

Научная статья

УДК/UDC 72.017:004.9

DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-313-326

Тектоника параметрической поверхности

Диана Кононовна Лейкина¹, Геннадий Вадимович Океанов^{2✉},
Сабина Раджабовна Мамедова³

^{1,2,3}Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт
промышленных зданий и сооружений, Москва, Россия

¹leikina@asm-1.ru ²g.oceanov@yandex.ru ³sabma@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена проблеме художественного осмысления пластических поверхностей, формируемых на основе параметрических взаимодействий, в архитектуре современных зданий. Предпринята попытка вербализации цифровых абстрактных построений в традиционных общекультурных терминах, основанных на языке символов и понятий. Определены общие подходы к анализу и графической интерпретации неочевидных для восприятия сложных пространственных моделей.

Ключевые слова: параметрическая поверхность, параметрическая архитектура, тектоника, алгоритмическое формообразование, морфинг

Для цитирования: Лейкина Д.К. Тектоника параметрической поверхности / Д.К. Лейкина, Г.В. Океанов, С.Р. Мамедова // Architecture and Modern Information Technologies. 2024.

№3(68). С. 313-326. URL: https://marhi.ru/AMIT/2024/3kvart24/PDF/20_lejkina.pdf

DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-313-326

Original article

Parametric surface tectonics

Diana K. Lejkina¹, Gennadij V. Okeanov^{2✉}, Sabina R. Mamedova³

^{1,2,3}Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and
Structures, Moscow, Russia

¹leikina@asm-1.ru ²g.oceanov@yandex.ru ³sabma@yandex.ru

Abstract. The article focuses on the artistic understanding of plastic surfaces in modern building architecture, shaped by parametric interactions. It attempts to describe digital abstract constructions using traditional cultural terms based on symbols and concepts. The article outlines general approaches for analyzing and graphically interpreting complex spatial models.

Keywords: parametric surface, parametric architecture, tectonics, algorithmic shaping, morphing

For citation: Lejkina D.K., Okeanov G.V., Mamedova S.R. Parametric surface tectonics.

Architecture and Modern Information Technologies, 2024, no. 3(68), pp. 313-326. Available at:

https://marhi.ru/AMIT/2024/3kvart24/PDF/20_lejkina.pdf DOI: 10.24412/1998-4839-2024-3-313-

326

Манифест П. Шумахера [1] определил параметризм новым стилем, определяющим абсолютную архитектурную форму, не зависящую от масштаба и степени ее детализации, предлагающим компьютерные технологии и продукты машинного производства эстетической основой постиндустриальной эпохи. Этот стиль претендует устанавливать свойства среды обитания человека. Объектом приложения усилий архитектора является уникальное многофункциональное здание, назначение которого должно самопроизвольно адаптироваться, следуя проектируемой форме. Если основной ценностью модернистов было пространство, поверхность приобретает особое значение для параметристов.

Согласно манифесту, математический алгоритм положен в основу воплощения мыслимого художественный образа в материальной форме, задавая геометрию и характер взаимоотношений структурных элементов. Композиционное согласование элементов, неизменным признаком которого служат многообразие, в пределах образного и смыслового единства, требует от архитектора выявления и художественного осмысления закономерностей проектируемой формы.

Разнообразие функций здания и обилие современных конструктивных систем, с широкими возможностями формообразования, вызывают сложность концептуального определения его формы, которая служит способом реализации его практического назначения. Возникает задача согласования формы, функции и конструкции. Средством воплощения художественного образа здания в пластической форме, выявлением статической работы конструкции, по определению Б.Г. Бархина, служит тектоника [2].

Для понимания тектоники параметрической формы, необходимо определить общий подход к определению сложной составной формы здания, позволяющий описать ее в понятных терминах, избегая, по возможности, аналогий с элементарными геометрическими фигурами в плоских проекциях, и Платоновыми телами в пространстве, как требует концепция стиля [1]. Следовательно, критериями параметрической формы служат структурные ритмометрические закономерности, масштаб, симметрия, во всем разнообразии их проявлений. Субъективно, невозможно отказаться от определенности формы в ясных границах, не учитывать возможные положения наблюдателя и особенности освещения, принципиально влияющие на восприятие.

В панораме города, с удаленных точек зрения, объем здания и образующие его поверхности визуально не воспринимаются. Здесь работает «большая архитектурная форма», определенная советским архитектором И.А. Голосовым, освобожденная от второстепенных деталей [3]. Этот план восприятия лучшим образом отражает целостность авторского замысла, и последовательно проявляется в эскизе, рисунке, чертеже, модели. Линия рисунка, как предмет анализа, передает мысль лучше, чем ее воплощение в материале, в полном соответствии с утверждением историка архитектуры Р. Эванса, что «архитекторы не строят, они рисуют» [4].

Традиционный подход к формированию очертаний здания предполагает некий сюжет, апеллирующий к устоявшейся системе образов. Например, Ханский шатер в Астане (Khan Shatyr Entertainment Center) воспроизводит форму традиционного жилища кочевников. Сюжет может быть не явным, как отношение к арабской каллиграфии в музее Риверсайд в Глазго (Glasgow Riverside Museum) [5], или отсутствовать, как в здании Фонда Луи Виттон в Париже (Fondation Louis-Vuitton). В любом случае, автор испытывает влияние природного и урбанизированного окружения в выборе формы и материала⁴.

Отсутствие сюжета позволяет говорить об абстрактной форме, которую можно оценивать эмоционально, на основе исторических реминисценций или естественных ассоциаций. Исследователи выделяют топографический, гидрографический (текучий), бионический,

⁴ Финкель Д. Фрэнк Гери: «Директора музеев ненавидели Бильбао» // The Art Newspaper Russia – новости искусства. 28.10.2014. URL: <https://www.theartnewspaper.ru/posts/905/> (дата обращения: 31.05.2024).

