

К вопросу о формообразовании в архитектуре

П.И. Ипатова, М.А. Храмова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург

Аннотация: В данной статье рассматривается принципиальная возможность построения архитектурной формы единственным параметром. Сформулирован и разобран принцип подобного формообразования структурного элемента конструктивной схемы здания. Особое внимание уделено оценке рациональности и целесообразности использования формы в качестве общественной или жилой архитектуры. Сделан акцент на наличие достаточных площадей для проживания человека во внутреннем пространстве несмотря на первоначально неоднозначный визуальный эффект от внешнего облика здания. Главная идея рассуждения базируется на математическом обосновании гармонии в природе и архитектуре.

Ключевые слова: гармония, архитектурный объем, архитектурное проектирование, параметр, параметризм, монопараметризм, жесткость конструкции, прямая, точка, геометрическое тело, тетраэдр.

Введение

Гармония – соразмерность частей целого, слияние различных компонентов объекта; категория эстетики и философии. Гармония, которую в природе видят и чувствуют люди, имеет обоснование на разных уровнях, в частности в математике, описывающей физическую форму закономерностей, которые проявляются в виде повторяющихся форм и их сочетаний. В архитектурном проектировании использование гармонических закономерностей, выстроенных математическими уравнениями, является существенным при определении пространственной формы сооружения [1].

В процессе поиска и развития новых подходов к архитектурному проектированию математические уравнения для описания закономерностей стали использоваться иначе: создание более сложных и уникальных форм и структур путем применения алгоритмов. Данный инновационный подход в архитектуре называется параметризмом [2].

Параметризм – стиль современной авангардной архитектуры, продвигаемый как преемник модерна и постмодернистской архитектуры. Термин был введен в 2008 году известным архитектором Патриком Шумахером,

партнером Захи Хадид (1950-2016), после публикации книги «Манифест параметризма». Параметризм берет свое начало в параметрическом дизайне, который основан на ограничениях в параметрическом уравнении. Он опирается на программы, алгоритмы и компьютеры для манипулирования уравнениями в целях проектирования [3].

Из определения «параметризм» следует: параметр используется, как вторичная составляющая формообразования и подразумевает использование некой цифровой модели для описания пространственной геометрии уже придуманной архитектурной формы.

В предлагаемом же случае форма не задумывается как физическое наглядное свойство определенных математических функций, а является следствием выражения величины в качестве заданного параметра, который будет являться единственной константой, описывать свойства объекта и одновременно выстраивать форму. Такой способ построения архитектурной формы можно назвать принципом монопараметризма. С помощью данного принципа попробуем корректно обозначить элемент конструктивной схемы здания, а далее – его целостный внешний облик.

Геометрическое обоснование принципа монопараметризма

Рассмотрим геометрическую схему формообразования монопараметрической конструкции. Для первичного обоснования принципа монопараметризма использованы базовые геометрические понятия: прямая и точка [4]. На заданной плоскости α проведем прямые a и b . Точка A принадлежит плоскости α и является пересечением данных прямых (рис. 1).

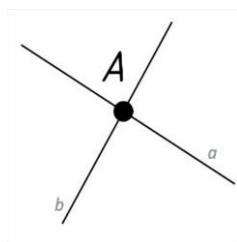


Рис. 1. – Схема 1

Далее проведем еще одну прямую p , пересекающую прямую a в точке B и непараллельную прямой b .

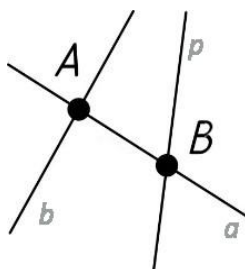


Рис. 2. – Схема 2

Точки A и B образуют отрезок a на плоскости α .

Так как прямая p не является параллельной прямой b , то прямая p пересекает прямую b в точке C . На плоскости α точки A , B и C образуют геометрическую фигуру – треугольник ABC (рис. 3) [5].



Рис. 3. – Схема 3

Если отрезки AB , AC и BC равны, то треугольник ABC равносторонний.

