Научная статья
Original article
УДК 72.007

АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК В АРХИТЕКТУРЕ

DESIGN ANALYSIS OF NON-RULED SHELLS IN ARCHITECTURE

Кирсанова Анастасия Павловна, студент 2 курс магистратуры, кафедра «Архитектура», направление «Дизайн архитектурной среды», Донской Государственный Технический Университет (ДГТУ), Россия, г. Ростов-на-Дону

Kirsanova Anastasia Pavlovna, student of the 2nd year of the master's program, department "Architecture", direction "Design of the architectural environment", Don State Technical University (DSTU), Russia, Rostov-on-Don

Аннотация: Статья посвящена применению нелинейчатых оболочек в архитектуре. Рассмотрены возможные опорные плоскости для их создания, а так же связь данного объемно-планировочного решения с природным миром. Оговорены возможные вариации строительных материалов для создания таких необычных форм. Приведены примеры строений знаменитых архитекторов, которые применяли такое объемно-планировочное решение, как нелинейчастые оболочки, в своих сооружениях. Разобраны принципы создания архитектурных произведений искусств и были объяснены технические аспекты, касающиеся использования тех или иных конструктивных тонкостей их возведения.

Summary: The article is devoted to the use of non-ruled shells in architecture. Possible reference planes for their creation are considered, as well as the connection of this space-planning solution with the natural world. Possible variations of building materials for creating such unusual forms are discussed. Examples of buildings of famous architects who used such a space-planning solution as non-linear shells in their buildings are given. The principles of creating architectural works of art were analyzed and the technical aspects related to the use of certain constructive subtleties of their construction were explained.

Ключевые слова: архитектура, дизайн, проектирование, городская среда, современное искусство, культурное наследие, конструктивные особенности.

Keywords: architecture, design, engineering, urban environment, modern Art, cultural heritage, design features.

Природные оболочки окружают нас повсюду, это и разноплановые раковины моллюсков, и структура колосков, различных стеблей, также скорлупаяиц и многое другое. В природе встречаются в основном линейчатые поверхности, которые образуются на основе линий и могут беспрепятственно развернуться на плоскости, например цилиндрические оболочки или купольные их можно преобразовать в развертку не разорвав при этом «оболочку». Возможно именно поэтому линейчатые оболочки начали использоваться еще в Древнем мире, римляне и греки строили акведуки с арочными конструкциями, религиозные сооружения перекрывали куполами, например римский Пантеон — грандиозное здание, возведенное в начале Нашей Эры. Массивный купол диаметром 43,3 метра весит около 5 тысяч тонн. С развитием строительства и появлением новых строительных материалов начали использоваться и нелинейчатые оболочки, которые придавали легкость и изящность сооружениям.

Мировая архитектура разнообразна и многогранна, в объемно-планировочных решениях общественных и жилых зданий часто можно

встретить необычные и интересные формы, например нелинейчатые оболочки. Нелинейчатые оболочки представляют собой поверхность, образованную движением произвольной кривой или криволинейными фигурами, основой оболочки может быть эллипс, гиперболоид и др. Уникальной особенностью, помимо своей необычной формы является неразвертываемость нелинейчатых оболочек. Таким образом, нашу оболочку невозможно целостно совместить с плоскостью. Также к кривым нелинейчатым оболочкам относятся циклические поверхности, их основой является окружность переменного радиуса с перемещающимся центром по любой траектории. Нелинейчатые поверхности широко используются в архитектуре не только как декоративные элементы в виде навесов или шаров, распространены несущие конструкции из оболочек.

Нелинейчатые оболочки в большинстве случаев представлены из металлических конструкций и стеклянного заполнения, мембранных или вантовых конструкций. Благодаря использованию легких, но прочных строительных материалов — сооружения обеспечены и эстетически, и конструктивно, а также происходит экономически целесообразное распределение ресурсов. За счет металлических конструкций можно сократить использование железобетона и ускорить монтаж здания по времени. Чтобы наглядно убедиться в возможностях нелинейчатых оболочках рассмотрим подробнее мировой опыт в данном направлении.

Стоит упомянуть советского инженера и конструктора Шухова Владимира Григорьевича - создатель знаменитой Шуховской башни. Конструкция представлена в виде гиперболоидной сетчатой оболочки из стали. Она выполнена в виде перекрещивающихся между собой прямых стальных профилей. Профили зафиксированы на основаниях колец, создавая точный геометрический рисунок — сетку. Можно подумать, что данное сетчатое сооружение очень непрочно. Ноono обладает уникальным свойством – нагрузка ветра на нее сведена к минимуму.