абстрагированный, деструктивный подходы, позволяющие гармонизировать крупные здания в городском и природном окружении [6].

Формы топографических проектов вдохновлены разнообразием естественного рельефа Земли: холмов, песчаных дюн, гор, ущелий, например, международный пассажирский терминал Йокогамы (Yokohama International Passenger Terminal)⁵. Образ потока положен в основу концепции Павильона пресной воды в Нильтье Янс (Fresh Water Pavilion in Neeltje Jans)⁶. Бионическая форма Центра исполнительских искусств в Абу-Даби (Abu-Dhabi Performing arts centre) вдохновлена динамикой развития растения⁷. Однозначно классифицировать крупную абстрактную форму достаточно сложно, например, образ пены на поверхности воды в проекте Эдем в Корнуолле (The Eden Project) напоминает биологическую форму морской губки, а реализован системой геодезических куполов, посредством машинной логики⁸.

Деструктивную архитектуру Музея Гуггенхайма в Бильбао (Guggenheim Bilbao Museum), на сайте учреждения описывают как абстракцию: «архитектурные объемы, одни из которых имеют причудливую конфигурацию, другие правильную форму, сгруппированы вокруг впечатляющего атриума, увенчанного прозрачной крышей в виде металлического цветка». Критики отмечают абсурдность формы Ф. Гэри, но признают впечатляющую осмысленность и выразительность его линий, особенно в эскизах⁹.

В основе планировки Города культуры Галисии в Сантьяго-де-Компостела (City of Culture of Galicia) система наложенных со смещением разномасштабных координатных сеток, спроецированных на естественный рельеф местности, отраженный в линиях фасадов. Абстрактная форма не смогла компенсировать функциональных недостатков проекта¹⁰.

Наблюдение и описание параметрических зданий позволяет заключить, что система контурных и структурных линий вполне характеризуют большую архитектурную форму, и может быть положена в основу ее пространственного каркаса.

По мере приближения к зданию, *на среднем плане* восприятия, объемно-пространственная композиция проявляет себя в соотношении *частных* форм составляющих ее объемных элементов, конструктивных и функциональных связей между ними. Здесь распознаются назначение, свойства пространства и архитектурные средства его организации.

Частную форму рассматриваем как систему составляющих поверхностей, обладающих пространственной неизменяемостью, обеспеченной стабильным остовом здания. Пределом совершенства параметристов представляется свободная, не обоснованная логически, рисованная форма, которую сложно описать на языке графических примитивов, по причине отсутствия очевидных закономерностей, и вызывающую ассоциации с естественными, природными объектами [7].

⁵ Langdon D. AD Classics: Yokohama International Passenger Terminal / Foreign Office Architects (FOA) // ArchDaily. 2014. URL: <https://www.archdaily.com/554132/ad-classics-yokohama-international-passenger-terminal-foreign-office-architects-foa> (дата обращения: 31.05.2024).

⁶ NOX Lars Spuybroek. Fresh Water Pavilion in Neeltje Jans. URL: https://www.researchgate.net/figure/2-NOX-Lars-Spuybroek-Fresh-Water-Pavilion-in-Neeltje-Jans-The-Netherlands-1997-Rene_fig1_283569887 (дата обращения: 31.05.2024).

⁷ Abu Dhabi Performing Arts Centre – Zaha Hadid Architects. URL: <https://www.zaha-hadid.com/architecture/abu-dhabi-performing-arts-centre/> (дата обращения: 31.05.2024).

⁸ Ботанический сад «Эдем» (Англия, 2001) // Biotop. URL: <https://biotop.life/world/eden-project/> (дата обращения: 31.05.2024).

⁹ Pollack S. Sketches of Frank Gehry. American Masters (TV Episode 2005) – IMDb. URL: <https://www.imdb.com/title/tt0446784/> (дата обращения: 31.05.2024).

¹⁰ Modern Ruins: Peter Eisenman's Abandoned "City of Culture" Crumbles Away // Architizer Journal. UrbanNext .net URL: <https://architizer.com/blog/inspiration/stories/white-elephant-cidade-da-cultura-de-galicia/> (дата обращения: 31.05.2024).

Составляющие поверхности формируются как пространственные оболочки, ограниченные срезами и пересечениями с другими поверхностями, с рельефом, периодическим или нерегулярным: гладким; складчатым, с изломами; волнистым, сглаженным. Второстепенными параметрами служат фактура, текстура и цвет поверхностей [8].

Публикации признанных авторитетов в области параметрического формообразования позволяют говорить о современных тенденциях в методике архитектурного проектирования. В графике, поверхности воспроизводятся трехмерной сетью линий, заданных по определенному базовому алгоритму: произвольными пространственными кривыми, системой ортогональных сечений, системой параллельных сечений, сетью геодезических линий, сетью Чебышева, диаграммой Вороного; орнаментальными, топологическими построениями. Усложнение поверхности достигается деформацией, в частности, техникой морфинга. Архитектор М. Нио (M. Nio) производит спонтанные деформации, в поисках необычной формы. Р. Ван Зуук (R. Van Zuuk) *обобщает* и уточняет заранее придуманную форму [9].

Параметрическое моделирование предоставляет возможности разнообразного формообразования, ограниченные физическими свойствами конструктивных систем и материалов, установленными архитектором или программным комплексом. Взаимодействие фантазийной формы, алгоритма ее воспроизведения и установленных ограничений составляют *сценарий* формообразования. Недостатком сложной пластической формы является неопределенность некоторых ее параметров, пространственных и конструктивных. Признаками рациональности модели служит прямолинейность, унификация и равномерная плотность элементов структуры.