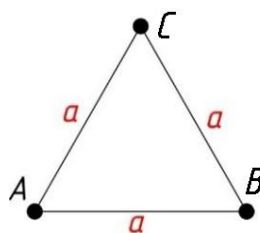


Рис. 4. – Схема 4

Так как равносторонний треугольник является геометрической фигурой с минимальным количеством вводных данных примем его в качестве базовой фигуры в рамках принципа монопараметризма. Стороны равностороннего треугольника будем называть связями.

Очевидно, что четыре точки при условии равных связей между ними возможно разместить только в трехмерном пространстве. При этом четырем точкам в трехмерном пространстве будут соответствовать 6 связей. Используя в трехмерном пространстве 4 точки, между которыми установлены равные связи, получаем правильный тетраэдр (все грани – равносторонние треугольники) как базовую объемную фигуру с минимальным количеством первичных данных (рис. 5) [6]. По сути, принцип построения данного многогранника строится на применении единственного параметра (один тип связи).

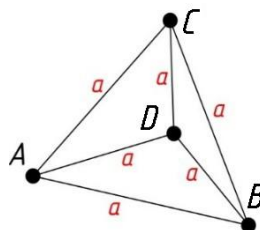


Рис. 5. – Схема 5

Продолжая подобные построения, обнаружим, что геометрическое тело с 5 вершинами, между которыми установлен только один тип связи (параметр), возможно разместить исключительно в четырехмерном пространстве. Геометрическое тело с 6 вершинами и равными связями – в пятимерном и т.д. При таком ряде построений устанавливаются определенные соотношения между количеством точек и прямыми в многомерных пространствах (см. таблица 1).

Таблица № 1

Зависимость количества точек и связей в различных пространствах

	На плоскости		В трехмерном пространстве	В четырехмерном пространстве
Кол-во точек	2	3	4	5
Кол-во связей	1	3	6	10

Но в связи с тем, что архитектурная форма рассматривается как объект именно физического мира, она может существовать преимущественно в трехмерном пространстве. Из множества геометрических тел, применяемых в

архитектуре, правильный тетраэдр является самой жесткой для формирования конструкции, где все связи (ребра) работают исключительно на растяжение или сжатие.

Добавим пятую вершину, расположенную внутри тетраэдра, для обеспечения большей жесткости формы, так как при конструировании каркаса здания возможен люфт в шарнирах (соединениях) и возникновение изгибающего момента. Отметим, что образовавшиеся 4 связи между наружными вершинами тетраэдра и внутренней точкой не равны первичному заданному параметру в рамках как плоскости, так и трехмерного пространства (рис. 6). В трехмерном пространстве внутренние связи являются проекциями наружных связей, а внутренняя точка – проекцией каждой из вершин многогранника.

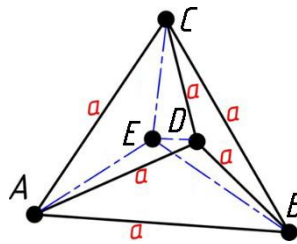


Рис. 6. – Схема 6

Однако, если рассматривать четырехмерное пространство, внутренние связи (ребра) тетраэдра равны наружным, то есть измеримы единственным параметром. Как следствие, принцип монопараметризма сохраняется.

Для человека сформировать точное представление о тетраэдре в четырехмерном пространстве возможно лишь в наблюдаемом движении.

Формообразование архитектурного объема

В рамках архитектурного проектирования используем правильный тетраэдр (рис. 6) с внутренними элементами в виде связей и шарниров как модуль для жесткого каркаса здания, для жилого пространства – правильный тетраэдр без внутренних элементов (рис. 5) [7]. Правильный тетраэдр без

внутренних элементов назовем свободным модулем. Далее располагаем обозначенные типы модулей, используя масштабное самоподобие (принцип фрактала). При этом наружные модули с дополнительной жесткостью перевернем вершиной вниз, а внутреннее пространство заполним свободными модулями вершиной вверх.