Принцип устройства гиперболоидных башен заключается в следующем,

двухполостный гиперболоид вращения основан на вращении гиперболы вокруг ее оси. Владимир Григорьевич запатентовал свою идею - патент Российской империи N 1896 от 12 марта 1899г. Идея Шухова вдохновляет и отражается в проектах и построенных сооружениях многих зарубежных архитекторов XX и XXI столетий.

Так например известный английский архитектор Норман Фостер свой проект "Хрустальный остров" выполнил, вдохновившись изобретениями Владимира Григорьевича. Объемно-планировочные решения "Хрустального острова" представляют собой конструкцию из двух спиралей, основывающих 12 лепестков. С точки зрения геометрии — это встречные спирали Архимеда, но каждый следующий диаметр в спирали находится не на одинаковом расстоянии, а соответствует последовательности чисел Фибоначчи (0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 114 и т.д.). Согласно проекту, сооружение имеет высоту 450м, при этом все полезные площади здания группируются ниже 150м, а на высоте около 300м размещается смотровая площадка. Здание представляет собой конус с вогнутой боковой поверхностью, диаметр основания которого около 700м.

Продолжая изучать работы Фостера, хочется отметить реализованный объект - развлекательный центр «Хан Шатыр» в Казахстане, г. Астана. Центр представляет собой достаточно крупный парк с множеством кинотеатров, ресторанов, развлекательными и торговыми заведениями, а также аквапарком, все это расположено на площади свыше 100 тысяч м^2 под огромным шатром. Здание возвышается над городом и является одной из доминант столицы. Основание с габаритами 200 х 195 метров перекрываетнеобыкновенная кровля в виде оболочки, создав высоту сооружения 150 метров. Шатровая конструкция состоит из трубчатого стального каркаса, который в свою очередь поддерживает подвесную сетку из стальных окружныхи радиальных тросов, покрытых трехслойной оболочкой ETFE в виде «подушек» с габаритами 3,5 х 30 метров. Благодаря полупрозрачному материалупокрытия и стальным конструкциям здание центра несмотря на свой размер смотрится

легкой и изящной композицией. Сомасштабность и соподчиненность всех элементов позволила архитектору создать город в городе обеспечивающий функциональность, декоративность и узнаваемость Астаны, став одним из туристических мест страны.

Одним из значимых немецких инженеров-конструкторов был Фрай Отто. Человек, который стремился к экономически целесообразным решениям и долговечным конструкциям. Так, например, комплекс олимпийского стадиона вМюнхене к Олимпиаде 1972 года, Фрай, продолжая свою идею павильона на EXPO – 67 изобрел сетчатые навесы над отдельными зонами комплекса, таким образом чтобы они укрывали зрителей и спортсменов от солнца и осадков, но при этом не мешали съемке трансляции. Конструкция представляла собой 436 километров (271 миль) стальных тросов были проложены между пятьдесят восьмью литыми стальными пилонами, поддерживающими извилистый купол, состоящий из восьми тысяч панелей из плексигласа. Огромный навес впоследствии покрыл около 75 тысяч $м^2$, чтосделало ее самым амбициозным строительным проектом, который когда-либо видела Западная Германия.

В данном проекте Отто был привлеченным инженером для усовершенствования технического аспекта идеи архитектурного бюро В + Р, а также из-за кратчайших сроков — близилась Олимпиада, не было времени на просчет максимально экономически выгодного решения, данный проект стал разочарованием для Фрая. Как строгий функционалист, Отто никогда не был доволен символическим характером проекта. Использование плексигласа для навеса выходило за рамки обычных световых мембран, с которыми работал Отто, что отрицательно сказалось на его видении временной структуры и привело к резкому увеличению бюджета проекта. Но все равно стадион стал культовой достопримечательностью Германии и одним из запоминающихся проектовФрая Отто. Мюнхенский стадион все еще стоит, его уникальному навесу предстоит дорогостоящая реконструкция стоимостью более 100 миллионов евро.

Другой архитектор из Испании - Сантьяго Калатрава, знаменит своими бионическими формами во многих своих проектах, рассмотрим один из них в рамках нелинейчатой архитектуры оболочек. В Валенсии расположен комплекс «Город искусств и наук», планетарий был одним из первых объектов в нем. Сооружение выполнено как скульптурный биоморфный элемент по конфигурации напоминающий человеческий глаз. Здание обволакивают две оболочки стремящиеся друг к другу, кровля и фасады плавно перетекают такимобразом, что практически невозможно понять где заканчивается стена и начинается крыша. Интересно и расположение планетария — вокруг него вода 24 000 м^2. Благодаря цветовой композиции в сочетании стекла с белым и голубоватой водой ощущается изящность мощных бетонных конструкций совместно со стальными стержнями. Треугольные конструкции, которые скрепляют концы здания, выделяют входные группы. Белый бетонный опорный каркас южного фасада заполнен стеклом, северный фасад представляет собой сплошной стеклянно-стальной занавес по всей длине здания почти 100метров. Обращенная в воду галерея, выполнена из сборных бетонных арок,поддерживающих крышу, является зоной, где расположены билетные кассы,ресторан и другие службы.