Линии оптимизированной графической сети определяют пространственное положение стержней каркаса поверхности, и задают параметры заполнения ее решетчатой структуры, в частности, раскладку панелей облицовки или остекления витража. При проектировании учитывается различие логики автоматизированных построений в пространстве и на плоскости, при проекционном черчении и эскизировании от руки. Использование разных способов графической разработки формы позволяет избежать утраты остроты передаваемого образа [9, С.390].

Примером необходимости совмещения разных способов проектирования служит ошибка параметрического формообразования, выявленная при разработке конструкции параллельных рам большепролетного светопрозрачного покрытия Олимпийского стадиона в Сочи, в плоских проекциях, достигающая 1,5 м. Сложность проектного определения пространственного положения большого числа малоразмерных панелей, передающих образ алмазной грани пасхальных яиц Фаберже, положенный изначально в основу художественного образа, привела к замене технологии кровли на систему продолговатых пневмопанелей, согласованных по профилю с большой формой.

По мнению Г. Йоосена (G. Joosen), для полноценной реализации творческой идеи, параметрическое моделирование служит инструментом исследования пределов развития проектируемой формы, а не способом ее реализации и визуализации, для чего используются разнообразные художественные и технические средства.

Предпринимаются попытки классификации параметрических поверхностей зданий по конструктивным признакам: линейная, непосредственно интегрированная в традиционную стоечно-балочную структуру – Дубайская опера (Dubai opera house); консольная, выступающая за линию вертикальных опор – комплекс Пьера Виве в Монпелье (Pierresvives Archive & Library); на криволинейных опорах, профиль которых соответствует очертаниям фасада – Центр исполнительских искусств в Абу-Даби (Performing arts centre); выносная, самонесущая, связанная с остовом дисками перекрытий и покрытия [6]. Практическая ценность приведенной классификации вызывает сомнения, в силу неоднозначности критериев.

Отечественная традиция позволяет классифицировать параметрические поверхности как несущие, выполненные из монолитного железобетона; или ненесущие, навесные и самонесущие, на пространственном стальном каркасе с монолитными дисками перекрытий, в виде сетчатых стержневых оболочек, с заполнением из объемных металлических, композитных, полимерных, стеклофибробетонных или стеклянных панелей. Находят применение керамическая облицовка и природный камень.

О свойствах оболочки можно судить по результатам собственных натуральных исследований, научным публикациям, фрагментам проектной документации, редким фотографиям со строительной площадки. Ее структура, в общем случае, может быть определена как гетерогенная сеть, организованная, сообразно творческой концепции автора, сформированная на основе однородной пространственной координационной системы здания, ограниченная физическими свойствами конструктивных элементов, технологическими возможностями, экономическими соображениями.

Жесткость и устойчивость оболочки обеспечивается связями с опорами и горизонтальными дисками здания; следовательно, координационная система, заданная объемно-планировочным решением здания, будет проявляться в структуре и форме его оболочки. Анализ графических материалов позволяет выявить регулярный характер, или наличие регулярных компонентов в основе параметрической формы. Регулярными формообразующими факторами служат направление осей и шаг опор, высота этажей^{11,12,13}.

Оптимальные сечения стержневых элементов каркаса параметрической оболочки определяются автоматизированным расчетом, с минимальным количеством типоразмеров. Алгоритм формирования каркаса предусматривает пространственную согласованность, исключение сгущений и дублирований, топологическое подобие элементов структуры. Стержни образуют пространственные и рамно-связевые структуры¹⁴.

Узлы каркаса оболочки располагаются на поверхности проектируемой формы. Стержни между ними образуют плоские грани, предпочтительно треугольные или четырехугольные. Неплоские поверхности приводятся к плоскому виду членением. Теоретически допустимые неплоские грани, формируемые уникальными криволинейными стержнями, вызывают необоснованное удорожание строительства. Уточнение граненой поверхности осуществляется индивидуальной пластической формой заполнения ячеек стержневой структуры, или приданием заполнению свойств локальной параметрической системы, с помощью сложных корреляций, усиливающих композиционное значение спонтанных зависимостей [10].

Отличительной особенностью параметрического проектирования поверхностей является взаимозависимость сложной формы оболочки, выраженной примитивами из арсенала машинной графики, обладающим свойством пластичности: лекальными, сглаженными линиями, аппроксимированными поверхностями, массивами, способными системно

¹¹ Pierres Vives / Zaha Hadid Architects // ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/273554/pierres-vives-zaha-hadid-architects> (дата обращения: 31.05.2024).

¹² Gallery of Opus / Zaha Hadid Architects. URL: https://www.archdaily.com/922310/opus-hotel-zaha-hadid-architects/5eb33986b35765f8f900042b-opus-hotel-zaha-hadid-architects-hotel-floor-plan?next_project=no (дата обращения: 31.05.2024).

¹³ Fondation Louis Vuitton, Designed by Gehry Partners. URL: <https://ru.pinterest.com/pin/473581717048279802/> (дата обращения: 31.05.2024).

¹⁴ Clásicos de Arquitectura: Museo Guggenheim Bilbao / Frank Gehry / ArchDaily Colombia. URL: https://www.archdaily.co/co/764294/clasicos-de-arquitectura-museo-guggenheim-bilbao-frank-gehry?ad_medium=gallery (дата обращения: 31.05.2024).

реагировать на деформирующие воздействия, и граненой формы каркаса, образованного плоскими элементарными фигурами¹⁵.