Как следствие, получаем тетраэдр-фрактал, набранный из модулей подобных ему тетраэдров (рис. 7) [8].

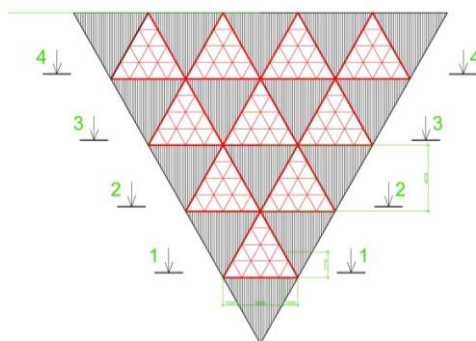


Рис. 7. – Поэтажный модульный фасад

Если анализировать внутреннее пространство такой архитектурной формы, опираясь только на вид здания снаружи (рис. 8), визуальная вместимость объема будет казаться минимальной. Однако, в действительности внутренние площади достаточно большие, соответственно, условия для проживания человека при таком размещении модулей комфортные.

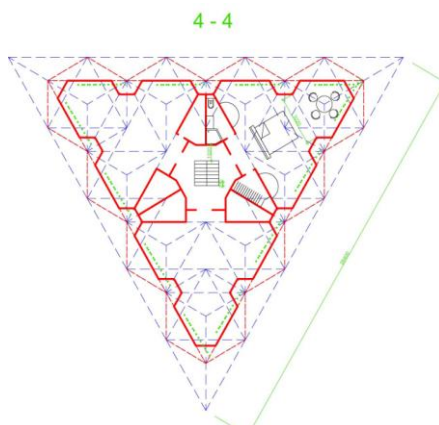


Рис. 8. – План верхнего этажа

Для полного обоснования рациональности использования предлагаемой формы в рамках конкурсной концепции был спроектирован горный

отель в Якутии (рис. 9). Пластика архитектуры подобного рода становится привлекательной за счет своей яркой выразительности и особой монументальности.

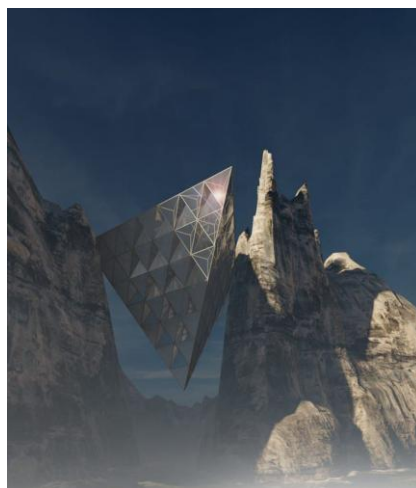


Рис. 9. – Визуализация проектного предложения

Перекрытия данного архитектурного сооружения также могут быть выполнены с использованием свободного модуля: формирование несущего слоя перекрытия. Покрытия потолка и пола могут быть составлены из двух слоев ЦСП в разбежку, далее с различным чистовым покрытием. Пространство каркасной структуры плиты может быть заполнено минеральной ватой для повышения звукоизоляции межэтажных перекрытий в здании. В качестве решения конструкции фасадов допустимо применение 2 стекол с расстоянием между ними: температура воздуха снаружи будет компенсирована внутренним воздушным барьером между стеклами. Соответственно, температура внутреннего пространства будет оставаться комфортной для проживания человека в данном помещении.

Вывод

Таким образом, архитектурное формообразование принципом монопараметризма можно рассматривать, как уникальный способ проектирования жилых и общественных зданий в довольно сложных географических условиях, где типичные методы строительства не могут быть использованы.

Самым экстремальным условием является сложнейший рельеф горных местностей с массивными скалами; в таком случае понятие устойчивости здания практически не имеет значения. Именно поэтому сделан вывод о рациональности применения нестандартной архитектурной формы – перевернутого тетраэдра (максимально жесткой конструкции) – и ее ориентации в пространстве [9].

