхейм Р. Искусство и визуальное восприятие / пер. с англ. М.: Архитектура – С, 2012. 392 с., ил.
7. Степанов А.В. и др. Объемно-пространственная композиция. М.: Архитектура-С, 2004. 256 с.: ил.
8. Франсис Д.К. Чинь Архитектура: форма, пространство, композиция / пер. с англ. М.: АСТ: Астрель, 2005. 399 с.: ил.

GOGOLEVA Natalia A.

PhD in Architecture, Professor of the Design and Fine Arts Chair
Nizhny Novgorod State of Architecture and Civil Engineering
603950, Russia, Nizhny Novgorod, Ilyinskaya str., 65
E-mail: entazis@me.com

Для цитирования: Гоголева Н.А. Тектоника кристаллических куполов и оболочек и факторы, определяющие их объемно-пространственную композицию // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, №3. С. 73-77. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.15.

For citation: Gogoleva N.A. Tectonics of Crystal Domes and Covers and Factors Defining their Volume and Space Composition // Urban Construction and Engineering. 2018. V. 8, № 3. Pp. 73-77. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.03.15.