Оптимальное формирование каркаса и заполнения оболочки осуществляется сечением проектируемой поверхности системой плоскостей: горизонтальных; вертикальных, ортогональных и радиальных; наклонных параллельных¹⁶. Габарит ячеек оболочки зависят от сортамента листовых материалов, технологии промышленного производства, возможностей транспортировки и операционных размеров оборудования для кроя и формования.

Практичной моделью параметрической формы является трансляционная поверхность, в виде сетки с прямоугольными ячейками, сформированная по принципу параллельного переноса. Достоинством модели является применение прямолинейных стержневых элементов для построения основы пластической поверхности. Сопряжение фрагментов, различающихся положением осей вращения, образует волнистые поверхности [11]. Использование модульной координации размеров обеспечивает формирование составных поверхностей из пространственных параметрических элементов, разнообразие формы которых достигается масштабированием, закономерным изменением параметров направляющих и образующих линий, комбинацией схем формообразования [12]. Примером может служить светопрозрачная крыша Миланской ярмарки (Fiera Milano)¹⁷.

Последовательность восприятия архитектурного объекта: большая форма, частная форма, ячейка, соответствует ключевому для параметрического проектирования принципу непрерывного деления, предполагающему заполнение «модулированных поверхностей адаптивными компонентами» [1]. Рекомендации отказа от: системного подхода в формообразовании, ясных очертаний, прямых линий и углов, в пользу непрерывной трансформации, по определенному сценарию, внутренне противоречива, так как основана не на отказе, а на подмене закономерностей. Можно создать весьма сложную форму, не определенную с точки зрения технологии и стоимости. Это художественный прием, который должен быть одобрен заинтересованным заказчиком, может быть реализован как произведение искусства, вне рамок ограниченного бюджета¹⁸.

Ячейка заполнения каркаса оболочки, как панель облицовки или остекление витража, проявляет себя *на ближнем плане* восприятия, как архитектурная деталь, очертаниями, пластической формой, фактурой, текстурой и цветом. Создание протяженных структурированных поверхностей по алгоритму технологически не менее сложная задача, чем разработка пластического декора. Опыт работы с архитектурным бюро ОМА показал необходимость исследования пригодности ограждающих конструкций здания на натуральных моделях. Уникальная форма параметрических поверхностей требует индивидуальных решений узлов и деталей конструкции, что противоречит задачам унификации и технологичности, существенно увеличивая стоимость проектирования и строительства. Надежная работа сложной конструктивной формы не является безусловной, и требует постоянного внимания к обеспечению механической безопасности [13].

Свойства и технология панелей облицовки играют решающую роль в определении алгоритмов формирования параметрических поверхностей. Унифицированный узел

¹⁵ Shumacher P. Patrik Schumacher on parametricism – 'Let the style wars begin' // Architects' Journal. 2010. URL: <https://www.architectsjournal.co.uk/practice/culture/patrik-schumacher-on-parametricism-let-the-style-wars-begin> (дата обращения: 31.05.2024).

¹⁶ Gallery of Datong Art Museum / Foster + Partners. URL: https://www.archdaily.com/974628/datong-art-museum-foster-plus-partners/61d5be8123d7e8136a89201d-datong-art-museum-foster-plus-partners-roof-plan?next_project=no (дата обращения: 31.05.2024).

¹⁷ New Trade Fair Milan – Milano Fiera, Rho-Pero // E-architect. 2009. URL: <https://www.e-architect.com/milan/new-milan-trade-fair> (дата обращения: 31.05.2024).

¹⁸ NOX Lars Spuybroek. Fresh Water Pavilion in Neeltje Jans. URL: https://www.researchgate.net/figure/2-NOX-Lars-Spuybroek-Fresh-Water-Pavilion-in-Neeltje-Jans-The-Netherlands-1997-Rene_fig1_283569887 (дата обращения: 31.05.2024).

крепления обеспечивает технологичность навесных панелей облицовки. Жесткие композитные и керамические панели демонстрируют высокое качество плоской поверхности. Металлические панели, кроенные из рулона, предоставляют большее разнообразие формы контуров и поверхности, благодаря механической формовке и сварке. Полимерные панели хорошо формуются горячим способом. Стеклофибробетонные панели позволяют с высокой точностью воспроизводить заданную матрицей поверхность. Тентовые структуры образуют поверхности отрицательной Гауссовой кривизны. Пневмопанели из полимерной пленки позволяют использовать различные алгоритмы формирования каркаса и оболочки.

Для архитектора, параметрическое моделирование представляет вариативную разработку системы поверхностей, представленных в виде линейных структур, путем трансформации исходных кривых по математическому алгоритму, определенному творческой концепцией; пластичной, податливой структуры формы; разнообразия, исключая механистическое повторение элементов; корреляции функции и формы на всех уровнях системы. Ключевым вопросом является состав параметров алгоритма. Условия обеспечения прочности, жесткости и устойчивости здания могут быть определены автоматически, но исходная форма и пределы ее морфинга должны быть predeterminedены архитектурной концепцией, включающей ясную структуру формы.

Проектирование Пешеходной галереи – променада в Новом Уренгое (рис. 1) позволило проверить правильность теоретических положений данной статьи. Здание включает два функциональных центра: легкоатлетический манеж и спортивный комплекс бассейнов и залов для игровых видов спорта, с трибунами и соответствующей инфраструктурой, в окружении крытого общественного пространства. Необычный состав помещений обоснован необходимостью обеспечения отдыха и восстановления работоспособности жителей в регионе с суровым климатом. Линейная планировочная компоновка обусловлена условиями участка застройки. С учетом окружающей застройки и панорамного вида на окружающий ландшафт [7], здание решено в традициях топографического направления параметрической архитектуры, что позволяет избежать монотонности протяженных фасадов и рационально организовать транспортное и пешеходное движение вокруг [14].