Исходя из вышесказанного, можно также обозначить ряд существенных преимуществ описанного принципа при проектировании.

Расширение географии строительства. Использование монопараметрической архитектуры позволит освоить достаточное количество новых территорий со сложным рельефом, в результате чего в будущем могут быть сформированы поселения нового типа без влияния строительства на грунты.

Уменьшение количества применяемых строительных материалов. Формирование конструктивной схемы здания исключительно металлическими конструкциями и отсутствие какого-либо типа фундамента значительно снизят затраты на строительство [10].

Минимальный объем с эффективным использованием внутреннего пространства. Несмотря на визуальное восприятие тетраэдра в качестве формы здания с небольшим внутренним пространством, полезные площади достаточно большие, а значит, комфортные для проживания человека.

Подводя итог, можно сказать, допустимая простота формообразования и конструирования принципом монопараметризма может быть вполне оправдана при расширении горизонтов внедрения новых строительных технологий в нетипичных условиях и желании людей жить в гармонии с природой.

Литература

1. Лосев А. Ф., Шестаков В.П. История эстетических категорий, 1965. С. 36–84.

2. Любин Н.С. Архитектура как часть устойчивого развития // Инженерный вестник Дона, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.

3. Schumacher P. Parametricism - A New Global Style for Architecture and Urban Design: [англ.] // AD Architectural Design - Digital Cities[d]. London, 2008. Vol. 79, no. 4. Сс. 3-9. Русский перевод: «Параметризм — Новый Глобальный Стиль для Архитектуры и Городского Дизайна» (пер. П. Белого).

4. Маркушевич А. И. Замечательные кривые // Популярные лекции по математике. Выпуск 4. Гостехиздат, 1952, с. 32.

5. Заславский А. А. Сравнительная геометрия треугольника и тетраэдра // Математическое просвещение, сер. 3 (2004), № 8, сс. 78-92.

6. Матизен В. Э., Дубровский. Из геометрии тетраэдра, 1988. № 9, с.66.

7. Иващенко А.В., Погосова Е.Б. Формообразование в современном архитектурном проектировании // Инженерный вестник Дона, 2023, №5 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8382.

8. Harris James Fractal architecture: organic design philosophy in theory and practice. UNM Press, 2012, с. 410.

9. Загидулина, М. К. Символизм простых геометрических форм в архитектуре. Вестник научных конференций. № 3-5(19), 2017, сс. 70-71.

10. Евтушенко А.И., Самсонова А.Н., Скуратов С.В. Формообразование конструктивных сетей многогранных непологих куполов // Инженерный вестник Дона, 2017, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4183.

References

1. Losev A. F., Shestakov V.P. Istorija jesteticheskijh kategorij [The history of aesthetic categories]. 1965, pp. 36–84.

2. Ljubin N.S. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2021/6968.



3. Schumacher P. AD Architectural Design - Digital Cities[d]. London, 2008. Vol. 79, № 4. Pp. 3-9. Russkii perevod: «Parametrizm — Novyj Global'nyj Stil' dlja Arhitektury i Gorodskogo Dizajna» (per. P. Belogo).
4. Markushevich A. I. Populjarnye lekicii po matematike. Vypusk 4. Gostehizdat, 1952, p. 32.
5. Zaslavskij A. A. Matematicheskoe prosveshhenie, ser. 3 (2004), № 8, pp. 78-92.
6. Matizen V. Je., Dubrovskij. Iz geometrii tetrajedra «Kvant» [From the geometry of the Quantum tetrahedron], № 9, 1988, p.66.
7. Ivashhenko A.V., Pogosova E.B. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №5. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n5y2023/8382.
8. Harris J. Fractal architecture: organic design philosophy in theory and practice. UNM Press, 2012, p. 410.
9. Zagidulina, M. K. Vestnik nauchnyh konferencij. № 3-5(19), 2017, pp. 70-71.
10. Evtushenko A.I., Samsonova A.N., Skuratov S.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4183.

Дата поступления: 13.02.2023

Дата публикации: 16.03.2024