Среди восточных архитекторов и их работ стоит выделить Кензо Танге и его Национальную гимназию Йойоги, которую строили к летним Олимпийским играм 1964 года в Токио, Япония. Гимназия стала архитектурным символом своего оригинального дизайна. Сооружение воплощено в симбиозе западной эстетики модернизма и традиционной японской архитектуры. Структурное здание дизайна Кензо представляется как легкая конструкция своеобразного шатра из двух скатов опирающегося на стальные тросы. Танге стремился вписать сооружение в ландшафт парка и ему это удалось воплотить благодаря использованию пластичной плоскости крыши с изгибающемся бетонным основанием и тонкими структурными тросами.

Кензо в каркасе использует центральную конструкцию «позвоночника»,

от которой формируется конструкция и крыша. Два больших стальных троса поддерживаются между двумя опорными башнями и фиксируются на бетонныхопорах на земле. Подвесные тросы образуют растяжимую тентовую кровельную конструкцию. Серия предварительно напряженных тросов подвешена на двух основных тросах, которые спускаются к бетонной конструкции, создавая основание спортзала, а также обеспечивая необходимую структуру для трибун на стадионе. Как итог создается симметричная подвесная система с эффектом «тканевого» навеса из-за плавности линии поверхности.

Удивительным фактом является то, что в момент завершения Национальной гимназии Йойоги, это был самый большой подвесной кровельный пролёт в мире. Инновационный прорыв в архитектуре Японии того времени сделали здание одной из самых важных работ Кензо Танге, а также прогрессивной архитектурной иконой. На сегодняшний день это сооружение представляет собой одно из самых популярных туристических направлений Токио, а также остается международным центром спорта и моды.

Литература

1. Архитектурно-бионические конструктивные формы для сельских жилых, общественных и производственных зданий / Каталог проектов и работ; Под ред. Лебедева Ю. С- Части 1-2.- М.: Изд. Госгражданстроя, 1985.- 42 с, ил.
2. Архитектура и эмоциональный мир человека / Забелыпанский Г. Б., Минервин Г. Б., Раппапорт А. Г., Сомов Г. Ю.- М.: Стройиздат, 1985.- 208 с, ил.
3. Бархин Б. Г. Методика архитектурного проектирования: Учеб.- методич. пособие для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Стройиздат, 1982.- 224 с, ил.
4. Вартанян О. М. Теоретические основы динамического структурного формообразования в архитектуре.- Дисс. доктора архитектуры.- Ереван, 1989.- 301 с; ил.

5. Корнишин М.С., Якупов Н.М. Параметризация и расчет оболочек сложной геометрии // Матем. моделиров., методы решения и оптимальное проектир. гибких пластин и оболочек. Межвуз. науч. сб. Саратовского ун-та, 1988.
6. Муштари Х.М. Нелинейная теория оболочек. – М.: Наука, 1990. – 223 с.

Literature

1. Architectural and bionic structural forms for rural residential, public and industrial buildings / Catalog of projects and works; Ed. Lebedeva Yu. S.- Parts 1-2.- M.: Publishing House of Gosgrazhdanstroy, 1985.- 42 p, ill.
2. Architecture and the emotional world of man / Zabelypansky G. B., Minervin G. B., Rappaport A. G., Somov G. Yu.- M.: Stroyizdat, 1985.- 208 p, ill.
3. Barkhin B. G. Methods of architectural design: Educational- methodical manual for universities- 2nd ed., reprint and additional- M.: Stroyizdat, 1982.- 224 s, ill.
4. Vartanyan O. M. Theoretical foundations of dynamic structural shaping in architecture - Diss. Doctor of Architecture.- Yerevan, 1989.- 301 p, ill.
5. Kornishin M.S., Yakupov N.M. Parametrization and calculation of shells of complex geometry // Matem. modeling, solution methods and optimal design flexible plates and shells. Inter-university scientific Collection of the Saratov University, 1988.
6. Mushtari H.M. Nonlinear theory of shells. – M.: Nauka, 1990. – 223p.

© Кирсанова А.П., 2022 Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.

Для цитирования: Кирсанова А.П., АНАЛИЗ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕЛИНЕЙЧАТЫХ ОБОЛОЧЕК В АРХИТЕКТУРЕ// Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №5/2022.