Рис. 1. Общий вид Пешеходной галереи – променада в Новом Уренгое

Два функциональных спортивных центра задают масштаб здания, и определяют регулярную планировочную структуру ортогональных координационных линий, обоснованную нормативными требованиями и тектоникой их большепролетных покрытий. Крытое общественное пространство ограничено плавной концентрической кривой,

расположенные на ней опоры согласованы с регулярной структурой композиционных центров по одной из координатных осей в горизонтальной проекции. Закономерности построения формы здания основаны на воспроизведении горизонталей пологого холма с двумя вершинами, изображенного на топографической карте. Параметры общественного пространства определены задачей интеграции функциональных модулей для массовых мероприятий, активного и пассивного отдыха детей и взрослых, пешеходных прогулок, торговли и общественного питания (рис. 2).

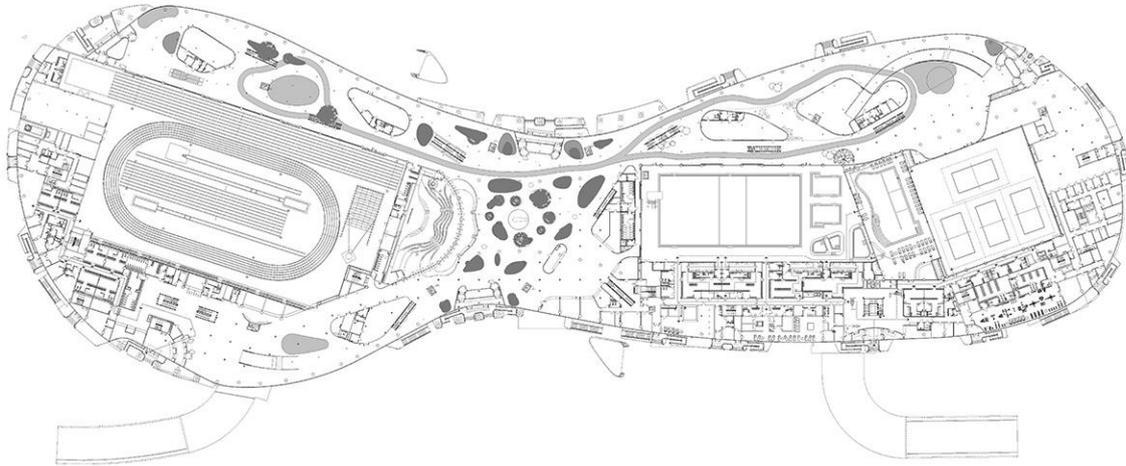


Рис. 2. Пешеходная галерея – променад в Новом Уренгое. План 1-го этажа

Совмещение фрагментов регулярных координационных сеток со смещением и поворотом, на контрасте со сглаженным криволинейным контуром, определяет основу пластической формы здания. Следуя топографической концепции, над вертикальным остекленным разновысоким фасадом, возвышается пространственная стержневая структура покрытия, с металлической фальцевой кровлей, и внешней облицовкой из треугольных плоских композитных панелей. Плоская крыша над спортивными центрами, необходимая для размещения фонарей верхнего света и вентиляционного оборудования, защищена от избыточного ветрового давления и образования снеговых мешков воздухопроницаемой ламеллярной структурой, обеспечивающей целостность восприятия концептуальной архитектурной формы. Структурные линии волнистой кровли выявляют ее объем, обеспечивая снегозадержание и равномерное распределение нагрузки на покрытие (рис. 3).

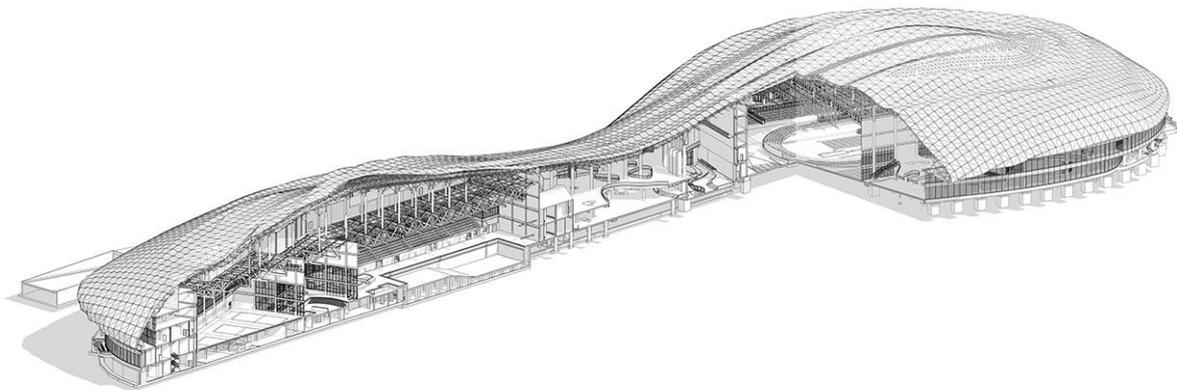


Рис. 3. Пешеходная галерея – променад в Новом Уренгое. Аксонометрический разрез

Здание предполагает круговой обзор с различных дистанций, и не имеет главного фасада. По мере приближения, динамичный, несмотря на горизонтальную композицию и отсутствие архитектурных акцентов, силуэт проявляется в структурных линиях поверхностей, раскрывая свое назначение вблизи, в ритмометрических закономерностях витража и орнаментализированной фактуре кровли.

Опыт проектирования Галереи – променада демонстрирует, что рациональная планировочная структура может служить основой пластической архитектурной формы, выраженной сложными параметрическими поверхностями. Машинный алгоритм обеспечивает оптимальные параметры стержневой пространственной структуры, воплощающей творческий замысел архитектора в виде гармонизированной пространственной модели. Факторами формообразования являются функционально-планировочная схема, особенности статической работы выбранной конструктивной системы, мыслимый автором художественный образ в разнообразных графических интерпретациях. Критериями формы служат ясная композиционная логика, целостность воплощения и восприятия образа, оригинальность замысла. Направляя и контролируя пространственное преобразование формы на основе машинного алгоритма, архитектор осуществляет индивидуальный творческий процесс, и должен иметь возможность понимать и воздействовать на него. Обсуждаемый в рамках профессионального дискурса «машиночитаемый» формат должен быть, одновременно, «человекочитаемым».

Форма в архитектуре служит универсальной категорией, вмещающей понятия сложной, составной, частной, элементарной и др. ее проявлений [15]. Художественный образ формы необходимо одновременно представлять в недвусмысленном словесном описании, наглядно отображать в виде ясных схем, соответствующих параметрической модели, словами, символами и цифрами, оберегая культурные коды архитектуры от экспансии механистических построений. Попытки описания свободной пластической формы, характерной для параметрической архитектуры, вне объективных закономерностей и последовательности развития форм не получили успеха, не донося полноты образа и характера пространственных построений. Очевидна потребность в определении подходов к их описанию в категориях пространственного положения, пропорций, масс, иерархии, ритма, симметрии, контраста, других средств архитектурной композиции.

Экспрессивная пластическая форма поверхностей в современной архитектуре часто избыточна, в надежде на драматический эффект, и, будучи реализована на пределе физических возможностей конструкции, следуя интуиции или компьютерному расчету, не всегда рациональна. Процессы эстетических абстракций и механистических алгоритмов их реализации могут восприниматься угрозой здравому смыслу в парадигме устойчивого развития в архитектуре [16]. Примером могут служить произведения Ф. Гэри, П. Эizenмана и З. Хадид, не признающие культурных автономий, и не ищущие гармонии в своем окружении, где дух времени вступает в противоречие с духом места [17]. Ставя во главу угла исследования тектонический аспект алгоритмического формообразования, вполне возможно абстрагироваться от стилистических определений, основанных на соответствии условным шаблонам, принятым по субъективным соображениям, ссылаясь на авторитет архитектора XIX в. К.А. Тона, определившего свой стиль «приличествующим сущности дела» [18].

Если влияние стиля мы признаем условным, апеллирующим к особенностям человеческого восприятия, то уровень развития технологий строительства, зависимый от способа обработки и физических свойств материалов, остается главнейшим фактором. Архитектурные антологии позволяют установить технологическую зависимость в доисторических постройках из камня и дерева, классических ордерных системах, романских и готических средневековых зданиях, чугунных конструкциях Д. Богардуса, монолитном и сборном железобетоне П.Л. Нерви, вантовых сетках О. Фрая, и т.д. Нет оснований исключать эту тенденцию для параметрических конструкций современных

зданий, избегая, в то же время, абсурда уровня «архитектуры технологии» Л. Мис ван дер Роэ.

Выводы

Драматический эффект параметрической архитектуры основан на пластической выразительности поверхностей и стержневых структур, с учетом эффекта новизны, и является следствием психофизиологического воздействия художественного образа, отражающего уникальную творческую концепцию. Разнообразие параметрических форм не дают достаточно оснований говорить о возникновении особого стиля, в силу отсутствия устойчивых единообразных признаков формообразования и пространственной организации, о чем можно судить по публикациям апологетов [33]. Скорее, это метод проектирования, в рамках которого математические расчеты служат критерием выбора оригинальной формы, как функции объемно-планировочного решения и конструктивной системы.

Самобытность параметрической архитектуры акцентируется теоретическими штудиями, положения которых, часто, опережают и превосходят практический результат. Рациональный подход к параметрической архитектуре требует корреляции формы и функции здания конструктивными средствами. Когда художественно-эмоциональные аспекты проектирования превалируют над конструктивными, а остов здания скрыт флером облицовки, тектоника поверхности становится действенным средством композиции.

Проектирование параметрических поверхностей начинается с абстрактной формы, которая корректируется, исходя из физических и эстетических свойств материалов заполнения ее пространственного каркаса, согласованного с остовом здания, отражая объективные закономерности статической работы. Архитектор определяет баланс художественного образа и конструкции установлением пропорций, ритмометрических закономерностей, системным выявлением особенностей статической работы. Поверхности и структура архитектурной формы приобретают самостоятельную тектоническую значимость, по аналогии с железобетонным массивом, или пространственной стержневой конструкцией. Теоретические постулаты параметризма об осмысленности уникальной пластической формы, дополненные требованиями обеспечения конструктивной надежности, могут служить критерием выбора продуктивной творческой идеи объектового проектирования, соответственно концепции устойчивого развития в архитектуре.

Источники иллюстраций

Источником иллюстраций являются собственные материалы авторов.

Список источников

1. Grecescu I. Parametricism as Style. Parametricist Manifesto by Patrik Schumacher. London 2008 // Academia.edu. URL: https://www.academia.edu/8446917/Parametricism_as_Style_Parametricist_Manifesto_by_Patrik_Schumacher_London_2008 (дата обращения: 24.06.2024).
2. Бархин Б.Г. Методика архитектурного проектирования: Учебно-методическое пособие. Москва: Стройиздат, 1993. 438 с.
3. Голосов И.А. О большой архитектурной форме // Архитектура СССР. 1933. № 5. С. 34.
4. Evans R. Translations from drawing to building // Journal of the Society of Architectural Historians 57(2):211-212. 1998. DOI:10.2307/991384. URL:

- <https://www.researchgate.net/publication/274742913> Translations from Drawing to Building and Other Essays Robin Evans (дата обращения: 31.05.2024).
5. Haider H. Calligraphic Architecture: stroke to form, space and surface How does Arabic Calligraphy influence the design process of Zaha Hadid in her creation of architectural forms? // Fields journal of Huddersfield student research. 2021. № 7(1). URL: <https://www.researchgate.net/publication/349748260> Calligraphic Architecture stroke to form space and surface How does Arabic Calligraphy influence the design process of Zaha Hadid in her creation of architectural forms (дата обращения: 31.05.2024). DOI:10.5920/fields.818
 6. Al Khatib O. An Overview of Zaha Hadid Biography: a closer look at Architectural and Structural Designs / O. Al Khatib, M. Khoukhi // Current Trends in Civil & Structural Engineering. ResearchGate.net. 2019. № 4(4). URL: <https://www.researchgate.net/publication/338959165> An Overview of Zaha Hadid Biography a closer look at Architectural and Structural Designs (дата обращения: 31.05.2024).
 7. Океанов Г.В. Принципы формирования архитектуры большепролетных светопрозрачных покрытий футбольных стадионов: дисс. ... канд. архитектуры. Н. Новгород. 2022. 180 с.
 8. Киричков И.В. Складчатое формообразование в новейшей архитектуре рубежа XX-XXI веков: автореф. дисс. ... кандидат. архитектуры: 2.1.11 / Киричков Игорь Владимирович. Н. Новгород, 2024. 30 с.
 9. Riccobono A. New methodologies and approaches to Architectural Design in the digital age: conversations with designers explaining their way-to-work // Architectural Design Conference Proceedings. İstanbul, 2015. S. 385-395. URL: <https://www.researchgate.net/publication/283569887> New methodologies and approaches to Architectural Design in the digital age conversations with designers explaining their way-to-work (дата обращения: 20.05.2024).
 10. Океанов Г.В. Архитектурное формирование уникальных объектов в условиях противоречивых задач и субъективных факторов (на примере спортивных арен футбольных стадионов) // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. Т. 25. № 5. С. 53-67. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-53-67
 11. Schober H. Transparente Schalen Form Topologie Tragwerk. Berlin: Ernst&Sohn, 2015. 256 p. DOI:10.1002/9783433605974.
 12. Lynn G. Architectural Curvilinearity. The Folded, the Pliant and the Supple // Architectural Design. Folding in Architecture. 1993. Vol. 63. S. 24-31.
 13. Oktan S. Parametricism: a style or a method? / S. Oktan, S. Vural // Conference: ARCHTHEO '17 / XI. ReasearchGate. URL: <https://www.researchgate.net/publication/320987351> PARAMETRICISM A STYLE OR A METHOD (дата обращения: 25.06.2024).
 14. Лейкина Д.К. Общественное пространство, интегрированное в многофункциональное здание / Д.К. Лейкина, Г.В. Океанов, С.Р. Мамедова // Промышленное и Гражданское Строительство. 2024. №6. С. 21-26. DOI 10.33622/0869-7019.06.21-26
 15. Раппапорт А.Г. К пониманию архитектурной формы. Дисс. ... доктора искусствоведения. Москва: НИИТАГ РААСН, 2000. 53 с.
 16. Палласмаа Ю. Мыслящая рука. Архитектура и экзистенциальная мудрость бытия / пер. с англ. Химанен М. Москва: Классика-XXI, 2013. 176 с.

17. Невлютов М.Р. Феноменологические концепции современной теории архитектуры // *Architecture and Modern Information Technologies*. 2015. № 3(32). URL: <https://marhi.ru/AMIT/2015/3kvart15/nevlutov/nevlutov.pdf> (дата обращения: 25.06.2024).
18. Иконников А.В. *Функция, форма, образ в архитектуре*. Москва: Стройиздат, 1986. 288 с.

References

1. Grecescu I. *Parametricism as Style. Parametricist Manifesto* by Patrik Schumacher. London 2008. Academia.edu. Available at: [https://www.academia.edu/8446917/Parametricism as Style Parametricist Manifesto by Patrik Schumacher London 2008](https://www.academia.edu/8446917/Parametricism_as_Style_Parametricist_Manifesto_by_Patrik_Schumacher_London_2008)
2. Barhin B.G. *Metodika arhitekturnogo proektirovaniya: Uchebno-metodicheskoe posobie* [Architectural design methodology]. Moscow, 1993, 438 p.
3. Golosov I.A. *O bol'shoj arhitekturnoj forme* [About the great architectural form]. *Arhitektura SSSR*, 1933, no. 5, p. 34.
4. Evans R. Translations from drawing to building. *Journal of the Society of Architectural Historians*, 1998, no. 57(2), pp. 211-212. DOI:10.2307/991384. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/274742913 Translations from Drawing to Building and Other Essays Robin Evans](https://www.researchgate.net/publication/274742913_Translations_from_Drawing_to_Building_and_Other_Essays_Robin_Evans)
5. Haider H. *How does Arabic Calligraphy influence the design process of Zaha Hadid in her creation of architectural forms?* University of Huddersfield Press. Queensgate, 2021. DOI:10.5920/fields.818. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/349748260 Calligraphic Architecture stroke to form space and surface How does Arabic Calligraphy influence the design process of Zaha Hadid in her creation of architectural forms](https://www.researchgate.net/publication/349748260_Calligraphic_Architecture_stroke_to_form_space_and_surface_How_does_Arabic_Calligraphy_influence_the_design_process_of_Zaha_Hadid_in_her_creation_of_architectural_forms)
6. Al Khatib O., Khoukhi M. *An Overview of Zaha Hadid Biography: a closer look at Architectural and Structural Designs*. *Current Trends in Civil & Structural Engineering*. ResearchGate.net. 2019. DOI:10.33552/CTCSE.2019.04.000591. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/338959165 An Overview of Zaha Hadid Biography a closer look at Architectural and Structural Designs](https://www.researchgate.net/publication/338959165_An_Overview_of_Zaha_Hadid_Biography_a_closer_look_at_Architectural_and_Structural_Designs)
7. Okeanov G.V. *Principy formirovaniya arhitektury bol'sheproletnyh svetoprozrachnyh pokrytij futbol'nyh stadionov (kand. dis.)* [Principles of forming the architecture of long-span translucent coverings of football stadiums (Cand. Dis)]. N. Novgorod, 2022, 180 p.
8. Kirichkov I.V. *Skladchatoe formoobrazovanie v novejshej arhitekture rubezha XX - XXI vekov (avtoref. kand. dis.)* [Folded form formation in the latest architecture at the turn of the 20th-21st centuries (Cand. Dis. Thesis)]. N. Novgorod, 2024, 30 p.
9. Riccobono A. *New methodologies and approaches to Architectural Design in the digital age: conversations with designers explaining their way-to-work*. *Architectural Design Conference Proceedings*. İstanbul, 2015, pp. 385-395. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/283569887 New methodologies and approaches to Architectural Design in the digital age conversations with designers explaining their way-to-work](https://www.researchgate.net/publication/283569887_New_methodologies_and_approaches_to_Architectural_Design_in_the_digital_age_conversations_with_designers_explaining_their_way-to-work)
10. Okeanov G.V. *Arhitekturnoe formirovanie unikal'nyh ob"ektov v usloviyah protivorechivyh zadach i sub"ektivnyh faktorov (na primere sportivnyh aren futbol'nyh stadionov)* [Unique architecture in conditions of conflicting objectives and subjective factors (stadium case studies)]. *Bulletin of Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering*, 2023, no. 25(5), pp. 53-67. DOI: 10.31675/1607-1859-2023-25-4-53-67

11. Schober H. Transparente Schalen Form Topologie Tragwerk. Berlin, Ernst&Sohn, 2015, 256 p. DOI:10.1002/9783433605974
12. Lynn G. Architectural Curvilinearity. The Folded, the Pliant and the Supple. Architectural Design. Folding in Architecture, 1993, vol. 63, pp. 24-31.
13. Oktan S., Vural S. Parametricism: a style or a method? Conference: ARCHTHEO '17/XI. ResearchGate. Available at:
https://www.researchgate.net/publication/320987351_PARAMETRICISM_A_STYLE_OR_A_METHOD
14. Lejkina D.K., Okeanov G.V., Mamedova S.R. *Obshchestvennoe prostranstvo, integrirovannoe v mnogofunkcional'noe zdanie* [Public space integrated into a multifunctional building]. Industrial and Civil Construction, 2024, no. 6, pp. 21-26. DOI 10.33622/0869-7019.06.21-26
15. Rappaport A.G. *K ponimaniyu arhitekturnoj formy (Doc. Dis)* [Towards an understanding of architectural form (Doc. Dis)]. Moscow, 2000, 53 p.
16. Pallasmaa Yu. *Myslyashchaya ruka. Arhitektura i ekzistencial'naya mudrost' bytiya* [Thinking hand. Architecture and existential wisdom of being]. Moscow, 2013, 176 p.
17. Nevlyutov M.R. Phenomenological concepts of the contemporary theory of architecture. Architecture and Modern Information Technologies, 2015, no. 3(32). Available at:
<https://marhi.ru/AMIT/2015/3kvart15/nevlyutov/nevlyutov.pdf>
18. Ikonnikov A.V. *Funkciya, forma, obraz v arhitekture* [Function, form, image in architecture]. Moscow, 1986, 288 p.

ОБ АВТОРАХ

Лейкина Диана Кононовна

Кандидат архитектуры, заместитель генерального директора ЦНИИПромзданий, главный архитектор, Москва, Россия;
член Союза Московских Архитекторов
leikina@asm-1.ru

Океанов Геннадий Вадимович

Кандидат архитектуры, главный специалист ЦНИИПромзданий, Москва, Россия;
член Союза Московских Архитекторов
g.okeanov@yandex.ru

Мамедова Сабина Раджабовна

Главный архитектор проекта ЦНИИПромзданий, Москва, Россия;
член Союза Московских Архитекторов
sabma@yandex.ru

ABOUT THE AUTHORS

Leikina Diana K.

PhD in Architecture, Deputy General Director of TsNIIPromzdaniy, Chief Architect, Moscow, Russia;
Member of the Union of Moscow Architects
leikina@asm-1.ru

Okeanov Gennady V.

PhD in Architecture, Chief Specialist of TsNIIPromzdaniy, Moscow, Russia; Member of the Union of Moscow Architects

g.okeanov@yandex.ru

Mamedova Sabina R.

Chief Architect of the Project TsNIIPromzdaniy, Moscow, Russia; Member of the Union of Moscow Architects

sabma@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 13.06.2024; одобрена после рецензирования 05.09.2024; принята к публикации 10.09.2024.